



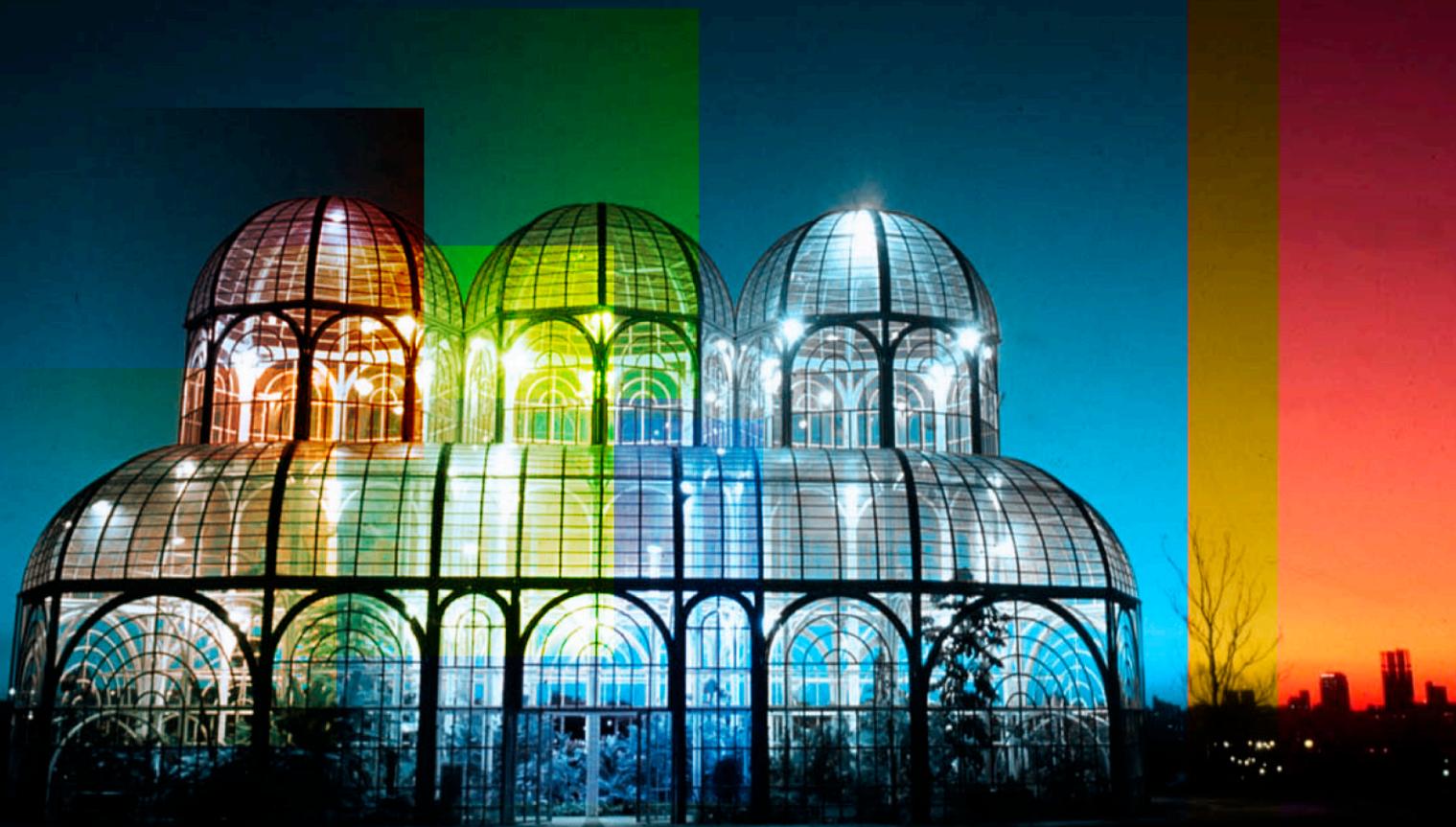
# SBSC

# 2014

Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos

06 a 09 de outubro de 2014

Curitiba - Centro de Convenções do Hotel Pestana



Realização





# XI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos

## Anais

# XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS COLABORATIVOS

06 a 09 de outubro de 2014

Curitiba, Paraná, Brasil

# ANAIS

## **Editora**

Sociedade Brasileira de Computação – SBC

## **Organizadores**

Adriana Santarosa Vivacqua

Thais Helena Chaves de Castro

## **Realização**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

## **Promoção**

Sociedade Brasileira de Computação – SBC



**© Sociedade Brasileira de Computação**  
**Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos – SBSC 2014**

2014 – Direitos desta edição reservados à Sociedade Brasileira de Computação

ISSN: 2318-4132

**Organizadores**

Adriana Santarosa Vivacqua  
Thais Helena Chaves de Castro

Para cópias adicionais destes anais, enviar pedido para:

Sociedade Brasileira de Computação

Av. Bento Gonçalves, 9500 – Setor 4 – Prédio 43424 – Sala 116  
Bairro Agronomia – CEP 91.509-900 – Porto Alegre – RS  
Fone/fax: (51)3316-6835/(51)3316-7142  
<http://www.sbc.org.br>

Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (11: 2014: Curitiba, PR).

S612a Anais / XI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos;  
organizado por Adriana Santarosa Vivacqua, Thais Helena Chaves de Castro  
— Curitiba: SBC, 2014.  
v, 171 p.: il.

SBSC 2014

Realização: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

ISSN: 2318-4132

1. Computação – Congressos. 2. Sistemas Colaborativos –  
Congressos. I. Vivacqua, Adriana Santarosa. II. Castro, Thais  
Helena Chaves. III. Sociedade Brasileira de Computação. IV. Título.

# Sumário

**Apresentação.....iii**

**Organização SBSC 2014.....iv**

## Trabalhos Finalizados

**Um modelo de interação como estratégia para o aumento de popularidade de marcas em redes sociais.....1**

Rosimar Sobrinho, Bruno Gadelha

**Analisando o uso de Jogos Sérios em Mundos Virtuais Colaborativos: o estudo de caso do JETS - Jogo da Equipe de Teste de Software.....10**

Giliane Bernardi, Andre Zanki Cordenonsi, Tarcila Gesteira da Silva, Felipe Martins Müller

**Sobre as Redes de Coautoria através das edições do SBSC.....20**

Helena Araujo, Jussara Rodrigues, Vânia Maria Félix Dias

**Prototipação de Sistemas Colaborativos Móveis com Base na Arquitetura de Referência CReAMA: Um Estudo de Caso da Plataforma Conecte Ideias.....28**

Maison Melotti, Roberta Lima Gomes, Victor Raft Oliveira Nunes, Marco Aurélio Gerosa

**Modelo de Recomendação de Especialistas em Ambientes Sociais Vituais.....37**

Diego Oliveira Rodrigues, Edeilson Milhomem da Silva, Jackson Gomes de Souza, Parcilene Fernandes de Brito, Ana Carolina Salgado, Silvio Romero Lemos Meira

**TidalTrust Versus. T-SWEETS: uma Análise da Eficácia no Processo de Inferência de Confiança em Ambientes Virtuais Sociais.....48**

Edeilson Milhomem Silva, Diego Oliveira Rodrigues, Jackson Gomes de Souza, Parcilene Fernandes de Brito, Ana Carolina Salgado, Silvio Romero Lemos Meira

**Um Método para Recomendação de Relacionamentos em Redes Sociais Científicas Heterogêneas.....55**

Patrícia Zudio de Lima, Luziane Ferreira de Mendonça, Jonice Oliveira

**A relação entre o tamanho do grupo e a produção de mensagens de bate-papo.....65**

Edmilson Rocha, Mariano Pimentel, Morganna Carmem Diniz

**A Influência da Diversidade de Conhecimento no Processo de Aprendizagem Colaborativa.....75**

Edmar Welington Oliveira, Marcos Roberto da Silva Borges

<b>Avaliação de Comunicabilidade em Ambientes Colaborativos Tridimensionais: Estudo de Caso no Sloodle.....</b>	<b>85</b>
Adriana Dantas, David Lima, Thais Castro, Lucilene Maciel, Isomar Lima, Antônio Neto	

## **Trabalhos em Andamento**

<b>CollabCumulus: Uma Ferramenta de Apoio à Análise Colaborativa de Proveniência em <i>Workflows Científicos</i>.....</b>	<b>94</b>
Guilherme Miranda, João A. de Souza, Vanessa Braganholo, Daniel de Oliveira	
<b>Caixas de Interesses: um Novo Mecanismo para a Colaboração através de Nuvem de Armazenamento de Dados.....</b>	<b>102</b>
Felipe Leite da Silva, Roberto Araújo, Lucas Melo Silva, Nelson Neto Sampaio	
<b>Usando Pesquisa-ação no Desenvolvimento de um Sistema Colaborativo para Tratamento Multidisciplinar na Rede do SUS.....</b>	<b>111</b>
Luciana Pereira de Araújo, Carla Diacui Medeiros Berkenbrock, Mauro Marcelo Mattos	
<b>AGORA-PL: Uma Proposta para Desenvolvimento de Famílias de Sistemas Colaborativos baseados em VGI para a Gestão do Risco de Inundação.....</b>	<b>118</b>
Roberto dos Santos Rocha, Lívia Castro Degrossi, Flávio E. A. Horita, João Porto de Albuquerque	
<b>Filragem colaborativa de rotas de ônibus usando dados sobre a acessibilidade das vias urbanas.....</b>	<b>126</b>
Marlon Fernandes Antonio, Filipe Roseiro Côgo, Igor Steinmacher, Ana Paula Chaves	
<b>Folksonomias Representam Conceitualizações Compartilhadas de Domínio?.....</b>	<b>134</b>
Josiane M. Pinheiro, Cesar Augusto Tacla	
<b>MoodleGroups: Um Aplicativo para Identificar as Relações Sociais entre Alunos em Ambientes Virtuais de Aprendizagem.....</b>	<b>142</b>
Dhanielly Lima, Bruno Gadelha, José Francisco Netto, Vitor Bremgartner	
<b>Uma análise de assortatividade e similaridade para Artigos Científicos.....</b>	<b>149</b>
Leonardo Maia Barbosa, Romis Attux, Alan Godoy	
<b>Uma Abordagem para Seleção e Visualização Colaborativa de Informações em Situações de Emergência.....</b>	<b>157</b>
Bruno S. Nascimento, Marcos R. S. Borges, Adriana S. Vivacqua	
<b>Desafios para colaboração no atendimento pré-hospitalar em acidentes de múltiplas vítimas.....</b>	<b>165</b>
Rodrigo C. Andrade, Bruno S. Nascimento, Marcos R. S. Borges, Adriana S. Vivacqua	

# Apresentação

O SBSC discute o desenvolvimento e uso de ferramentas para dar suporte à colaboração entre pessoas. Alguns exemplos atuais de sistemas colaborativos de sucesso incluem redes sociais, ambientes de desenvolvimento distribuído de software, sistemas de compartilhamento de arquivos, mundos virtuais, editores cooperativos, wikis, sistemas de gestão de conhecimento e ferramentas de comunicação, como videoconferência e blog.

Com a popularização de mecanismos de colaboração na Web, cresce ainda mais a importância de estudos teóricos e empíricos sobre técnicas, tecnologias e modelos relevantes para desenvolvimento e uso de sistemas colaborativos, envolvendo aspectos sociais e técnicos.

Diversas subáreas da Computação possuem contribuições para a pesquisa em Sistemas Colaborativos: Engenharia de Software, Banco de Dados, Inteligência Artificial, Sistemas de Informação, Computação Gráfica, Interação Humano-Computador, Sistemas Multimídia, Sistemas Distribuídos entre outras. Para abordar as questões não técnicas desta área, subáreas da Sociologia, Antropologia, Psicologia, Educação, Linguística etc. também encontram aqui espaço para contribuições.

Em seu 11º ano, o SBSC se tornou um importante fórum para pesquisadores, estudantes e profissionais discutirem sobre esta área multidisciplinar.

Adriana Santarosa Vivacqua e Thais Helena Chaves de Castro  
Coordenadoras de Programa do SBSC 2014  
Outubro, 2014

# Organização SBSC 2014

## Coordenação do Comitê de Programa

Adriana S Vivacqua (UFRJ)

Thais Castro (UFAM)

## Coordenação do Workshop de Teses e Dissertações

José Maria David (UFJF)

## Coordenação Geral

Cesar Tacla (UTFPR)

Leonelo Dell Anhol Almeida (UTFPR)

## Comitê de Programa

Adriana Vivacqua (UFRJ)

Alberto Castro (UFAM)

Alberto Raposo (PUC-Rio)

Ana Cristina Garcia (UFF)

Bruno Gadelha (UFAM)

Carla Berkenbrock (UDESC)

Carlos Ferraz (UFPE)

Celso Hirata (ITA)

Cesar Tacla (UTFPR)

Claudia Cappelli (UNIRIO)

Claudia Motta (UFRJ)

Cleidson de Souza (UFPA)

Clever Farias (USP)

Clovis Fernandes (ITA)

Crediné de Menezes (UFES)

Daniel Paiva (UTFPR)

Denise Filippo (UERJ)

Edeilson Milhomem Silva (ULBRA)

Flavia Bernardini (UFF)

Flavia Santoro (UNIRIO)

Geraldo Xexéo (UFRJ)

Hugo Fuks (PUC-Rio)

Inhaúma Ferraz (UFF)

Ivan Ricarte (UNICAMP)

Jauvane Oliveira (LNCC)

Jonice Oliveira (UFRJ)

José Maria David (UFJF)  
José Viterbo (UFF)  
Kate Revoredo (UERJ)  
Marco Mangan (PUCRS)  
Marco Aurelio Gerosa (USP)  
Mariano Pimentel (UNIRIO)  
Melise Paula (UNIFEI)  
Patrícia Tedesco (UFPE)  
Pedro Porfirio Farias (UNIFOR)  
Rafael Prikladnicki (PUCRS)  
Raquel Prates (UFMG)  
Renata Araujo (UNIRIO)  
Rita Suzana Pitangueira Maciel (UFBA)  
Roberto Willrich (UFSC)  
Tayana Conte (UFAM)  
Thais Castro (UFAM)  
Vagner Santana (IBM Research)  
Vaninha Vieira (UFBA)

### **Apoio à Edição dos Anais**

Alberto Castro (UFAM)  
Natacsha Raposo (UFAM)

# Sociedade Brasileira de Computação

## Presidência

Presidente: Paulo Roberto Freire Cunha (UFPE)

Vice-Presidente: Lisandro Zambenedetti Granville (UFRGS)

## Diretorias

Administrativa: Renata de Matos Galante (UFRGS)

Finanças: Carlos André Guimarães Ferraz (UFPE)

Eventos e Comissões Especiais: Altigran Soares da Silva (UFAM)

Educação: Mirella M. Moro (UFMG)

Publicações: José Viterbo Filho (UFF)

Planejamento e Programas Especiais: Claudia Lage Rebello da Motta (UFRJ)

Secretarias Regionais: Marcelo Duduchi Feitosa (CEETEPS)

Divulgação e Marketing: Edson Norberto Cáceres (UFMS)

## Diretorias Extraordinárias

Relações Profissionais: Roberto da Silva Bigonha (UFMG)

Competições Científicas: Ricardo de Oliveira Anido (UNICAMP)

Cooperação com Sociedades Científicas: Raimundo José de Araújo Macêdo (UFBA)

Articulação com Empresas: Avelino Francisco Zorzo (PUC-RS)

## Comitê Diretivo da Comissão Especial de Sistemas Colaborativos

Coordenadora: Denise Del Re Filippo (UERJ)

Vice-Coodenadora: Raquel Oliveira Prates (UFMG)

Carla Diacui Medeiros Berkendrock (UDESC)

Cesar Tacla (UTFPR)

Cleidson de Souza (UFPA)

Hugo Fuks (PUC-Rio)

Rita Maciel (UFBA)

# Um modelo de interação como estratégia para o aumento de popularidade de marcas em redes sociais

Rosimar Sobrinho  
 Universidade do Estado do  
 Amazonas  
 Faculdade de Tecnologia  
 Av. Darcy Vargas, 1200 – Manaus  
 AM  
 +55 92 81124817  
 rosesobrinho@gmail.com

Bruno Gadelha  
 Universidade Federal do  
 Amazonas  
 Instituto de Computação  
 Av. Rodrigo Otávio, nº 6.200,  
 Campus Universitário  
 +55 92 8113-7967  
 bruno@icompu.ufam.edu.br

## ABSTRACT

This paper presents an interaction model as a strategy to increase the popularity of brands in social networks. The research aims to provide an alternative to companies that have little or none financial resources to publicize their products and actions on social networks, obtaining significant interaction results in an organically way. A case study where the interaction model is applied in the context of a regional restaurant in Manaus-AM in the social network Facebook is also presented.

## RESUMO

Este artigo apresenta a um modelo de interação como estratégia para aumento da popularidade de marcas em redes sociais. O objetivo da pesquisa é oferecer uma alternativa às empresas que possuam pouco ou nenhum recurso financeiro para divulgação de seus produtos ou ações nas redes sociais, obtendo resultados significativos de interação de forma orgânica. É apresentado um estudo de caso onde o modelo apresentado é aplicado no contexto do perfil de um restaurante regional na cidade de Manaus-AM na rede social Facebook.

## Palavras-Chave

Redes Sociais, Mídias Sociais, Web2.0.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Organizational design, Web-based interaction. H.1.2 [Information Systems]: User/Machine Systems – *human factors, human information processing*.

## General Terms

Management, Documentation, Experimentation, Human Factors.

## Keywords

Social Networks, Social Media, Web 2.0.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

## 1. INTRODUÇÃO

A Web 2.0 aumentou a possibilidade de expressão e socialização e uma das formas mais significativas são as redes sociais, que são ambientes compostos por pessoas ou entidades em torno de algo comum [1]. Define-se uma rede social como um sistema baseado na Web em que (a) os usuários possam construir um perfil público ou semipúblico dentro de um sistema limitado, (b) adicionar uma lista de outros usuários com quem eles compartilhem uma conexão, (c) visualizar e percorrer suas listas de conexões, assim como outras listas criadas por outros usuários [2].

Existem vários tipos de redes sociais disponíveis na Internet, que variam de acordo com seus objetivos primários. Há redes sociais genéricas, baseadas principalmente em fazer novas amizades, que apresentam diversos tipos de conteúdos textuais ou multimídia e provêm várias funcionalidades para que os usuários possam interagir com seu conteúdo. Pode-se dizer que o foco dos conteúdos e das funcionalidades encontradas está orientado a um contexto lúdico, pois promovem nas pessoas uma interação informal e recreativa. Algumas redes sociais dessa categoria são o Facebook, Orkut e Twitter. Há também a categoria de redes sociais especializadas, que fornecem ferramentas para um trabalho específico, tratando uma temática em particular e cobrindo necessidades de um determinado tipo de usuário [3,4]. Como exemplo dessas redes pode-se citar o LinkedIn e Xing que são voltadas a adquirir contatos profissionais [5]. As redes sociais estão cada dia mais presentes no dia a dia das pessoas e as empresas precisam estar preparadas para atender a essa crescente demanda no sentido de se aproximar do cliente.

Giardelli [1] afirma que as empresas do século XXI estão perdendo lucros ou quebrando, os sistemas de educação passam por uma crise, por estarem obsoletos, o comércio que despreza novos canais digitais está ficando para trás, a comunicação que não considera o coletivo e as redes sociais já é ineficiente. A era do consumismo de conteúdo digital acabou. Agora todos podem gerar conteúdo. O que antes era feito de forma, quase ditadora, onde as empresas produziam e a população somente recebia em sua tela sem ter como responder, questionar ou discordar, agora toma nova direção à medida que qualquer usuário pode gerar conteúdo e fazê-lo propagar pelo mundo. Destroem-se os muros, antes reforçados pela burocracia e propaga-se ambientes de conversação direta onde o ídolo se mostra como é na vida real, a empresa está sujeita a interferência imediata, fazendo com que, em muitos casos, mudem de estratégia após uma repercussão negativa, por exemplo. No caso do poder público, novas atitudes

surgem devido a casos de viralização. Uma foto mostrando algo irregular ou ruim pode fazer com que autoridades percam cargos, políticos tenham suas imagens machadas etc. tudo isso devido a repercussão nas mídias sociais.

Hoje já está acontecendo tudo coletivamente: as pessoas organizam festas, protestos, revoluções, fazem ciência, descobrem curas e remédios, leem, estudam, compram, vendem, discutem, fazem negócios, falamos com os amigos, trocam ideias e opiniões etc. É preciso se adaptar e aproveitar as inúmeras oportunidades que tudo isso traz. Além disso, os modelos precisam ser revistos nessa era de economia em rede: o direito à privacidade, os direitos autorais, a distribuição de lucros, a inovação, as relações sociais etc [1]. Nesse sentido, é primordial o papel das empresas no que diz respeito à sua participação ativa nas redes sociais visando maior interação com seus clientes, ampliando sua área de atuação e fortalecendo a imagem da empresa. Tal participação pode se dar na forma de enquetes, serviço de atendimento ao consumidor (sac), apresentação de novos produtos ou serviços, promoções dentre outras. Isso leva a um maior engajamento das pessoas envolvidas com a empresa, tanto funcionários quanto clientes e prestadores de serviços, e também a uma redução nos investimentos em publicidade.

Considerando o cenário exposto, este trabalho apresenta um modelo de interação que visa aumentar o engajamento das empresas com seu público-alvo, medido pelos índices de popularidade como visibilidade, curtidas, comentários e compartilhamentos. Um estudo de caso é apresentado onde o modelo proposto é aplicado a uma empresa do setor gastronômico, o Restaurante Vitrine Amazônica.

## 2. FACEBOOK

Facebook é um site e serviço de rede social que foi lançado em 04 de fevereiro de 2004, operado e de propriedade privada da Facebook Inc. Em 04 de outubro de 2012 o Facebook atingiu a marca de 1 bilhão de usuários ativos. Em média 316.455 pessoas se cadastram, por dia, desde sua criação. O site faz distinção entre perfis pessoais e perfis para empresas, as chamadas páginas de fãs, que são direcionadas a empresas, organizações e marcas com o objetivo de compartilharem suas histórias e se conectarem as pessoas. O Facebook procura oferecer um espaço de interação e compartilhamento entre pessoas que possuem algum tipo de relação entre si e os usuários buscam nessa rede social um local para se interagir com amigos e compartilhar conteúdo [6].

O Brasil é o país que mais cresceu no Facebook em 2012, com adesão de aproximadamente 30 milhões de novos usuários [7]. Com o resultado, o Brasil passa a ocupar a segunda posição na lista de nações com mais adeptos do serviço, atrás apenas dos Estados Unidos [8]. Os números atuais dão conta de 72 milhões de brasileiros conectados ao site, o Amazonas está presente com quase um milhão e duzentas mil pessoas. Manaus é a cidade com maior número de contas ativas, cerca de 960 mil pessoas [9].

Para mensuração dos dados estudados foram utilizados os relatórios do próprio site de relacionamento, o Facebook Insight, que tem como base a interação e/ou engajamento. É preciso destacar que, o relacionamento entre o usuário e a ferramenta determina o sucesso da conta estudada. O Facebook trabalha com índices próprios de mensuração, que permite extrair diversos relatórios para estudos dos perfis analisados. A riqueza das informações, aliada aos números expressivos de usuários foram determinantes para que este trabalho fosse desenvolvido com o estudo desta plataforma.

### 2.1 Página de fãs

O site trata as empresas e pessoas de forma distintas em sua plataforma. É muito claro, inclusive cobrado pela ferramenta, através do seu contrato de utilização e diversos avisos no FAQ, que as empresas devem criar página de fãs e as pessoas, perfis pessoais. As contas pessoas são otimizadas para funcionar com pessoas individualmente, em vez de empresas, marcas e organizações. As páginas do Facebook permitem que artistas, empresas e marcas mostrem seus trabalhos e interajam com os fãs. Essas páginas são pré-instaladas com a funcionalidade personalizada desenvolvida para cada categoria. Desenvolvedores também criam uma série de aplicativos para que os administradores de páginas insiram em suas páginas. Diferente de amigos de contas pessoas, não há limite quanto ao número de pessoas que podem curtir uma página [9].

### 2.2 Facebook Insights

Facebook Insights é um relatório do Facebook que fornece informações sobre o seu conteúdo, que irá retratar o resultado do trabalho aplicado. Informações sobre os dados demográficos, bem como o consumo de conteúdo são alguns exemplos. Para obter melhores resultados e gerar bons relatórios é necessário determinar as métricas a serem analisadas [9]. O próprio Facebook fornece uma série de dados que permitem realizar um estudo detalhado. Alguns fatores podem influenciar na avaliação das métricas utilizadas no processo de monitoramento, que costumam variar de acordo com o objetivo da campanha e a plataforma utilizada. No Facebook, as mais comuns são: a) número de visitantes; b) de seguidores; c) de comentários; d) de curtidas; e) de compartilhamentos. Esses dados são importantes e devem ser elencados no planejamento da campanha para mensuração do resultado do trabalho realizado. Abaixo algumas imagens do relatório gerado pelo Facebook Insights, a análise desses dados permite que os administradores possam criar melhores experiências, mudar estratégia etc.

## 3. O MARKETING NA ERA DIGITAL

O trabalho profissional nas redes sociais online é desenvolvido sob as premissas do marketing, uma vez que é explorada a imagem da instituição, empresa ou pessoa pública, com o objetivo de criar um relacionamento com o cliente, cidadão ou fã, a fim de que se tenha o retorno comercial, prestação de contas etc.

O marketing vem sofrendo alterações na sua definição ao longo do tempo. O autor, Philip Kotler, considerado o Pai do Marketing já publicou diversas definições sobre o tema. A mais recente diz que “Marketing é a atividade humana dirigida para satisfazer necessidades e desejos por meio de troca”.

Gabriel [10], afirma que “o marketing é dirigido para satisfazer necessidades e desejos humanos e, dessa forma, precisa levar em consideração o público-alvo antes de tudo, conhecendo-o para poder satisfazê-lo.”, ou seja, o público-alvo é o fator mais importante no desenvolvimento de uma ação de marketing. Ressalta, também, que “o marketing não cria necessidades, mas influencia e/ou cria os desejos de produtos para satisfazer as necessidades.”. Mas, para que isso aconteça é necessário conhecer, entender e dialogar com público-alvo.

Em 1960, E. Jerome McCarthy [11] propôs o modelo dos 4P's, que compõe a base de qualquer planejamento de marketing, o chamado “composto de Marketing”. São eles: Produto, Promoção, Preço e Praça (Ponto de Venda). Apesar da era digital oferecer

facilidades em relação ao off-line, é necessário atender as premissas do marketing tradicional (4P's) para ações online. A geração atual é altamente conectada, exigente, crítica e participativa e possui oferta crescente de produtos digitais, fator complicador quando se trata de chamar a atenção para alguma marca ou entidade. Há pouco tempo, as mídias eram segmentadas, cada uma tinha um papel claramente definido. A TV atingia determinado público, assim como o jornal, o rádio e os impressos. Essas mídias possuíam conteúdo gerado por profissionais e a interação era mínima.

O digital apresenta-se como uma convergência das chamadas mídias tradicionais: tv, rádio, revista e jornais. A tecnologia unificou as plataformas, não se pode esquecê-las e, as mesmas, estão longe de acabar. É preciso tratar cada uma delas com suas particularidades respeitando suas características originais, porém, entendendo que o digital as supera em velocidade, interatividade e praticidade.

Nas mídias sociais não há controle em relação ao conteúdo, o usuário é quem decide o que vai consumir ou produzir. São bilhões de pessoas com acesso à internet em todo o mundo ou conectadas por meio de celulares e que estão produzindo conteúdo. E as pessoas escrevem: em blogs, sites, enquetes, SMS, comentários, listas de discussão, redes sociais... Nesse grande palco, o arquiteto vira um autor, o advogado se torna um jornalista e o cliente, um contador de histórias e experiências [1].

Esses ambientes virtuais permitem o contato imediato, as coisas são muito rápidas, uma crise na internet pode fazer cair a cotação de grandes empresas em bilhões, demitir executivos etc.. Para tentar evitar esse tipo de situação é necessário cuidar da marca (instituição, pessoa pública). Criar sentimentos, o que pode permitir a criação de relacionamento com o cliente no caso de marcas comerciais ou cidadãos para instituições públicas.

As relações entre as partes interessadas (quem vende e quem compra) seja um produto ou um serviço, também sofreram modificações. Aonde, há algum tempo, o determinante para finalizar a transação era, entre outras coisas, a necessidade, qualidade do produto ou preço, agora a indicação de um parente, amigo ou conhecido passa a ter mais peso na hora da decisão.

Redes sociais têm enorme poder formador de opinião, pois o consumidor deixou de aguardar a informação, tendo em vista que ele mesmo produz o conteúdo. Pesquisas e enquetes mostram que mais da metade dos consumidores nas redes sociais já interagiram com marcas nesses ambientes e 92% das pessoas confiam nas recomendações dos amigos e não mais em propaganda. [1] Segundo o portal Socialbakers [7], de estatísticas em redes sociais, mais de 82 milhões de brasileiros tiveram acesso à web em 2012, conectados em média 60 horas por mês, e 99% desses brasileiros conectados já participaram de pelo menos uma rede social [1].

As mídias sociais facilitaram a propagação da informação. O boca a boca tradicional agora é traduzido pela quantidade de “curtir” ou “compartilhar” que aquela informação tem nas mídias digitais. É o que chamam de viralização, o que pode contribuir tanto positiva quanto negativamente para a marca/produto. Nasce a tendência do cliente ter preferência de algo indicado por alguém do seu grupo de relacionamento. Esse comportamento faz com que, a opinião de um indivíduo da sua confiança tenha peso maior na decisão. Fortalecendo assim, o poder das redes de relacionamento, que vem se propagando de forma avassaladora. As instituições precisam estar preparadas para atender a esse

público *online*. É necessário estar presente na internet adequadamente, para evitar situações adversas para suas marcas e, caso aconteça, agir em tempo hábil evitando assim, maiores danos e prejuízos.

O trabalho nas mídias sociais visa conquistar a atenção do usuário através do relacionamento com a marca através da interação que gera o engajamento necessário para propagação do conteúdo de determinada marca. Para isso é necessário seguir alguns princípios de atuação nas redes e identificar o modelo que mais se adequa ao tipo de negócio a ser trabalhado.

#### 4. MODELO PROPOSTO

Na área das mídias sociais, há um manual de conduta informal que descreve as boas práticas da presença online de pessoas e organizações. No caso das pessoas, é comum ver “manuais de etiqueta na internet” que tentam educar as pessoas a usar com responsabilidade e compartilhar conteúdo com segurança, evitando assim exposição desnecessária e problemas judiciais relacionados a danos morais, dentre outros [1]. Com relação às organizações, também é possível encontrar manuais de conduta nas mídias sociais que apresentam como os funcionários dessas organizações devem se comportar a fim de não prejudicar a imagem da empresa publicamente e não determinam como as empresas devem gerir sua presença online. Essa presença online não deve apenas visar à divulgação de suas atividades, uma vez que isso pode ser feito em um site institucional, mas deve focar no aumento da visibilidade e da popularidade, através de um maior relacionamento com seus parceiros e clientes. Esse tópico é comumente abordado por profissionais e instituições especializadas em mídias digitais, porém, a sua abordagem é ad-hoc, baseadas nas premissas do marketing tradicional e mercado publicitário. As boas práticas adotadas por esses profissionais levaram a uma sistematização do trabalho de gerência da presença virtual das marcas concretizado no modelo de interação aqui descrito.

O modelo em questão foi desenvolvido a partir do estudo de caso realizado na Fundação Municipal de Cultura, Turismo e Eventos, órgão vinculado à Prefeitura de Manaus, entre o ano de 2010 e 2013 [12] e abrange todo o ciclo de vida da presença online da organização em uma rede social. Isso significa que a partir do momento em que se decide aumentar os indicadores de visibilidade e popularidade de uma marca, seja ela qual for, os objetivos dessa presença online devem ser claramente pontuados. Uma vez definidos os objetivos da presença online da organização, passa-se então à primeira atividade do modelo que consiste na construção do perfil institucional na rede social de interesse. Que deve seguir alguns critérios como: identidade visual que facilite a identificação da empresa e do indivíduo com a mesma; a foto do perfil deve ser legível e estar relacionada com a marca; descrição clara e completa sobre a empresa, das atividades desenvolvidas por ela e, por fim, destacar qual o objetivo da empresa na referida rede social.

Construído o perfil, deve-se identificar o público-alvo. Isso permitirá entender o que a audiência quer ouvir, permeando o quê, como e quando a empresa vai falar, gerando maior aproveitamento e eficiência da presença online. Definido o público-alvo, surge o desafio de elaborar o conteúdo que cause alguma reação desse público. Para isso é necessário planejamento, que irá traçar a estratégia de conteúdo, ou seja, definir o tipo, horário, temas, quantidades entre outras características que a postagem deve ter para que facilite a interação do usuário. Com a estratégia definida, realizam-se os primeiros posts, propriamente

ditos, e passa-se a observar o comportamento dos seguidores. Através dessa observação, avalia-se a efetividade das postagens e se o objetivo da presença online, determinado pelo nível de interação, foi alcançado. Vale ressaltar que, encontrar o modelo ideal para desenvolver o trabalho de determinada marca nas mídias sociais requer observação e experimentação diária das ações dos usuários conectados. É preciso descobrir qual o conteúdo que os usuários querem receber e que os façam interagir e divulgar a marca.

A figura 1 ilustra uma visão geral do modelo de interação utilizado nesta pesquisa. Cada uma das fases é explicada mais detalhadamente nas sessões seguintes.

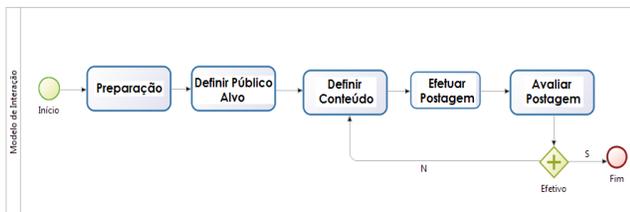


Figura 1 - Visão geral do modelo

As seções a seguir apresentam o detalhamento do modelo de interação.

## 4.1 Preparação

Após decidir realizar o trabalho nas redes sociais é necessário tomar algumas medidas antes de iniciar o projeto. A figura 2 apresenta o fluxo do processo de preparação para iniciar o trabalho na rede social.



Figura 2 - Fluxo do processo de preparação

### 4.1.1 Definir Profissionais

Para a realização do trabalho é desejável que uma equipe seja estruturada com profissionais especializados para que se possa oferecer um melhor desempenho. São eles: a) Gerente de Mídias Sociais, responsável pelo planejamento, criação de estratégias, definição de metas e análise de relatórios; b) Analista de Mídias Sociais, profissional que analisa os dados do monitoramento, identifica tendências e identifica o público-alvo; c) Gestor de Conteúdo (curador), responsável pela produção e gestão do conteúdo; d) Gestor de Relacionamento: responsável por interagir com os usuários, respondendo aos questionamentos e dúvidas; e) Gestor de Monitoramento: responsável por monitorar o conteúdo e gerar relatórios; f) Designer: responsável pela parte visual das ações.

### 4.1.2 Gestão de crise

Manter uma equipe de profissionais competentes para a gestão de crises é essencial no processo de utilização das mídias para divulgação de marcas. Essas pessoas precisam ter um perfil diferenciado, pois irão lidar com situações complicadas diariamente que poderão comprometer a reputação da empresa ou até mesmo implicar em grandes perdas financeiras. Esses são exemplos de algumas das consequências para uma empresa no momento de uma crise na internet e a maneira mais eficaz de proteger-se de uma crise é planejamento prévio. É importante traçar procedimentos para cada situação que possa gerar uma crise e a alta gerência deve ter envolvimento desde o início visando garantir o sucesso da operação diminuindo os riscos que podem afetar sua reputação e seus resultados.

### 4.1.3 Criação

A página deve ser criada de forma que seja facilmente associada à marca em questão, deve apresentar informações completas e um visual amigável, que irá permitir maior identificação do usuário com a marca e causar boa impressão aos novos seguidores. Deve, também, possuir uma capa atrativa e foto do perfil legível e relacionada com a marca.

### 4.1.4 Customização

A página de fãs no Facebook é um cartão de visitas e, em muitos casos, é o primeiro contato do cliente com a empresa ou marca, o que torna esse tópico um dos mais importantes, pois pode determinar a permanência ou não do usuário visitando a página e para deixá-la mais atrativa é preciso se preocupar com alguns pontos, são eles: a) investir em aplicativos e integração com outras plataformas; b) escolher um nome adequado; c) descrever a empresa e as atividades as quais ela executa claramente; d) deixar claro qual o objetivo da presença da empresa na rede social. Esses pontos podem ser considerados para trabalhos desenvolvidos em qualquer mídia social.

Cada ferramenta possui características específicas e devem ser levadas em consideração durante o planejamento. Os tópicos a seguir destacam pontos a serem trabalhados no Facebook:

- **Nome:** O nome da página de fãs deve refletir claramente a marca da empresa. Como a ferramenta é global, muitas vezes não é possível utilizar o nome desejado e resta a criatividade para contornar, mas nunca deixar um nome que seja diferente do original da empresa;
- **Fotos:** As fotos do avatar e da capa devem ser cuidadosamente selecionadas, a descrição é importante para que chame a atenção do usuário e deve passar a ideia clara do tipo de conteúdo que o mesmo irá encontrar nas postagens, além de informações precisas sobre a empresa como os contatos online e off-line, endereço, missão etc;
- **Aplicativos:** Os aplicativos são recursos complementares de interatividade com a página de fãs. Com eles é possível executar vídeos, sorteios, enquetes etc;
- **Integrar com outros serviços:** o Facebook permite, também, acessar outras redes e sites como Youtube, Twitter, Flickr etc.

Esses critérios são utilizados pela maioria dos estudiosos do assunto e disparam nas listas das considerações mais relevantes

para o sucesso no desenvolvimento desse tipo de trabalho. As experiências que servem como base para este estudo reforçam o fato de que cada perfil/página de fãs exige linguagem e estratégias próprias, porém, é necessário identificar a forma mais adequada, facilitando o planejamento das ações para aumentar a audiência e relevância na rede, alcançando assim, um dos maiores objetivos da presença digital que é aumentar o engajamento dos fãs fazendo com que haja maior divulgação da marca em questão.

## 4.2 Definição do público-alvo

Conhecer o público-alvo é atividade determinante para o sucesso da presença virtual de uma marca. Um dos pontos que determina a identificação do público com a empresa é o chamado “engajamento”, métrica que os sites de relacionamento utilizam para mensurar o quanto os seguidores de determinado perfil está envolvido com o conteúdo gerado pela empresa na internet. A forma de conhecer o público-alvo de uma marca consiste em avaliar o interesse representado pelas suas interações com o conteúdo disponibilizado nas redes sociais. Uma estratégia é observar os perfis semelhantes e como os mesmos se comportam. Realizar postagens similares aos concorrentes e observar o comportamento dos seguidores possibilita a identificação do perfil dessas pessoas. Caso a interação não apresente um nível satisfatório, o post deve ser refeito para que nova análise seja realizada. Essa etapa irá contribuir diretamente para o desenvolvimento da estratégia de conteúdo, próxima atividade do modelo. Na figura 3 é possível ver o fluxo desse processo.

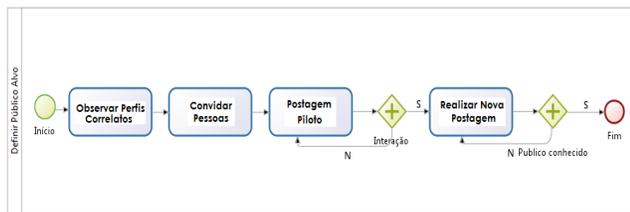


Figura 3 - Definição do público-alvo

É muito comum encontrar empresas que estão presentes nas redes sociais e pecam na publicidade dessas ações, fator importante e, que irá influenciar diretamente nos resultados trata da divulgação da página de fãs, que deve ser realizada com bastante atenção para que um número crescente de pessoas a conheçam facilitando assim o crescimento de fãs e consequente interação. A divulgação da página de fãs deve ser implantada em vários momentos e locais como, por exemplo, documentos oficiais, assinaturas de e-mails, peças publicitárias, cartões de visita, fardamentos etc. É importante, também, que os funcionários de todos os setores que estejam presentes na rede social interajam com a página de fãs para que os membros de sua rede possam conhecê-la fazendo disso um facilitador para conseguir novas interações, uma vez, que o Facebook possui o mecanismo de visualização das atividades executadas por seus amigos, muitas vezes induzindo que façam o mesmo servindo de incentivadores de novas “curtidas” para a página de fãs. Caso a empresa esteja presente em outras redes é aconselhável que o endereço da página de fãs seja divulgado nas mesmas, pois pode-se tratar de públicos diferentes e que tenham interesse de fazer parte dos seguidores da marca em outras plataformas.

### 4.2.1 Estratégia de conteúdo

Após a identificação do público é necessário produzir conteúdos específicos para esse público levando em consideração: a)

Definição do tipo das postagens: que devem conter textos curtos e claros, fotos atrativas e vídeos de curta duração. Cada um desses tipos de postagens deve gerar um nível de engajamento para a ferramenta, que pode ser menos ou mais atrativo para o público. Geralmente as imagens tem mais apelo junto ao usuário, ou seja, consegue chamar mais a sua atenção. Em seguida, os vídeos são mais atrativos, depois os textos e finalmente postagens com links; b) Quantidade das postagens: Pequenas quantidades de postagens diárias podem comprometer a interação e o inverso também. É preciso avaliar, de acordo com o tipo de negócio da empresa, qual a quantidade ideal, por exemplo, canais de notícias necessitam fazer um número maior de postagens, pois o seu conteúdo é muito mais dinâmico do que de um artista que divulga a sua agenda ou de um restaurante que irá divulgar o seu cardápio diário; 3) Horário das postagens: Existem horários onde um número maior de pessoas estão conectadas e mais favoráveis à interação, é preciso que seja mapeado para melhor exploração. No caso dos restaurantes, uma postagem com a foto colorida de uma refeição, com um pequeno texto de chamada próximo da hora do almoço irá gerar maior interação do que se for feito após o mesmo. Na figura 4 é possível ver o fluxo desse processo.

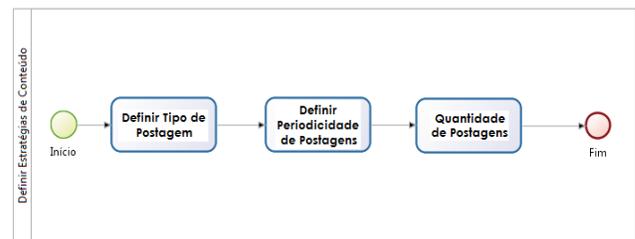
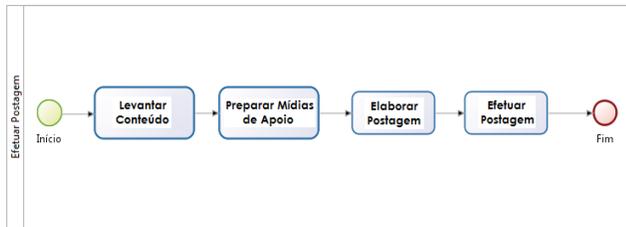


Figura 4 - Estratégia de Conteúdo

### 4.2.2 Efetuar postagem

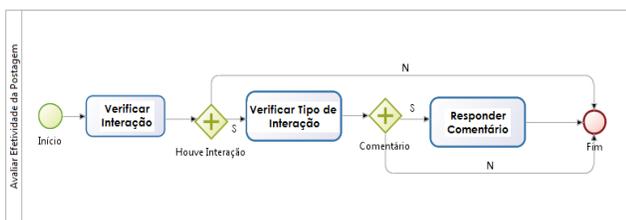
Antes de cada postagem, deve-se definir os objetivos que se deseja alcançar com relação ao envolvimento dos usuários com a postagem. Tal envolvimento traduz-se em “curtidas”, “comentários” ou “compartilhamentos”. Definidos os objetivos de uma postagem, passa-se à fase de preparação que compreende as seguintes etapas: a) Levantamento de conteúdo, muitas vezes chamado de “curadoria de conteúdo”, que como o próprio nome fala, consiste em estabelecer o que será publicado, é o tema, o assunto. Por exemplo, o assunto será “Desejar um bom dia aos seguidores”; b) Preparação das mídias de apoio que podem ser banners, uma fotos, uma mensagem específica, um vídeo etc. A preparação da postagem é o passo seguinte, onde essas informações são ordenadas e a seguir é a publicação é efetuada. A Figura 4 representa o fluxo do processo “efetuar postagem”; c) Elaborar postagem que consiste em definir qual o tipo de postagem (imagem, vídeo, texto etc), se vai ter texto ou não, em caso positivo, qual será o texto, entre outros detalhes; d) Efetuar a postagem consiste no ato de publicar a postagem. Na sequencia são preparadas as mídias de apoio que podem ser um banner, uma foto, uma mensagem específica, um vídeo etc. A preparação da postagem é o passo seguinte, onde essas informações são ordenadas e a seguir é a publicação é efetuada. Na figura 5, o fluxo do processo “efetuar postagem”.



**Figura 5 - Efetuar Postagem**

#### 4.2.3 Avaliação da efetividade da postagem

Antes de cada postagem é importante definir os objetivos que se deseja alcançar com relação ao envolvimento dos usuários com a postagem que pode ser obter mais “curtidas”, “comentários” ou “compartilhamentos”. Após a realização das publicações é necessário verificar se o objetivo das postagens está sendo alcançado. Os objetivos são analisados de acordo com a interação do público com o conteúdo publicado. Assim, durante a etapa de avaliação da efetividade da postagem identifica-se se houve algum tipo interação. Caso não haja, é necessário voltar o fluxo do processo para que nova estratégia de conteúdo seja realizada. A figura 6 representa o fluxo do processo Avaliar a Efetividade da Postagem.



**Figura 6 - Avaliar a Efetividade da Postagem**

Havendo interação, parte-se para a última etapa que visa avaliar o objetivo da interação onde deve-se observar o tipo de envolvimento. Caso o objetivo tenha sido alcançado, o fluxo é fechado. Do contrário, novas postagens devem ser realizadas até que se consiga obter o resultado satisfatório. Todo o trabalho desenvolvido até o momento visa aumentar o número de seguidores na página de fãs e para isso foi preciso gerar conteúdo relevante e fazer com que o usuário chegasse até a página de fãs e, de preferência, interagisse com ela através de “curtidas”, “comentários” ou “compartilhamento”. Com o objetivo alcançado é hora de se relacionar com esse usuário como forma de recompensa pela sua interação e visando manter essa pessoa presente na página recebendo assim o conteúdo referente à marca ou produto. Em hipótese alguma, essa interação deve ser ignorada. Todas as interações dos fãs com a página devem ser retribuídas.

Finalmente, após a realização de todo o trabalho é fundamental que se saiba o que está sendo falado sobre a marca na rede social fora da página de fãs. Isso é feito por meio do Monitoramento, para isso é necessário escolher palavras-chaves que tenham relação com a marca ou instituição, para que se possa encontrar facilmente o conteúdo de interesse. O monitoramento pode

auxiliar em vários fatores, por exemplo, identificar tendências, desejo dos fãs, detratores de marcas, concorrentes, início de crises entre outras coisas. Em todos os casos é possível se antever ou até mesmo corrigir situações que possam causar algum prejuízo para a marca, seja financeiro ou de outra natureza. Como forma de facilitar o sucesso dos resultados, o ideal é que cada tarefa pontuada aqui seja executada por um profissional distinto e qualificado. Infelizmente não é o que costuma acontecer nas pequenas e, até mesmo, nas médias empresas, foco principal desse modelo. Existem, ainda, recursos de gerenciamento da página de fãs que devem ser definidos antes do processo iniciar como, por exemplo, configurações de privacidade e segurança entre outros, mas não serão abordados nesse estudo. Vale ressaltar que, encontrar o modelo ideal para desenvolver o trabalho de determinada marca nas mídias sociais requer observação e experimentação diária das ações dos usuários conectados.

## 5. O MODELO NA PRÁTICA

Esta seção documenta a experiência prática e aplicação do modelo sugerido na página de fãs do restaurante Vitrine Amazônia, sediado na cidade de Manaus.

### 5.1.1 Preparação

Apesar do modelo sugerir a utilização de uma equipe completa para a realização do trabalho, neste caso somente dois profissionais tiveram participação efetiva na operação, onde se revezavam para atender as necessidades das ações realizadas a) Gerente de Mídias Sociais, responsável pelo planejamento, criação de estratégias, definição de metas e análise de relatórios; b) Analista de Mídias Sociais, profissional que analisa os dados do monitoramento, identifica tendências e identifica o público-alvo; c) Gestor de Conteúdo (curador), responsável pela produção e gestão do conteúdo; d) Gestor de Relacionamento: responsável por interagir com os usuários, respondendo aos questionamentos e dúvidas; e) Gestor de Monitoramento: responsável por monitorar o conteúdo e gerar relatórios; f) Designer: responsável pela parte visual das ações.

### 5.1.2 Gestão de crise

Toda empresa, não importa o segmento ou tamanho, está sujeita a crises envolvendo sua imagem. Após análise do perfil da empresa estudada, foram levantadas alguns possíveis questões com relação à empresa e na sequência foi criado um manual de atuação. Todos os funcionários, inclusive aqueles que não faziam parte do atendimento ao cliente, foram orientados e nenhum deles estava autorizado a responder questionamentos em caso de uma crise na rede social, somente os profissionais autorizados que deveriam seguir o manual. Felizmente, até o momento, nenhuma situação adversa envolvendo o restaurante foi registrada até o momento.

### 5.1.3 Criação e Customização

Seguindo a orientação do modelo de interação a página foi criada e customizada com informações completas e um layout adequado ao perfil do restaurante.



Figura 7 - Criação e customização

A capa atrativa, avatar contendo a marca e informações detalhadas sobre o restaurante foram colocadas no perfil (Figura 7). Além disso, o Instagram foi integrado por meio de uma aba de aplicativos, que continha, também, o cardápio completo facilitando o entendimento e escolha de produto da preferência do cliente na rede sociais.

#### 5.1.4 Definição do público-alvo

Após a criação da página e uma postagem piloto foi realizada. A partir daí foram feitos convites às pessoas do círculo de amigos e familiares dos proprietários, que foram incentivados a fazer o mesmo. Assim foi-se formando o público. A figura 8 ilustra a primeira postagem piloto da página.



Figura 8 - Postagem Piloto

#### 5.1.5 Estratégia de conteúdo

Trabalhar a linguagem diferenciada das peças foi fundamental para o início do aumento do engajamento. As postagens contam com imagens interessantes dos pratos servidos no restaurante,

além de fotos que expressam as belezas do estado do Amazonas, que interagem muito bem pelo fato de se tratar de um restaurante regional. Nas imagens é possível ver modelos dessas peças e o envolvimento gerado por elas. Por se tratar de um restaurante, umas das estratégias adotadas foi explorar ao máximo as imagens dos pratos. O próximo prato foi identificar qual desses pratos causava maior engajamento. No caso trata-se do “Tacacá”, caldo servido na cuia como uma tradicional iguaria da região. Na figura 9 um dos exemplos da postagem citada. Já a figura 10 mostra outro tipo de conteúdo bastante utilizado, que são as imagens da fauna e da flora amazônica. Ambas causam bastante engajamento.



Figura 9 - Exploração das imagens dos pratos servidos no restaurante



Figura 10 - Postagem com fotos da natureza

Outro recurso utilizado como estratégia de conteúdo é o incentivar os fãs a enviarem suas fotos para que sejam exibidas na página. Esse tipo de posta gera dois tipos de situações que contribuem para melhores resultados, o primeiro é que gera identificação do fã com a página, pois ele passa a fazer parte do processo e, principalmente, gera maior engajamento pelo fato deles próprios colaborarem com o compartilhamento de suas imagens. A figura 11 mostra uma das fotos recebidas e publicadas. No quadro abaixo da imagem é possível verificar que a mesma alcançou 27 compartilhamentos.



**Figura 11 - Integração com os fãs, por meio de publicação das suas fotos**

Postagens de conteúdo relacionado a causas também foram utilizados e apresentaram um nível de interação desejado. Na figura 12 mostra um banner falando sobre uma campanha nacional de alerta ao câncer de mama no Brasil.



**Figura 12 - Associação com causas de interesse público**

Associar as postagens às situações do cotidiano de interesse de uma classe, também fazem parte das postagens que geram bastante

envolvimento dos fãs. Como se trata de um restaurante, chamadas para jogos de futebol foram utilizadas como pode ser visto na figura 13.



**Figura 13 - Associação com situações do cotidiano de interesse de uma classe, no caso o futebol.**

O modelo incentiva, ainda, a integração entre páginas por meio de compartilhamentos de conteúdos correlatos. Essa prática é indicada pelo fato de que ao compartilhar o conteúdo de outra página favorece no sentido de que o público da página que compartilhou passa a conhecer o conteúdo da compartilhada e vice-versa, fazendo com que ambas possam aumentar o número de seguidores de pessoas que possuem interesse comum. Na imagem 14 um exemplo dessa integração.



**Figura 14 - Integração com outras páginas por meio de compartilhamentos**

## 6. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma sugestão de Modelo de Interação para o aumento dos indicativos de visibilidade de marcas na rede social, o Facebook. Tal estudo ocorreu durante o ano de 2013 e teve como base a presença online de um restaurante regional na cidade de Manaus. Vale ressaltar que o modelo de interação utilizado no estudo de caso apresentado limita-se a uma rede social específica e deve ser modificado para a aplicação em outros cenários.

Avaliar modelos como o proposto neste trabalho não é tarefa trivial visto que diferentes variáveis estão diretamente relacionadas com os resultados obtidos na execução deste, tais como: rede social utilizada, área de atuação e objetivos institucionais das organizações nas redes sociais, a região onde o estudo é conduzido, os hábitos de uso pela população, a qualidade da conexão de internet, dentre outros. Apesar desses fatores, têm-se resultados positivos na aplicação deste modelo como, por exemplo, no contexto de uma organização pública [12], e no contexto de uma empresa do setor gastronômico, conforme apresentado neste trabalho. Outros cenários de uso estão em estudo como: utilização das redes sociais em campanhas políticas, perfis de personalidades artísticas e empresas de outros segmentos.

Não era pretendido com esse estudo de caso ensinar um modo de realizar a interação nas redes sociais, mas sim, demonstrar a aplicabilidade do modelo proposto. Também não está afirmado que a utilização de publicidade paga na internet é inadequada e/ou não deve ser utilizada. A principal contribuição deste trabalho dá-se pelo fato de oferecer uma alternativa às instituições que não pretendem utilizar ou não possuem recursos financeiros para investir na divulgação de suas marcas nas redes sociais, apesar do crescente apelo desses sites no incentivo de gastos visando esse fim.

Para atingir este objetivo foi necessário investigar mecanismos de identificação do público alvo da instituição, que ocorreu por meio da avaliação constante dos usuários que interagiram com página de fãs e a partir daí desenvolveu-se um método de comunicação com linguagem adequada ao público em questão.

Como futuros trabalhos, sugere-se a aplicação do modelo proposto em outras redes sociais, o que permitirá a extração das similaridades e diferenças entre as redes podendo oferecer elementos que aprimorem o modelo.

Outro tópico interessante para ser desenvolvido em futuros trabalhos é aplica-lo em cenários distintos para testar a sua aplicabilidade. Seria interessante aplicar em empresas privadas que possuem dinâmica de conteúdo diferente e, também, em cidades com características distintas da que foi pesquisada, para que se possa avaliar outra problemática.

Por fim, outro possível trabalho consiste em verificar a possibilidade de intervir no site do Facebook de forma que possibilite a interação automática da ferramenta com o usuário. Um dos gargalos relatados na pesquisa se refere ao tempo de resposta ao usuário. Automatizar esse processo ofereceria a solução para empresas que possuem equipes de trabalho reduzidas.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Giardelli, Gil. Você é o que você compartilha: e-agora: como aproveitar as oportunidades de vida e trabalho na sociedade em rede. Editora Gente, 2012. São Paulo
- [2] Recuero, R. Redes Sociais na Internet. 2ª. ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.
- [3] Figuerêdo, V. D. S. et al. Redes Sociais Online: Desafios e Possibilidades para o Contexto Brasileiro. XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Campinas, 2009.
- [4] Efimova, L. What is "beneath your current threshold"? Social visibility in persistent conversations. Persistent Conversations Workshop, HICSS TUTORIAL DAY, 03 Janeiro 2005. <https://doc.telin.nl/dscgi/ds.py/ViewProps/File-47362>.
- [5] Alves, L. P. S.; Chaves, A. P.; Steinmacher, I. Um aplicativo baseado em inteligência coletiva para compartilhamento de rotas em redes sociais. VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, Campo Mourão, 2011.
- [6] Glívia A. R. Barbosa, Geanderson E. dos Santos e Victor M. de O. Pereira, "Caracterização Qualitativa da Sociabilidade no Facebook", IHC 13, XI Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 2013.
- [7] Socialbakers. Site especializado no monitoramento de redes sociais. Disponível em: <[www.socialbakers.com](http://www.socialbakers.com)>. Acesso em: 26 Janeiro 2014.
- [8] Revista Veja. Redes Sociais: Brasil é o país que mais cresceu no Facebook em 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/vida-digital/brasil-e-pais-que-mais-cresceu-no-facebook-em-2012>>. Acesso em: 13 Fevereiro 2014.
- [9] Facebook. Central de anúncios do Facebook. Disponível em: <[https://www.facebook.com/ads/manage/home/?account\\_id=250977969](https://www.facebook.com/ads/manage/home/?account_id=250977969)>. Acesso em: 25 Maio 2014.
- [10] Gabriel, M. Marketing na Era Digital – Conceitos, plataformas e estratégias. Novatec Editora, 2010. São Paulo
- [11] McCarthy, E J. Basic Marketing, a managerial approach. Homewood, Ill., R.D. Irwin, 1960.
- [12] Sobrinho, R.; Gadelha, B. Um modelo de interação em redes sociais para o aumento de visibilidade de marcas. X Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos. Manaus, 2013.

# Analizando o uso de Jogos Sérios em Mundos Virtuais Colaborativos: o estudo de caso do JETS – Jogo da Equipe de Teste de *Software*

Giliane Bernardi  
UFSM – Dep. Comp. Aplicada  
Av. Roraima 1000  
giliane@inf.ufsm.br

Andre Zanki Cordenonsi  
UFSM – Dep. Documentação  
Av. Roraima 1000  
andrezc@inf.ufsm.br

Tarcila Gesteira da Silva  
UFSM – Dep. Ling. Sist. Comp.  
Av. Roraima 1000  
tarcila@inf.ufsm.br

Felipe Martins Müller  
UFSM – Dep. Comp. Aplicada  
Av. Roraima 1000  
felipe@inf.ufsm.br

## ABSTRACT

Serious games have increasingly been inserted in the higher education scenario because, while minimize demotivation classes considered "traditional", bring along a more formal connotation; after all, games is not only for fun. This paper presents the application of a serious game developed to support the teaching and learning process of software testing in order to analyze the collaboration among students during implementation. The main difference in the game is that it was developed immersed in a three-dimensional collaborative virtual environment. The results are discussed in the paper along with a proposal for improvement of the game towards collaborative aspects.

## Keywords

*Serious Games, Collaborative Virtual Environments, Software Test*

## RESUMO

Jogos Sérios têm sido cada vez mais inseridos no cenário do ensino superior, pois, ao mesmo tempo em que buscam minimizar a desmotivação com as aulas consideradas "tradicionais", trazem consigo uma conotação mais formal, não sendo associados apenas à diversão. Este artigo apresenta a aplicação de um jogo sério desenvolvido como apoio ao processo de ensino e aprendizagem de teste de software com o objetivo de analisar a colaboração entre os estudantes durante a execução do mesmo. O jogo traz como diferencial ter sido desenvolvido imerso em um ambiente virtual colaborativo tridimensional. Os resultados obtidos são discutidos no artigo juntamente com uma proposta de aprimoramento do jogo em relação aos aspectos colaborativos.

## Palavras-chave

Jogos Sérios, Ambientes Virtuais Colaborativos, Teste de Software

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

## Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education – collaborative learning

## General Terms

Experimentation, Human Factors

## 1. INTRODUÇÃO

Teste de *Software* é uma atividade realizada para avaliar e melhorar a qualidade de um *software*, buscando identificar defeitos e problemas, sendo considerada uma etapa crítica para garantia de qualidade de *software* [1]. Atualmente, *softwares* atingem potencialmente milhões de pessoas, possibilitando o desempenho de suas funções com eficácia e com eficiência ou causando frustração e perdas de trabalho e de negócios [2]. Sem dúvida, o impacto causado pela utilização de *softwares* no dia a dia dos usuários é muito alto, o que torna fundamental que os mesmos possuam aderência aos fatores de qualidade de *software*. Segundo [2], em um típico projeto de *software*, aproximadamente, cinquenta por cento do tempo e mais de cinquenta por cento do custo total do projeto são gastos unicamente com Teste de *Software*. Já [3] estima que uma organização gaste entre trinta e quarenta por cento do esforço de projeto total em testes.

Nesse contexto, as exigências da indústria de *software* estão crescendo, assim como os *softwares* estão se tornando cada vez mais complexos e com isso o número potencial de falhas cresce, bem como os custos para corrigi-las [4]. Os serviços de teste estão sendo terceirizados para empresas especializadas e a maioria dos grandes projetos de desenvolvimento de *software* já envolve o uso de testadores especializados, de modo que a performance e os ganhos financeiros dessas empresas dependem do desempenho dos profissionais de teste [5]. Considerando esta importância, é fundamental que os profissionais formados em cursos de graduação em Computação e áreas afins estejam preparados para atender às exigências do mercado.

No entanto, a pesquisa de [6] afirma que os profissionais, bacharéis da área de Computação aprendem mais sobre tópicos de Engenharia de Software (ES) depois da graduação, ou seja, as

competências de ES podem não estar sendo adequadamente abordadas no decorrer do curso. Em [7] são discutidas as contradições dos currículos em relação às necessidades da indústria. Muitos graduados ingressam no mercado de trabalho com habilidades de desenvolvimento excepcionais, mas com deficiências em teste e depuração [8]. Outro problema, destacado em [9], é a inserção tardia do conteúdo de teste de *software* no currículo dos cursos, não permitindo que o estudante, ao longo do curso, associe teste de *software* às demais etapas de desenvolvimento vistas nas demais disciplinas. Por fim, os autores ainda apresentam como uma fragilidade no ensino de teste de *software* a falta ou inexpressiva ocorrência de atividades práticas, necessárias para uma eficaz compreensão dos conceitos estudados.

Outro aspecto que pode ser destacado no que se refere ao processo de engenharia de *software* é a colaboração entre os envolvidos no decorrer de suas etapas, como por exemplo, a fase de testes. Para [10], indivíduos que trabalham em grupo podem produzir resultados melhores, em decorrência da integração de conhecimentos e habilidades e de seus esforços individuais. Ainda, a interação entre o grupo pode enriquecer a resolução de atividades, através de diferentes pontos de vista.

Diante deste cenário, muitas propostas têm sido apresentadas, buscando dinamizar as aulas, motivar os estudantes e aproximar atividades práticas junto aos conhecimentos teóricos, tais como palestras acompanhadas de tutorial com exercícios, projetos com elaboração de casos de testes e aulas em laboratório com usos de ferramentas de teste [9]. Outra tendência cada vez mais observada é o uso de jogos no ensino de Engenharia de *Software*. Segundo [11], a aprendizagem baseada em jogos digitais é uma abordagem inovadora no domínio das universidades e está se tornando uma nova forma de conteúdo interativo, que merece ser explorada. No contexto educacional, os jogos podem ser denominados jogos sérios (*serious games*), que são jogos que possuem a finalidade instrucional explícita. O trabalho de [12] discute a questão de que as fronteiras entre a aprendizagem e trabalho e diversão e jogo precisam ser desfeitas e que é possível existir aprendizagem com diversão através de jogos. Neste contexto, jogos sérios são uma abordagem diferente para tratar a diversão na educação.

Considerando todas as colocações apresentadas, este artigo tem como objetivo apresentar a análise de um jogo sério desenvolvido como apoio ao processo de ensino e aprendizagem de teste de *software*, focando nas questões de colaboração entre os estudantes envolvidos na sua utilização.

## 2. APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS

A aprendizagem baseada em jogos é uma abordagem que utiliza o jogo como uma ferramenta para que os alunos se engajem no aprendizado enquanto jogam [13]. Segundo [14], a aprendizagem baseada em jogos Digitais tem como base duas premissas. A primeira é a de que os estudantes mudaram em alguns aspectos de fundamental importância. A segunda premissa é a de que esses indivíduos são de uma geração que, pela primeira vez na história, cresceu experimentando uma forma radicalmente nova de jogos (jogos de computador e de *videogame*). Essa nova forma de entretenimento moldou as preferências e as habilidades, e ofereceu um enorme potencial para a aprendizagem, tanto a das crianças, como a dos adultos. A aprendizagem baseada em jogos impulsiona a inovação através da educação, por isso a importância de envolver todos os interessados como educadores, *designers* e

desenvolvedores de jogos, pesquisadores e estudantes em todas as fases do processo de concepção e de implementação da abordagem [15].

O modelo de aprendizagem proposto por [16] apresentado na Figura 1, ilustra como ocorre o processo de aprendizagem baseada em jogos. O início desse processo ocorre com a entrada de um sistema que combina conteúdo instrucional com característica de jogo, desencadeando um ciclo que inclui decisões ou reações do usuário (como diversão ou interesse), o comportamento do usuário (como maior persistência ou tempo na tarefa) e o *feedback* do sistema. Com o engajamento do usuário no jogo, ele alcança os objetivos educacionais e o ciclo termina com resultados de aprendizagem.

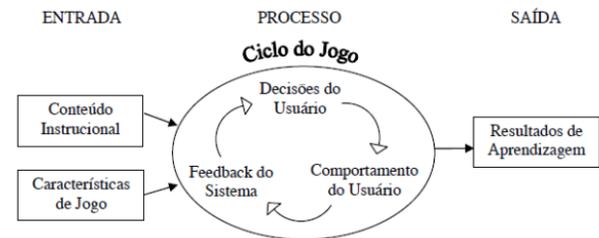


Figura 1 – Modelo de Aprendizagem

Ao utilizar jogos de computador ou jogos em geral para fins educacionais, vários aspectos do processo de aprendizagem são apoiados: os estudantes são estimulados a combinar o conhecimento de diferentes áreas para tomar uma decisão ou escolher uma solução entre várias; os estudantes podem testar como o resultado do jogo muda com base em suas decisões e ações; e, por fim, os mesmos são incentivados a interagir com outros membros da equipe, discutir e negociar as etapas subsequentes, melhorando assim, entre outras coisas, suas habilidades sociais [17].

Em [18], destaca-se que o uso de jogos pode favorecer a aprendizagem tangencial. Essa aprendizagem está relacionada ao conhecimento adquirido pelo indivíduo quando exposto às atividades em um contexto no qual está envolvido e não ao conhecimento que está sendo diretamente ensinado. Ou seja, na atividade de jogar, o indivíduo desenvolve habilidades e aprende coisas como, por exemplo, uma língua estrangeira, mesmo que esse não seja o objetivo do jogo.

Ainda, segundo [18], outra questão relevante em relação aos jogos é a forma de lidar com o erro, pois o fracasso na educação tradicional é muito diferente do que ocorre nos *videogames*, no qual o custo do fracasso é normalmente mínimo, tendo em vista que, quando os jogadores fracassam, têm a possibilidade imediata de recomeçar. Essas características do fracasso nos jogos permitem que os jogadores se arrisquem e experimentem hipóteses que seriam muito difíceis de serem testadas em situações reais, em que o custo do fracasso é maior [18]. Portanto, é possível concluir que os jogos possibilitam o aprendizado através dos erros cometidos, sem que esse tipo de experiência gere frustração nos estudantes, estimulando novas tentativas.

De modo geral, os jogos podem ser classificados quanto ao gênero, aos gráficos, ao número de participantes e ao tipo de interação. Jogos na educação (digitais ou não) são discutidos há décadas e são amplamente utilizados na educação infantil [19]. No entanto, ao se tratar do ensino de jovens e adultos, a utilização

de jogos ainda é um assunto controverso. No contexto deste artigo, os jogos são chamados de jogos sérios, apresentados na próxima seção, por terem o objetivo “sério” de ensinar, vinculado ao lúdico dos jogos.

### 3. JOGOS SÉRIOS

Apesar do termo *serious games* (jogos sérios) ser utilizado desde 1970 [20], apenas na última década esse termo adquiriu maior visibilidade. Um dos responsáveis foi a *Serious Games Initiative* (SGI) fundada em 2002 pelo *Woodrow Wilson International Center for Scholars*. Essa iniciativa visa a estabelecer uma colaboração entre as indústrias de jogos eletrônicos e de projetos envolvendo o uso de jogos na educação, treinamento, saúde e políticas públicas.

A expressão “jogos sérios” une a seriedade do pensamento e da resolução de problemas com o experimental e com a liberdade emocional do jogo. Portanto, os jogos sérios combinam as concentrações analítica e questionadora, do ponto de vista científico, com a liberdade intuitiva e com a recompensa construtiva dos atos artísticos [20].

A principal característica do Jogo Sério é sua finalidade educacional explícita e cuidadosamente pensada, não tendo como intenção principal ser utilizado por diversão, mas o que não significa que o jogo sério não deva ser divertido [21]. Os jogos sérios possibilitam representações dramáticas de um assunto ou de um problema que está sendo estudado, e permite que os jogadores assumam papéis realísticos, encarem problemas, formulem estratégias, tomem decisões e tenham rápido *feedback* das consequências de suas ações. Tudo isso sem o custo das consequências dos erros do mundo real [21].

Jogos sérios possuem inúmeras aplicações e podem ser utilizados na educação (básica e superior), em corporações, organizações governamentais e não governamentais. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América é uma das instituições que utilizam jogos sérios, tendo iniciado em 1997 [22]. Nesse contexto, os jogos sérios oferecem um novo mecanismo para ensino e para treinamento, combinando jogos digitais com educação. Logo, jogos sérios podem ir além das vídeo-aulas e dos livros, permitindo aos jogadores não apenas o aprendizado, mas também a demonstração e a aplicação dos conhecimentos aprendidos [21]. No entanto, a utilização de jogos sérios, assim como de qualquer outro tipo de jogo, requer planejamento, pois nenhum jogo pode ser bem sucedido se os jogadores não entenderem as regras, seus objetivos no jogo e as consequências de suas ações.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de jogos sérios está crescendo rapidamente [23]. Esse crescimento pode ser observado no estado da arte de jogos sérios para empresas e indústrias apresentado por [24] e, ainda, nos anais de eventos como o *International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious*, *International Conference on Fun and Games* e *Serious Play Conference*. O crescimento dos jogos sérios é impulsionado não apenas pelos ganhos obtidos no *design* de jogos, alcance de audiência e de tecnologia de jogos, mas também pelos avanços nas principais tecnologias, como a Internet e as redes sociais [22]. Percebe-se, ainda, a valorização das ideias, habilidades, tecnologias e técnicas utilizadas em jogos de entretenimento, pois vários jogos comerciais como *SimCity*, *Civilization* e *Hidдем Agenda* têm sido utilizados como ferramentas de ensino-

aprendizagem em escolas e em universidades [23]. O trabalho em [15] afirma que o potencial dos jogos sérios irá provocar uma mudança de paradigma na forma como a educação e o treinamento são realizados. Esse novo paradigma é denominado aprendizagem baseado em jogos.

No que concerne à área da computação, têm-se comprovado que a utilização de jogos auxilia o estudante a absorver melhor os conceitos estudados e compreender as consequências das decisões tomadas através da simulação da realidade que enfrentará no dia-a-dia- profissional trabalhando em projetos [25].

Além destes elementos, para [26], a ambientação do jogo é fundamental para potencializar as interações e jogabilidade dentro do mesmo. Considerando o jogo apresentado neste artigo, optou-se por desenvolver o mesmo ambientado em um mundo virtual tridimensional, devido ao seu caráter inovador no âmbito educacional e suas características intrínsecas de colaboração, interatividade, sensação de imersão e proximidade com a realidade, características estas consideradas fundamentais para o propósito do jogo aqui apresentado. A próxima seção destaca mundos virtuais e seu potencial no âmbito educacional.

### 4. MUNDOS VIRTUAIS COLABORATIVOS

Mundos Virtuais podem ser considerados ambientes virtuais colaborativos que disponibilizam um espaço comum onde seus participantes podem se encontrar, coexistir e colaborar enquanto interagem com o ambiente tridimensional, compartilhando informações e manipulando artefatos em tempo real [27]. Esta possibilidade de imersão em ambientes como *Second Life* e *OpenSimulator* têm sido utilizada para o desenvolvimento de ambientes de realidade virtual para uso educacional. A criação de mundos virtuais tridimensionais onde os diversos avatares podem comunicar-se entre si gera as condições básicas para a troca de experiências entre os estudantes.

De acordo com [28], mundos virtuais colaborativos estão sendo cada vez mais explorados para que novas estratégias de aprendizagem sejam aplicadas, visando permitir que os estudantes se expressem, interajam, explorem, aprendam e construam o conhecimento, além de contribuírem para a prática do trabalho em grupo.

Diferentes abordagens de ensino podem ser adotadas em mundos virtuais, como palestras, seminários, demonstrações, exibição de vídeos, simulações, performances virtuais, debates, *podcasts* e interações com *chatbots*. Atividades educacionais em mundos virtuais podem apoiar a aprendizagem à distância, flexível e *blended learning*, apoiando a criatividade e a diversão em aprender e encorajando a exploração da emoção na aprendizagem [29].

Segundo [30], essas ferramentas computacionais proporcionam aos usuários novas formas de aprendizagem permitindo a construção de cenários e recursos que recriam/simulam com mais fidedignidade o mundo real. Ainda, para [31], o paradigma 3D oferece a possibilidade de representar a informação de um modo realístico, organizando-a de uma maneira espacial e tornando sua visualização mais intuitiva por ser mais natural ao ser humano.

Analisando as potencialidades descritas sobre mundos virtuais 3D em âmbito educacional, observa-se que tal recurso pode ser utilizado para potencializar a interação dos estudantes com os conteúdos educacionais, tornando os mesmos mais atrativos e

motivacionais sob o ponto de vista pedagógico. No que concerne ao desenvolvimento de jogos imersos em mundos virtuais, é possível observar sua aplicabilidade, considerando que jogos usualmente são imersos em um mundo sintético (tridimensional ou não), estruturado por regras, permeado por desafios e exploração.

Para o desenvolvimento do JETS, foi escolhido o *OpenSimulator*, por se tratar de uma ferramenta de código aberto, livre e gratuita. O jogo será tratado na seção 6.

## 5. TRABALHOS CORRELATOS

Existem vários trabalhos na literatura sobre jogos digitais voltados para o ensino-aprendizagem de Engenharia de *Software*. Em [32] é apresentado o SimULES-W, um jogo de cartas *web* para ensino de Engenharia de *Software*, no qual os estudantes assumem diferentes papéis em um projeto de construção de *software*. O jogo SimSE [33] simula processos de Engenharia de *Software* em diferentes metodologias de desenvolvimento. O trabalho de [34] apresentam o SE- RPG, um jogo de RPG que proporciona a experiência de gerenciamento e de desenvolvimento de um projeto de *software*.

O jogo Elicit@ção é apresentado por [35], ambiente no qual o estudante assume o papel de analista e simula a elicit@ção de requisitos de *software*, através da técnica de entrevista. No jogo, tem-se simulação de um ambiente virtual, representando uma empresa fictícia que deseja encomendar um produto de *software*. Neste caso, *chatbots* desempenham o papel de funcionários desta empresa, sendo que o estudante precisa entrevistar os mesmos, de forma a elicit@r os requisitos para desenvolver o *software* desejado. Ainda podem ser citados os trabalhos de [36], que descreve o Sparse, jogo desenvolvido para auxiliar no ensino e na aprendizagem de Engenharia de *Software*; [6], com o jogo XMED, que aborda o assunto de Medição de *Software* e o jogo *A Ilha dos Requisitos* [37], que tem como objetivo auxiliar no ensino dos principais conceitos relacionados à Engenharia de *Software*;

Como exemplos de jogos voltados especificamente para teste de *software* é possível citar o InspectorX [38], jogo para treinamento e aprendizado de Inspeção de *Software*; TEST [39], um jogo para o ensino de teste de unidade com a aplicação de técnicas e de práticas relacionadas à seleção de dados de entrada; e Jogo das 7 Falhas [9], jogo que aborda a técnica de teste de caixa preta.

Com relação a jogos imersos em mundos virtuais, algumas iniciativas podem ser destacadas. Em [40], com apoio da Faculdade de Medicina do *Imperial College London*, propõe atividades de aprendizagem baseada em jogos, que apresentam pacientes virtuais, permitindo a condução de experiências, diagnósticos e atividades de *role-play learning* que apóiam diagnósticos, investigações e tratamento de pacientes. Já o artigo de [41] apresenta um jogo *multiplayer* para Engenharia de *Software*, baseado no SimSE [33], que tem como objetivo o ensino de conceitos relacionados a processos de Engenharia de *Software*. No entanto, esse jogo só suporta o Modelo de Prototipagem Rápida. Por fim, [42] apresentam a versão para mundo virtual do laboratório virtual IEEE 802.11, chamado WiFiVL. O laboratório foi estendido para o Second Life com o objetivo de melhorar a interação com o usuário e dar suporte à aprendizagem exploratória.

A próxima seção apresenta o JETS, jogo analisado neste artigo.

## 6. JETS - JOGO DA EQUIPE DE TESTE DE SOFTWARE

O JETS – Jogo da Equipe de Teste de *Software* – é um Jogo Séri@, desenvolvido em um mundo virtual, que simula o setor de Teste de *Software* de uma empresa fictícia de desenvolvimento de *software*, apresentada na figura 2. Nesse contexto, o JETS pode ser identificado como um jogo, mais especificamente, uma simulação educacional inserida em um mundo virtual colaborativo.



Figura 2 – A Empresa do jogo JETS

Considerando esta assertiva, o JETS pode ser considerado um jogo colaborativo, à medida que encontra-se imerso em um ambiente que promove a comunicação e interação entre os participantes, possibilita a consciência ou percepção dos indivíduos, e envolve atividades onde os participantes jogam uns com os outros e, não, uns contra os outros [43]. Assim, o ambiente promove uma interação onde todos podem ser ganhadores.

Para [44], no que tange à interação em jogos colaborativos, pode-se destacar a interação social, o espaço visual compartilhado, a colaboração através de papéis e o engajamento mútuo. O JETS potencializa a interação social no espaço virtual simulado através da ferramenta de comunicação do *OpenSimulator* e pelos artefatos construídos para o jogo, tais como, os relatórios a serem desenvolvidos pelos próprios estudantes.

O JETS tem como objetivo aprimorar o conhecimento de Estratégias de Teste de *Software* do estudante e fornecer uma visão geral de como o Teste de *Software* pode ser implementado em uma empresa, indo ao encontro das recomendações das Diretrizes Curriculares para Cursos de Graduação na Área de Computação [45] As recomendações e a respectiva relação com o jogo são apresentadas a seguir:

- Mostrar as aplicações dos conteúdos teóricos: o estudante aplica os conhecimentos, adquiridos em aula, na simulação de uma empresa e ainda pode exportar os casos de teste para ferramenta TestLink (ferramenta para suporte a projetos de teste de *software*, suportando vários documentos, como planos de teste, casos de teste, entre outros);
- O professor atuar como um mediador: no jogo, o professor assume o cargo de Gerente de Projetos e pode auxiliar os estudantes nos desafios;

- Desenvolver a habilidade de trabalhar em equipe: os estudantes podem ajudar uns aos outros durante o jogo, podendo assim trabalhar de forma colaborativa;
- Motivar os estudos e orientar o raciocínio: vários autores indicam que o uso de jogos pode ser um fator motivacional;
- Desenvolver as capacidades de comunicação e de negociação: os estudantes podem auxiliar uns aos outros a resolver os desafios, logo, eles devem se comunicar e negociar com os colegas, propiciando um ambiente colaborativo melhor;
- Desenvolver uma visão sistêmica para resolução de problemas: a visão sistêmica consiste em examinar as mais diferentes soluções e escolher aquela que, em princípio, pode proporcionar uma solução ótima, com a maior eficiência e com um custo mínimo (Martinelli e Ventura, 2006), logo, a atividade de resolução dos desafios do jogo pode favorecer essa habilidade.

Cabe destacar que a proposta é de um jogo de apoio ao ensino-aprendizagem, pois, como destaca [46], a disciplina de Engenharia de *Software* deve fornecer uma base teórica consistente, portanto, o jogo não deve excluir a necessidade de um professor. O Design Instrucional dessa abordagem segue o modelo proposto por [47]. Os elementos desse modelo são os seguintes: contexto, pré-condições, ementa, objetivos gerais de aprendizagem, conteúdos, objetivos gerais, estratégias de ensino, avaliação e referências. O contexto apresenta o público alvo e os objetivos a serem alcançados. As pré-condições definem os requisitos para aplicação da abordagem de ensino-aprendizagem. A ementa apresenta de forma sucinta os assuntos que serão abordados. Os objetivos gerais de aprendizagem descrevem os resultados pretendidos da instrução. Os conteúdos detalham os assuntos abordados, que podem ser organizados em unidades. Cada conteúdo deve ter um objetivo de aprendizagem e de estratégia de ensino específicos. A avaliação descreve de que forma a abordagem será aferida. Por fim, as referências apresentam a bibliografia utilizada na elaboração do Design Instrucional.

Os elementos formais do JETS são os seguintes:

- Jogadores: estudantes de graduação da área de computação;
- Objetivos: responder os desafios de forma correta, de modo a passar de fase até chegar ao último estágio do jogo;
- Procedimentos: os jogadores devem se dirigir à sala correspondente a cada fase, escolher uma mesa de trabalho e sentar na cadeira para responder os desafios;
- Regras: o jogo possui quatro fases, que correspondem a quatro cargos de uma equipe de teste: (1) Testador de Software, (2) Analista de Teste de Software, (3) Arquiteto de Teste de Software e (4) Líder de Equipe de Teste. Essas fases são sequenciais e para passar de fase, o jogador deve atingir uma determinada pontuação, que é obtida com base nos erros e nos acertos dos desafios;
- Recursos: na sala de reuniões, ficam disponíveis os recursos educacionais de aula e caso o professor esteja on-line no jogo, também pode ser considerado um recurso, no sentido de auxiliar o jogador;

- Conflitos: eles podem surgir na interação entre os jogadores; podem tanto auxiliar, quanto atrapalhar os participantes do jogo;
- Limites: o domínio do jogo se restringe a um prédio em uma ilha dentro de um mundo virtual e também a uma aplicação web, na qual o usuário cria os casos de teste; ele pode, ainda, acessar a internet para pesquisar outras fontes, de modo a auxiliá-lo na resolução dos desafios; e
- Resultado: o jogador alcança seus objetivos quando conclui com sucesso a fase de Líder da Equipe de Teste; caso queira, ele pode comparar seus resultados em relação ao de outros jogadores, por meio de um ranking.

Os elementos dramáticos do JETS são os seguintes:

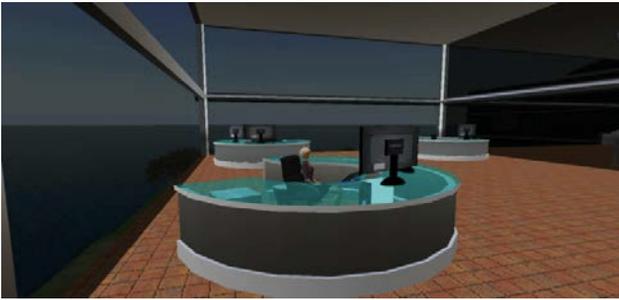
- Desafio: o jogador deve responder as questões de Estratégias de Teste de Software relacionadas a cada fase (cargo na equipe de teste);
- Play: os jogadores assumem o papel de funcionários de uma grande empresa de desenvolvimento de software, atuando e interagindo uns com os outros de modo a atingir o cargo de nível mais alto na Divisão de Teste de Software;
- Premissa: o jogador é um profissional apto a ingressar como Testador de Software em uma empresa de desenvolvimento de software;
- Personagem: o personagem é o próprio jogador que é contratado para Divisão de Teste de Software de uma empresa de desenvolvimento. O jogador pode customizar seu avatar de modo a criar uma maior identificação e envolvimento com o jogo; e
- História: a DevInfoData é uma empresa (fictícia) de desenvolvimento de software e está recrutando funcionários para sua Divisão de Teste de Software.

Ao ingressar na empresa, o funcionário ocupa o cargo de Testador de Software e, conforme seu desempenho, é promovido até chegar ao cargo de Líder da Equipe de Teste. As figuras 3 e 4 apresentam duas das salas disponibilizadas no ambiente, respectivamente, as



salas de testadores de *software* e dos líderes da equipe de teste.

**Figura 3 – Sala dos testadores de *software***



**Figura 4 – Sala dos líderes da equipe de teste**

Convém salientar que o jogo não estabelece nenhum tipo de ranqueamento entre os estudantes; ou seja, o primeiro aluno a alcançar o cargo de Líder da Equipe não representa o fim do jogo para os demais alunos. O objetivo principal era estabelecer uma prática onde todos os jogadores/alunos pudessem alcançar este patamar. À medida que os alunos se tornavam líderes de equipe, eles podiam colaborar com os seus colegas, utilizando-se das ferramentas de comunicação do OpenSimulator.

## 7. APLICAÇÃO, ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIAS

Nesta seção, apresenta-se a aplicação e análise do JETS, indicando, ainda, os pontos importantes que estão sendo propostos para a melhoria do jogo em sua segunda versão.

A aplicação do JETS foi realizada em uma turma do curso de Engenharia da Computação de uma universidade, na Disciplina de Engenharia de *Software*. A disciplina de Engenharia de *Software* é ofertada no quinto semestre do curso, sendo a única no currículo que aborda conceitos relacionados à área de Engenharia de *Software*. A turma avaliada foi de quinze estudantes.

A avaliação seguiu o *framework* proposto por [47], para apoiar a construção de experimentos na avaliação empírica de jogos educacionais na área de Engenharia de *Software*. A turma foi dividida em dois grupos, seguindo a ordem alfabética do diário de classe da disciplina, fazendo da primeira metade da turma o grupo de controle e da segunda metade o grupo experimental.

Todo o processo de aplicação do experimento foi realizado em um período de vinte e dois dias. Inicialmente, os conteúdos foram trabalhados em sala de aula de forma expositiva no decorrer de duas aulas. Após, os estudantes tiveram contato com o jogo. Como já descrito, o objetivo do jogo é passar pelas várias fases, que são representadas como os cargos que um engenheiro de testes pode ocupar numa empresa até chegar à liderança. O jogo não é competitivo: todos podem alcançar a liderança e o tempo individual de cada um não é computado para análise. Desta forma, estimula-se a colaboração entre os jogadores dentro do jogo em detrimento de um comportamento mais individualista, caso o jogo tivesse o caráter eliminatório.

Até o início do experimento, o tema de Teste de *Software* não havia sido abordado na disciplina. Na primeira aula, por ser unicamente expositiva, foi observado um pouco de dispersão por parte dos estudantes, em alguns momentos. A aula foi dividida em um momento expositivo e outro momento em que os estudantes realizaram um trabalho em grupo. Já na segunda aula foi realizada uma atividade prática com a ferramenta TestLink, que possui inúmeras funcionalidades de gerenciamento de processo de teste e

contempla diversos documentos. No JETS, apenas é trabalhado o documento Caso de Teste, que é desenvolvido no jogo imerso no mundo virtual e, após, exportado para a ferramenta TestLink, de modo que isso pode incentivar os estudantes a explorarem mais a ferramenta, potencializando seus conhecimentos relacionados a Teste de *Software* e proporcionando uma maior experiência com uma ferramenta profissional. Por ser um *software* de código aberto, os professores podem adaptar o JETS para suportar outras ferramentas relacionadas a Teste de *Software*, de forma a familiarizar melhor os estudantes com esses tipos de ferramentas.

Após a realização das aulas teóricas e de utilização da ferramenta TestLink, o grupo de controle realizou uma atividade “tradicional”, que foi uma lista de exercícios disponibilizada no ambiente Moodle. O grupo experimental realizou a atividade alternativa, que foi jogar o JETS, sendo que os estudantes pertencentes ao mesmo iniciaram as atividades de utilização do jogo no laboratório de informática. Os primeiros 30 minutos de aula foram destinados a orientações e sobre o mundo virtual e o jogo, e os 60 minutos restantes para os estudantes jogarem. Após este primeiro momento, os estudantes poderiam continuar simulando as atividades do jogo fora do horário escolar.

Durante a aplicação do jogo, foi observado grande interesse por parte do grupo. Inicialmente, foi exibido um vídeo do jogo e, em seguida, foi explicado o funcionamento de uma ferramenta visualizadora de mundos virtuais. Os estudantes foram instruídos sobre as formas de visualização e sobre como “andar”, “voar”, se comunicar e editar seu avatar (personagem) no jogo. No início, os estudantes se dispersaram um pouco (e se divertiram bastante) com as diversas possibilidades de edição do avatar, a possibilidade de voar e de interagir com os colegas de uma maneira diferente daquela que ocorre no dia a dia. A intenção aqui era criar um ambiente coeso, para que os alunos se sentissem à vontade em usar o jogo e colaborar com os seus colegas, sem imposição de regras rígidas.

Mas, após algum tempo, passaram a se concentrar nas atividades do jogo. Algumas dúvidas sobre os desafios surgiram, mas os estudantes preferiram fazer as perguntas diretamente ao professor, apesar de estarem *online* no jogo, sendo que a maior parte da comunicação com os colegas também ocorreu fora do mundo virtual. Isso pode ser explicado pelo fato do jogo ter sido aplicado em um laboratório, onde os estudantes e o professor estavam praticamente lado a lado. No entanto, frisou-se que qualquer dúvida relativa ao conteúdo do jogo em si deveria ser discutida dentro do JETS, de tal modo que os aspectos interativos da aplicação não ficassem prejudicados.

É importante observar que a aplicação do jogo se estenderia durante várias aulas; além disso, era permitido e, até mesmo, incentivado, que os estudantes acessassem o ambiente fora do horário escolar. Neste momento, verificou-se a seguinte situação: quando os estudantes acessavam sincronicamente, a cooperação entre eles era realizada através de conversas *online*, principalmente em relação a dúvidas ou questionamentos. No entanto, não havia um mecanismo que permitisse uma forma de cooperação ou colaboração assíncrona, tal como definida por [48]. A economia da colaboração (*Collaboration Economy*) define uma situação de “troca de presentes” como uma transferência de serviços inalienáveis (como, por exemplo, uma dica para ultrapassar uma determinada fase do jogo) entre os negociantes envolvendo uma difusa, e geralmente subentendida, necessidade de retribuição em algum momento do futuro.

Este tipo de ferramenta pode fomentar uma memória de grupo, que pode armazenar o conhecimento necessário e compartilhado para o desempenho das atividades do grupo, fornecendo acesso rápido a informações internas e pertinentes ao grupo; capturando, armazenando e integrando conhecimento; e provendo uma forma de conhecimento que posso evitar a paralisação de uma atividade por causa da perda deste. No caso específico do jogo, caso um estudante estivesse *paralisado* em uma parte do jogo, ele poderia consultar a memória do grupo para encontrar alguma dica ou informação que lhe impulsionasse para a próxima fase.

Desta forma, está sendo criado, no JETS 2.0, duas ferramentas para sanar estas questões: (a) um mural compartilhado e de preenchimento automático, indicando a situação, dentro do jogo, de cada um dos participantes – este mural, além de servir como estímulo para que todos sintam-se engajados em alcançar os mesmos objetivos dos demais, também tem a função de informar quem já cumpriu cada objetivo, o que é importante para que um estudante saiba a quem recorrer; (b) e um fórum de perguntas e respostas, onde é possível discutir e deliberar, de forma assíncrona, os problemas apresentados em cada fase do jogo.

Em geral, os estudantes demonstraram motivação e envolvimento com o jogo. Alguns, inclusive, perguntaram sobre a disponibilização do jogo fora do período de avaliação, sendo que um dos estudantes comentou que gostaria de jogá-lo nas férias. Com base nesses relatos, as expectativas da experiência foram excedidas, pois os estudantes mostraram interesse em jogar o JETS também fora do contexto de aula.

Ao final do período estabelecido para que pudessem passar por todas as etapas, os estudantes do grupo experimental foram convidados a responder um questionário sobre suas percepções em relação ao mesmo. Como proposto no *framework* citado, os estudantes responderam a essas perguntas com números de 1 a 4, sendo 1 equivalente a sim e 4 equivalendo a não.

Sobre a questão 1 (Você gostou do jogo?) pode-se perceber que a maioria dos estudantes respondeu que gostou do JETS e apenas um respondeu “mais para não”. Os trabalhos correlatos de [9], [37], [39] e [49] apresentam experimentos que mostram que a maioria dos estudantes também gostou de jogar os respectivos jogos, o que confirma o potencial educacional dos jogos na educação.

Todos os jogos possuem objetivos e no caso dos jogos sérios também são incluídos os objetivos de aprendizagem. Com relação à questão 2 (Os objetivos de aprendizagem foram atingidos com o jogo?), todos os estudantes deram respostas positivas, “sim” ou “mais para sim”, logo, conclui-se que todos os estudantes aprenderam sobre Estratégias de Teste de Software com a utilização do jogo. Ainda, resultados positivos em relação aos objetivos de aprendizagem também foram obtidos por [37]. Isso é importante, pois os estudantes não gostam de atividades nas quais acham que nunca terão sucesso, logo, eles devem se sentir aptos a alcançar os objetivos do jogo [26].

A questão 3 (O conteúdo do jogo foi relevante para o aprendizado?) teve, em sua maioria, respostas positivas – apenas um estudante respondeu “mais para não”. Já a questão 4 (A sequência de tópicos do jogo foi adequada?) obteve apenas respostas positivas, o que indica que a distribuição das fases do jogo foi acertada. Logo, é possível afirmar que o design instrucional foi bem definido e que o design do jogo foi bem elaborado. No desenvolvimento de jogos sérios, é fundamental o

equilíbrio entre as exigências do design do jogo e dos requisitos educacionais, de modo que ambos são importantes e devem se relacionar afim de que culminem em um jogo divertido e que também permita resultados de aprendizagem [26] [50].

Em relação à questão 5 (O jogo forneceu informação suficiente sobre o assunto?) houve duas respostas negativas e apenas um “sim”. Isso pode indicar que apenas os slides da aula disponíveis na “sala de reuniões” do ambiente de jogo e a presença do professor não sejam suficientes para alguns estudantes. A partir dos comentários registrados na avaliação, observou-se que os estudantes, quando orientados pelo professor sentiram-se mais aptos a realizarem as tarefas. No entanto, quando atuando sozinhos no ambiente, argumentaram faltar comunicação e interação com uma espécie de moderador do ambiente. Uma possibilidade para minimizar esta carência é o uso de *chatbots*, que é um tipo de agente que simula conversas inteligentes com um ou mais usuários humanos [51]. Esses agentes podem ser usados para auxiliar os estudantes, fornecendo informações sobre o conteúdo pedagógico. Ainda, segundo [51], o uso de agentes pode auxiliar os professores no monitoramento de atividades e também aumentar a satisfação e a eficiência didática dos estudantes no contexto de *e-learning*.

Considerando esta fragilidade, encontra-se em desenvolvimento para a versão JETS 2.0, avatares inteligentes, que atuarão como agentes companheiros, seguindo a arquitetura de agente *companion* de Vygostsky [52], que constrói o conhecimento através de um relacionamento com as pessoas, fazendo com que se envolvam em interações mais ricas e gratificantes. Para a integração dos agentes com o ambiente OpenSimulator, optou-se por utilizar o visualizador Radegast, que é implementado na Linguagem de programação C# e possui uma base de conhecimento em AIML (Artificial Intelligence Markup Language).

Na questão 6 (O grau de dificuldade do jogo foi adequado para o aprendizado?) a maioria dos estudantes apresentou respostas positivas, mas houve uma resposta “mais para não” e uma abstenção. De qualquer forma, essa é uma questão que pode ser facilmente resolvida, pois o jogo permite a edição dos desafios, portanto, o nível de dificuldade pode ser alterado de acordo com a turma. Com relação à questão 7 (A duração do jogo foi adequada?), apenas um estudante achou a duração do jogo inadequada, mas isso também pode ser ajustado pelo professor, criando ou removendo desafios nas fases. Alguns estudos destacados por [53] indicam que alguns estudantes perdem o interesse no jogo quando ele é muito complexo ou muito longo. O JETS está em conformidade com essas questões.

Sobre a questão 8 (O método de ensino do jogo foi adequado?), observa-se que a maioria dos estudantes respondeu “sim” para a pergunta, o que confirma o uso da abordagem de aprendizagem baseada em jogos como positiva. Segundo [11], nos últimos anos, observam-se mudanças no meio educacional, como o emergente método de ensino utilizando jogos, o que indica à vontade e a necessidade de mudar o processo e o ambiente de ensino-aprendizagem.

A questão 9 (A contextualização apresentada pelo jogo foi adequada?) apresentou somente respostas positivas por parte dos estudantes, o que indica que a narrativa e o ambiente realístico do jogo fornecem uma contextualização adequada entre o conteúdo de Teste de Software e o jogo. O que é muito relevante, pois a narrativa permite que o jogador deixe de ser um agente passivo e

passa a ser um participante da trama. Os recursos gráficos e computacionais possibilitam, ainda, o enriquecimento do enredo, criando uma atmosfera de imersão no jogo [54]. Assim, a contextualização do jogo tem um papel fundamental no envolvimento do estudante. Além disso, ao se perceber como elementos de um grupo – funcionários de uma mesma empresa –, os jogadores/usuários eram incentivados, mesmo que indiretamente, a colaborar uns com os outros para que todos pudessem alcançar o objetivo final.

Na questão 10 (Você gostou de jogar o JETS?), apenas dois estudantes deram respostas negativas (“não” e “mais para não”). Apenas um respondeu “mais para sim” e todos os demais responderam “sim”. Logo, a maioria gostou de jogar o JETS, o que indica que é uma atividade atrativa e divertida, podendo representar um fator motivacional no processo de ensino-aprendizagem. Esse resultado corrobora as afirmações de [18], [25], [55] e [16] em relação à motivação adquirida pelos estudantes ao realizar atividades de jogos.

Com relação à questão 11 (Você preferiria realizar uma atividade tradicional, como uma lista de exercícios, ao invés de jogar o JETS?) a grande maioria respondeu que não preferiria realizar uma atividade tradicional ao invés de realizar uma atividade com o jogo sério JETS. Cabe destacar que apenas um único estudante que respondeu sim a pergunta 11, forneceu respostas positivas na maioria das outras questões. Isso indica que, apesar de ele ter gostado do jogo e ter atingido os objetivos de aprendizagem, provavelmente, possui um estilo de aprendizagem que se adapta melhor à abordagem tradicional.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo principal apresentar o desenvolvimento e avaliação de um jogo sério imerso em um ambiente virtual colaborativo tridimensional, como apoio ao ensino e aprendizagem de teste de *software*. O jogo, denominado, JETS – Jogo da Equipe de Teste de *Software* abrange o conteúdo de estratégias de teste de software, no entanto, pela possibilidade de integração do Moodle ao jogo, o professor pode adaptar os desafios, contemplando diferentes conteúdos do currículo, com níveis de dificuldade desejados para mudança de fase.

Outro grande diferencial do JETS é a possibilidade de exportação dos Casos de Teste desenvolvidos no jogo para a ferramenta TestLink, que é uma aplicação web de código aberto para gerenciamento de atividades de Teste de Software, o que permite a experiência do estudante com uma ferramenta utilizada por profissionais no mercado de trabalho.

O JETS, por utilizar um ambiente 3D, proporcionado pelo mundo virtual OpenSim, permitiu a construção de cenários realísticos e simulação do setor de Teste de Software de uma grande empresa, dando uma noção ao estudante sobre o ambiente profissional e possibilitando aplicação dos conhecimentos de Teste de Software em um ambiente controlado, de modo que se pode cometer erros sem o custo que haveria no mundo real.

Destaca-se como contribuição deste trabalho, a apresentação de uma abordagem que pode agregar diferentes estratégias de ensino-aprendizagem, de modo que se adaptem a diferentes cursos de graduação na área de computação. Nesse contexto, esta abordagem vai ao encontro das recomendações relacionadas ao ensino, descritas nas Diretrizes Curriculares para Cursos de Graduação na Área de Computação [45], utilizando conceitos de

aprendizagem baseada em jogos por meio da plataforma de um mundo virtual.

Apesar do JETS ter sido concebido de forma que possa ser jogado individualmente por um estudante, este não era seu propósito original. A partir da primeira utilização do mesmo em sala de aula, foi buscado uma abordagem de avaliação que reforçasse os aspectos de colaboração entre os estudantes, ao integrarem uma equipe de testadores de software na resolução de problemas e promoção de cargos dentro de uma empresa fictícia.

Após a análise, verificou-se que seria possível potencializar os aspectos colaborativos do jogo através da implantação de um mecanismo de cooperação assíncrona (fórum de perguntas e respostas) e elementos de percepção sobre o estado dos demais participantes da equipe (mural). Ainda, conforme [56], a interação é considerada característica essencial para a eficácia da aprendizagem colaborativa. Para os autores, ela deve ser estimulada pelo professor, para que os estudantes possam se sentir à vontade para colaborar, com suas opiniões e conhecimento, construindo, desta forma, relações sociais e, desenvolvendo uma comunicação saudável entre o grupo. A partir dos relatos dos estudantes avaliados, foi possível observar que a falta da presença do professor (ou de um moderador) durante as interações a distância, ocasionou certa fragilidade no desenvolver das atividades. Espera-se suprir esta carência através dos agentes de *software* (avatars inteligentes) que encontram-se em desenvolvimento.

## 9. REFERÊNCIAS

- [1] Institute Of Electrical And Electronic Engineers Computer Society; Association For Computing Machinery. *Curriculum guidelines for undergraduate degree programs in Computer Engineering*, 2004.
- [2] Myers, G. J. et al. *The art of software testing*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2.ed. 2004.
- [3] Pressman, R. S. *Engenharia de software: uma abordagem profissional*. Porto Alegre: AMGH, 7.ed. 2011.
- [4] Hass, A. M. J. *Guide to advanced software testing*. Boston: Artech House, 2008.
- [5] Kanij, T.; Merkel, R.; Grundy, J. A preliminary study on factors affecting software testing team performance. In: *International Symposium On Empirical Software Engineering And Measurement*, 5., 2011, Banff.
- [6] Wangenheim, C. G.; Silva, D. A. Qual conhecimento de engenharia de software é importante para um profissional de software? In: *Fórum De Educação Em Engenharia De Software*, 2., 2009, Fortaleza.
- [7] Stroustrup, B. What should we teach new software developers? Why?. *Communications of the ACM*, v.53, n.1, jan. 2010.
- [8] Astigarraga, T. et al. The emerging role of software testing in curricula. In: *Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills For Complex Global Environments*, 1., 2010, Dublin.
- [9] Diniz, L. L.; Dazzi, R. L. S. Jogo para o apoio ao ensino do teste de caixa-preta. In: *Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação*, Aracaju, SE, 2011.
- [10] Fuks, H; Raposo, A; Gerosa, M. A. *Engenharia de Groupware: Desenvolvimento de Aplicações Colaborativas*,

- In: XXI Jornada de Atualização em Informática, V2, Cap. 3, ISBN 85-88442-24-8, p 89- 128, 2002, Rio de Janeiro. Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Florianópolis, 2002.
- [11] Pivec, M. Play and learn: potentials of game-based learning. *British Journal of Educational Technology*, v. 38, n. 3, p. 387-393, 2007.
- [12] Scaico, Pasqueline Dantas, et al. "Combinando Diversão e Educação: Castelo dos Enigmas, um Jogo Sério para o Ensino de Algoritmos." XXII SBIE-XVII WIE (2011).
- [13] Sidhu, M. S. Technology-assisted problem solving for engineering education: interactive multimedia applications. Hershey: Engineering Science Reference, 2010.
- [14] Prensky, M. Digital game-based learning. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [15] Freitas, S.; Liarokapis, F. Serious games: a new paradigm for education? Serious games and edutainment applications. London: Springer, 2011.
- [16] Garris, R.; Ahlers, R., Driskell, J. E. Games, motivation, and learning: a research and practice model. *Simulation & Gaming*, v. 33, n. 4, p. 441-467, dez. 2002.
- [17] Pivec, M.; Dziabenko, O. Game-based learning in universities and lifelong learning: "UniGame: social skills and knowledge training" game concept. *Journal of Universal Computer Science*, n. 1, v. 10, p.14-26, 2004.
- [18] Mattar, J. Games em educação: como nativos digitais aprendem. São Paulo: Person, 2010.
- [19] Kishimoto, T. M. O jogo e a educação infantil. São Paulo: Thonson, 2008.
- [20] Abt, C. C. Serious games. Boston: University Press of America, 1987.
- [21] Michael D.; Chen, S. Serious games: games that educate, train and inform. Boston: Thomson Course Technology, 2006.
- [22] National Research Concl. The rise of games and high-performance computing for modeling and simulation. Washington: The National Academies Press, 2010.
- [23] Serious Games Initiative. Website. Disponível em: <<http://www.seriousgames.org>>
- [24] Riedel, J. C. K. H.; Hauge, J. B. State of the art of serious games for business and industry. In: International Conference On Concurrent Enterprising, 17., 2011, Aachen.
- [25] Papastergiou, M. Digital Game-Based Learning in high school computer science education: impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, v. 52, n. 1, p.1-12, 2009.
- [26] Bachen, C. M.; Rapahel, C. Social flow and learning in digital games: a conceptual model and research agenda. In: Serious games and edutainment applications. London: Springer, 2011.
- [27] Raposo, A. B. Ambientes Virtuais Colaborativos. In: *Sistemas Colaborativos* (Org. Pimentel, M; Fuks, H). Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- [28] Guimarães, M. P.; Mota, T.; Oliveira, O. (2006) Lego Cooperativo: construindo modelos LEGO de forma colaborativa em um ambiente virtual imersivo, interativo sob o paradigma educacional construtivista. *Revista Hifen*, Vol. 30, n. 58, II semestre, PUC-RS.
- [29] Savin-Baden, M. A practical guide to using Second Life in higher education. New York: McGraw-Hill, 2010.
- [30] Azevedo, E. et. al. Desenvolvimento de jogos 3D e aplicações em realidade virtual. Elsevier: Rio de Janeiro, 2005.
- [31] Osório, F. S.; Musse, S. R.; Santos, C. T.; Heinen, F.; Braun, A. e Silva, A.T. S. (2004). "Ambientes Virtuais Interativos e Inteligentes: Fundamentos, Implementação e Aplicações Práticas". XXIV Congresso da SBC – JAI 2004. Tutorial. Salvador, Bahia.
- [32] Monsalve, E. S. et al. Teaching software engineering with SimulES-W. In: Ieee-Cs Conference On Software Engineering Education And Training, 24., 2011, Honolulu.
- [33] Navarro, E.; Hoek, A. Multi-site evaluation of SimSE. In: Technical Symposium On Computer Science Education, 40., 2009, New York.
- [34] Benitti, F. B. V.; Molléri, J. S. Utilização de um RPG no ensino de gerenciamento e processo de desenvolvimento de software. In: Workshop Sobre Educação Em Computação, 16., 2008, Belém do Pará.
- [35] Vargas et. al. Desenvolvimento de um jogo de empresa baseado em agentes de software e instituições eletrônicas para simulação de elicitação de requisitos de software. In: Workshop Sobre Educação Em Computação, 18., 2010, Minas Gerais.
- [36] Resende, R. et al. SPARSE: um ambiente de ensino e aprendizado de engenharia de software baseado em jogos e simulação. In: Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação, 21., 2010, João Pessoa, PB
- [37] Gonçalves, R. Q.; M. Thiry; A. Zoucas. Avaliação da aprendizagem em experimentos com jogo educativo de engenharia de requisitos. In: Simpósio Brasileiro De Qualidade De Software, 10., 2011, Curitiba, PR
- [38] Pötter, H.; Schots, M. InspectorX: um jogo para o aprendizado em inspeção de software. Fórum De Educação Em Engenharia De Software, 4., 2011, São Paulo
- [39] Silva, A. C. Jogo educacional para apoiar o ensino de técnicas para elaboração de testes de unidade. 2010. 179f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2010.
- [40] Toro-Troconis, M. et. al. Design and delivery of game-based learning for virtual patients in Second Life: initial findings. In: Peachey, A. *et al.* (Ed.). Researching learning in virtual worlds. London: Springer, 2010.
- [41] Wang, T.; Zhu, Q. A Software engineering education game in a 3-D online virtual environment. In: Interna Tional Workshop On Educa Tion Technology And Computer Science, 1., 2009, Wuhan.
- [42] Sturgeon, T.; Allison, C.; Miller, A. Exploring 802.11: real learning in a virtual world. In: Frontiers In Education Conference, 39., 2009, San Antonio. Anais... San Antonio, 2009.
- [43] Soares, Gabriel Cândido, João Batista Mossmann, and Marta Rosecler Bez. HIT CO-OP–Um Jogo Colaborativo

Utilizando Kinect.Proceedings of SBGames 2013, São Paulo.

- [44] F. M. Silva, Concepção e Realização de Um Modelo Computacional de Jogos Interativos no Contexto de Aprendizagem Colaborativa, Dissertação (Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2008,
- [45] Brasil. Diretrizes Curriculares dos cursos de Bacharelado em Ciência da Computação, Engenharia de Computação, Engenharia de Software e Sistemas de Informação e dos cursos de Licenciatura em Computação. 2003.
- [46] Comissão De Especialistas De Ensino De Computação E Informática. Diretrizes Curriculares de Cursos da Área de Computação e Informática. 1999.
- [47] Kochanski, D. Um framework para apoiar a construção de experimentos na avaliação empírica de jogos educacionais. 2009. 224f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2009.
- [48] Kollock, P. The economies of online cooperation: Gifts and public goods in cyberspace. In: Marc Smith e Peter Kollock (org.), *Communities in Cyberspace*, Londres: Routledge. 2005.
- [49] Wangenheim, C. G. et al. Desenvolvimento de um jogo para ensino de medição de software. VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE, 8., 2009, Minas Gerais.
- [50] Klopfer, E. et al. Moving learning games forward: obstacles, opportunities e openness. 2009. Disponível em: <<http://education.mit.edu/papers/MovingLearningGamesForwardEdArcade.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2012.
- [51] Orlando, P; Giovanni, F. An integrated system, with natural language management, for the monitoring activities in e-learning environments. In: International Conference On Complex, Intelligent And Software Intensive Systems, 2., 2008, Catalonia
- [52] Benyon, David. *Interação Humano-Computador*. São Paulo: Pearson Brasil, 2011.
- [53] Wangenheim, C. G.; Shull, F. To Game or Not to Game? *IEEE Software*, v.26, n.2, p. 92-94, mar./abr. 2009.
- [54] Beatriz, I.; Martins, J.; Alves, L. A crescente presença da narrativa nos jogos eletrônicos. In: *Brazilian Symposium On Games And Digital Entertainment*, 8., 2009, Rio de Janeiro
- [55] Münz, U. *et al.* Motivation and learning progress through educational games. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, n. 6, v. 54 dez. 2007.
- [56] Nascimento, Karla Angélica Silva do, and José Aires de Castro Filho. "Desafios para utilização de Atividades Colaborativas em Sala de Aula: um exemplo com o Google Maps." *Jornada de Atualização em Informática na Educação 1.1* (2013): 121-141.

# Sobre as Redes de Coautoria através das edições do SBSC

Helena Araujo  
Departamento de Informática Aplicada  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil  
helena.araujo@uniriotec.br

Jussara Rodrigues  
Departamento de Informática Aplicada  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil  
jussara.rodrigues@uniriotec.br

Vânia Maria Félix Dias  
Departamento de Informática Aplicada  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil  
vania@uniriotec.br

## ABSTRACT

This paper aims to analyze the collaboration inside part of a relevant academic community that has among its objectives of research, the collaborative systems. For this study, we analyzed some scientific collaboration networks, more precisely, that ones generated from the 2004 to 2013 editions of the Brazilian Symposium on Collaborative Systems (SBSC). The specific objectives were: to identify nodes with main roles regarding to the collaboration aspects inside this community and analyze the system evolution to verify the trajectory of authors and institutions during the ten years of the event. After these analyses, we do a comparison between data found to SBSC and data found to Brazilian Symposium on Information Systems (SBSI).

## Palavras-chave

Redes sociais, colaboração científica, SBSC, coautoria, grafos.

## 1. INTRODUÇÃO

A interpretação das trajetórias de evolução de um determinado campo científico passa pela compreensão das relações que ocorrem entre os atores desse campo [1]. A análise de redes de colaboração através de coautoria em artigos publicados em periódicos ou em anais de simpósios, congressos e outros eventos acadêmicos é uma das formas de mensurar a produtividade e o grau de colaboração entre docentes e/ou pesquisadores de uma determinada área ou linha de pesquisa [2]. Por outro lado, a atuação em redes de colaboração é um meio de alavancar e aplicar a produção científica [3]. A integração de conhecimentos e competências acelera a geração de inovações à medida que amplia o horizonte dos envolvidos pela troca de experiências e pela mútua motivação para alcançar novos patamares de saber e realização. Conforme resultados de pesquisas em relação à colaboração no campo da ciência da informação, percebe-se que cada vez mais a quantidade de artigos publicados em coautoria vem crescendo, isto em diversas áreas do conhecimento, tornando a colaboração em coautoria cada vez mais formal [4]. Pelo crescimento de artigos

publicados em coautoria demonstrado em estudos, pela importância deste tipo de colaboração no desenvolvimento de pesquisas e pesquisadores e pelo apoio que a análise destas redes pode fornecer, entendemos ser de grande importância compreender melhor como estas redes se formam e atuam para verificar e proporcionar soluções adequadas em tecnologia de maneira que se desenvolvam cada vez mais.

O presente trabalho busca analisar a evolução da colaboração entre parte da comunidade acadêmica da área de informática e foi inspirado em trabalhos anteriores [5, 6, 7]. Especificamente, nosso objeto de estudo foram as redes de colaboração subjacentes às edições do Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC) ocorridas entre 2004 e 2013. Estudamos a evolução da colaboração em nível de coautoria de pesquisadores que participaram das edições do SBSC citadas, e, também, a colaboração em nível de instituições. Após a análise dos dados para o SBSC, comparamos estes com os dados encontrados para o Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI) [5].

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: Na seção 2 são definidos os conceitos básicos necessários para a compreensão da metodologia que adotamos nas análises das redes apresentadas. A seção 3 mostra a evolução das redes de coautoria do SBSC através de suas edições. Na seção 4 fazemos uma análise comparativa entre as redes acumuladas do SBSC e do SBSI. Por fim, apresentamos as considerações que julgamos mais relevantes dentro do escopo deste trabalho.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O objetivo desta seção é revisar brevemente algumas definições e propriedades de grafos [8] e métricas utilizadas para análise de redes sociais [9, 10, 11] a fim de estabelecer a terminologia e as notações presentes ao longo do artigo, facilitando assim o entendimento dos resultados apresentados nas seções seguintes.

As redes sociais têm sua organização comumente representada por grafos. Um *grafo*, denotado por  $G=(V,E)$ , consiste em um conjunto finito e não vazio  $V$  de elementos chamados *vértices* e em um conjunto finito  $E$  de pares não ordenados de elementos distintos de  $V$ , chamados *arestas*. Usualmente,  $|V|=n$  e  $|E|=m$ . Um *multigrafo* é um grafo que pode possuir arestas múltiplas, ou seja, uma ou mais arestas entre o mesmo par de vértices. Arestas múltiplas podem ser substituídas por uma aresta única com peso, sem prejuízo do seu significado. Neste caso, o *peso* de uma aresta corresponde ao total de arestas substituídas. Usamos arestas múltiplas neste trabalho para representar mais de um artigo publicado por dois autores em parceria ou mais de um relacionamento entre duas instituições, de acordo com a

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

quantidade de autores de uma instituição publicando artigos em parceria com autores de outra instituição.

O grau de um vértice é igual ao número de arestas incidentes sobre ele. Um nó é dito *isolado* quando não há arestas incidentes sobre o mesmo, sendo o valor do seu grau igual a zero. Uma sequência de vértices  $v_1, \dots, v_k$  tal que  $(v_j, v_{j+1})$  pertence a  $E$ ,  $1 \leq j < k$ , é denominado *caminho* de  $v_1, \dots, v_k$ . O valor  $k-1$  corresponde ao comprimento do caminho. Denomina-se distância  $d(v, w)$  entre dois vértices  $v$  e  $w$  como sendo o comprimento do menor caminho entre  $v$  e  $w$ . Um grafo é *conexo* se existe caminho entre qualquer par de vértices do mesmo. Caso contrário, o grafo é denominado *desconexo*. Um *componente conexo* de um grafo  $G$  é um subgrafo conexo maximal de  $G$ . Neste trabalho, chamamos de *maior componente conexo* de um grafo  $G$ , o componente conexo que possui a maior quantidade de vértices, e, caso existam dois componentes conexos com a mesma quantidade, foi utilizada a soma dos pesos das arestas de cada componente como critério de desempate.

Uma rede social pode ser representada através de grafos, onde os atores são representados por vértices e as relações entre os mesmos são expressas por arestas. A fim de identificar a influência de determinados atores nas redes sociais, diversas medidas foram propostas até o momento. As métricas utilizadas aqui são descritas a seguir.

A *centralidade de grau* de um vértice  $v$ , denotada por  $C_d(v)$ , é igual ao grau do vértice  $v$ . Segundo este critério, o vértice mais central será aquele com maior grau na rede. O grau normalizado de um vértice  $v$ , denotado por  $C'_d(v)$  pode ser obtido através da equação 1 apresentada a seguir:

$$C'_d(v) = \frac{C_d(v)}{n-1} \quad (1)$$

A *centralidade (grau) de intermediação* de um ator  $v$  é definida com base na quantidade de caminhos mais curtos entre pares de vértices do grafo que passam por ele. Se o ator  $v$  não for parte do caminho mais curto de pelo menos um par de vértices, então o valor do seu grau de intermediação é zero [9]. Esta medida nos permite identificar atores com papel decisivo na facilitação da disseminação de informação na rede (grafo) em que atuam. Seja  $g_{jk}$  a quantidade de caminhos mais curtos entre os vértices  $j$  e  $k$ , e seja  $g_{jk}(v_i)$  a quantidade de caminhos mais curtos entre os vértices  $j$  e  $k$  que passam pelo vértice  $v_i$ , a equação 2 a seguir calcula a centralidade de intermediação de um vértice  $v$ :

$$C_b(v_i) = \sum_{j < k} g_{jk}(v_i) / g_{jk} \quad (2)$$

A medida relativa ao tamanho da rede é dada pela equação 3:

$$C'_b(v_i) = \frac{C_b(v_i)}{((n-1)*(n-2)/2)} \quad (3)$$

Também podemos calcular o grau médio da rede. A soma dos graus de todos os vértices de um grafo vale  $2m$ . Portanto, o grau médio do grafo é  $2m/n$  [9].

A *centralidade (grau) de proximidade* de um nó está baseada na distância entre ele e todos os outros nós do subgrafo do qual faz parte. Quanto maior o papel de intermediação de um vértice no grafo, menor será seu grau de proximidade no subgrafo em que atua. Proximidade pode ser considerada como uma medida de rapidez, para determinar a velocidade que será necessária para difundir informações de um vértice a todos os outros nós sequencialmente [10]. O grau de proximidade nos permite identificar atores com papel decisivo na facilitação da

disseminação de informação no componente da rede em que atuam. A centralidade de proximidade de um vértice  $v_i$  é calculada pela equação 4 a seguir:

$$C_c(v_i) = \left[ \sum_{j=1}^n d(v_i, v_j) \right]^{-1} \quad (4)$$

A medida relativa ao tamanho da rede pode ser obtida com a equação 5:

$$C'_c(v_i) = (n-1) \cdot C_c(v_i) \quad (5)$$

A *densidade*  $D(G)$  de um grafo  $G$  é dada pela equação 6:

$$D(G) = \frac{m}{(n(n-1)/2)} \quad (6)$$

Teoricamente, em um grafo mais denso, a disseminação da informação dentro da rede ocorre de forma mais acelerada e eficiente.

O *diâmetro* de uma rede é igual à maior distância entre dois vértices quaisquer da rede, isto é, o diâmetro da rede é o maior caminho mais curto de  $G$  [9].

A *inclusão* representa o percentual de conectividade de uma rede e é calculada pela equação 7 a seguir. O parâmetro  $s$  corresponde à quantidade de nós isolados na rede:

$$I = \frac{n-s}{n} * 100 \quad (7)$$

### 3. SOBRE AS REDES DO SBSC

A fim de tentar avaliar sistematicamente o comportamento da comunidade em questão, foram coletados os dados dos anais do SBSC para as edições de 2004 a 2013 e cadastradas manualmente em um banco de dados. Utilizamos a ferramenta apresentada e descrita em [5] para gerar cada uma das redes analisadas. Para cada edição do SBSC foram construídas duas redes: uma para autores e outra para instituições. Além disso, geramos dois grafos evolutivos (i.e. união): um deles condensa todas as redes de autores e, o outro, as redes de instituições.

Na rede de autores, cada vértice representa um autor e existe uma aresta entre dois vértices, caso eles tenham escrito um artigo em conjunto. O peso de uma aresta representa o total de artigos publicados pelos autores extremos da aresta, em parceria. Um pesquisador que publicou um trabalho sem nenhum coautor é representado por um vértice isolado na rede. Na rede de instituições, cada vértice representa uma instituição e existe uma aresta entre dois vértices caso estes contenham autores que escreveram um artigo em conjunto. O peso de uma aresta representa o total de artigos publicados pelas instituições extremas da aresta por autor envolvido, em parceria. Uma instituição onde seus autores publicaram um trabalho sem nenhum coautor de outra instituição é representada por um vértice isolado na rede.

Por simplicidade e também por questão de estilo, utilizaremos a expressão 'participação' no evento como sinônimo de publicação nos anais do simpósio. Isto é, ao dizermos que um pesquisador participou de uma edição do SBSC, estamos afirmando apenas que o mesmo teve ao menos uma publicação nos anais do evento correspondente.

### 3.1 Rede de Autores

A rede (acumulada) de autores das edições do SBSC estudadas é composta por **484** autores, **1036** arestas e **231** artigos publicados. Num total de **55** componentes, o grau de inclusão foi de **98%** e apenas **sete** autores publicaram isoladamente. Isso demonstra que de uma forma geral, a rede de autores do SBSC publica em parceria. O grafo desta rede é apresentado na figura 1. O peso das arestas não está apresentado nos grafos aqui representados por uma questão de visualização, mas está sendo considerado em todas as análises.

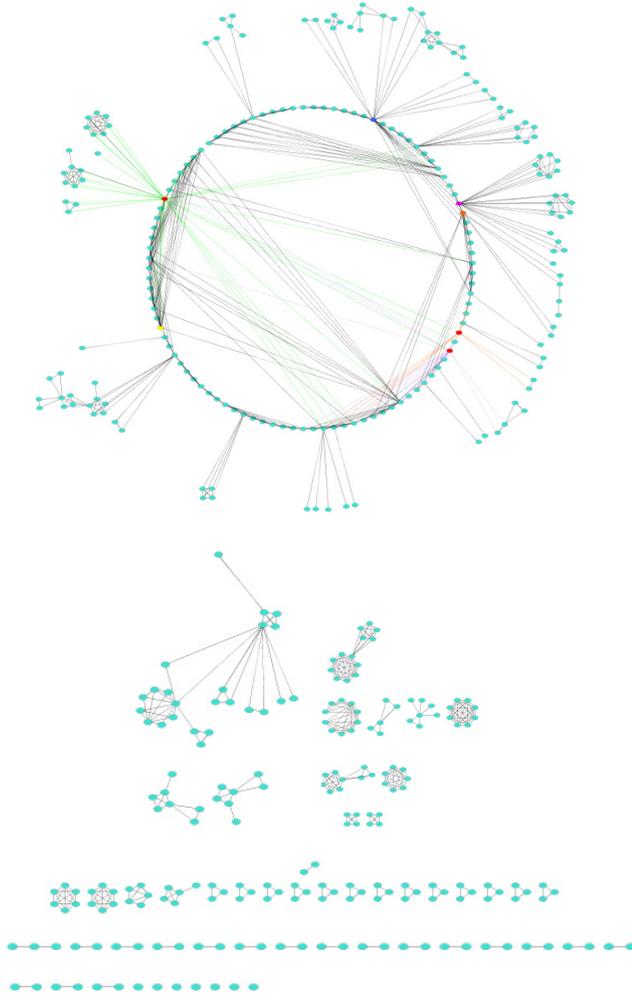


Figura 1: Grafo da rede acumulada de autores do SBSC – 2004 a 2013

Nas figuras 2 e 3 a seguir, apresentamos o detalhe para os vértices com maior grau de centralidade no grafo.

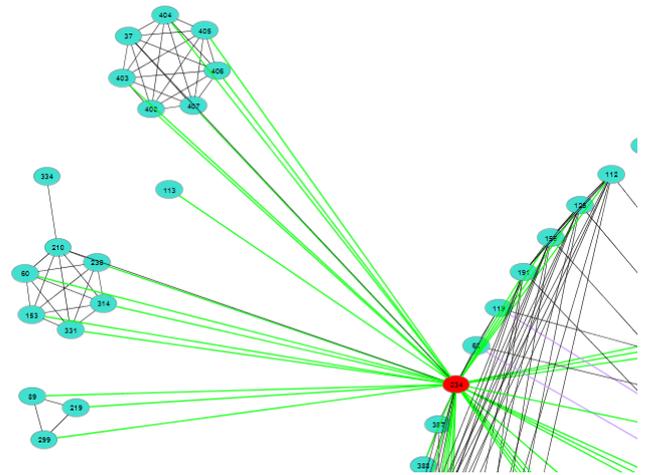


Figura 2: Detalhe para o vértice 234 (em cor vermelha) de maior centralidade de grau na rede

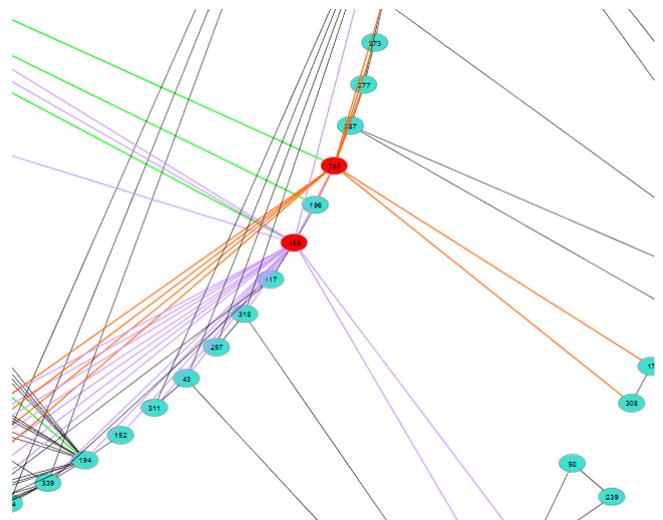


Figura 3: Detalhe para o vértice 158 que possui a segunda maior centralidade de grau na rede (vértice em cor vermelha com arestas lilases)

O maior componente conexo da rede tem **222** vértices representando **45,7%** dos autores. O segundo maior componente tem apenas **23** vértices, sendo apenas **4,7%** do total de autores. Os **nove** primeiros autores de maior centralidade de grau  $C^d(v)$  são todos do maior componente. A densidade  $D(G)$  da rede no geral foi relativamente baixa, sendo de apenas **0,01**. O maior grau da rede foi **73**, mas a média de centralidade de grau foi de **4,7**. Podemos observar que apenas **29%** dos autores estão acima do grau médio, o que pode ser explicado pela participação apenas pontual no evento de alguns membros como alunos de graduação ou pós-graduação que ao terminarem seus cursos muitas vezes não prosseguem com as pesquisas das quais faziam parte. A média de autores por artigo é **dois** e podemos perceber, através dos anais do evento, que estas relações são representadas pelos pares orientador/estudante.

Na Tabela 1, apresentamos os resultados das principais medidas para as redes de autores de cada edição do SBSC.

Tabela 1: *Evolução da rede de autores do SBSC*

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Autores	21	32	48	44	68	76	74	95	75	90
Arestas	24	53	68	90	99	134	94	212	118	167
Artigos	8	11	17	11	26	24	44	37	26	27
Inclusao	95	100	100	100	100	100	89	100	98,5	99
Densidade	0,11	0,1	0,06	0,09	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04
Diametro	2	2	3	2	3	6	3	5	4	3
Maior Comp. Conexo	5	8	11	8	20	18	14	16	19	17
Maior grau na rede	4	7	7	7	10	9	11	17	14	14
Grau Medio	2	3	2,8	4	2	3,5	2,5	4,5	3	3,7
% de autores acima do grau medio	28,5	43,75	52	47	53	45	38,5	44	33,5	41,5

Observando-se a tabela, podemos notar que, apesar da densidade da rede cumulativa ter sido relativamente baixa, no geral a densidade entre os eventos manteve-se num valor mediano, **0,05**. O grau de inclusão  $I$  se mostra alto entre as edições do evento. Apenas 2004 e 2010 tiveram um valor relativamente menor. 2010 foi a edição que teve o maior número de artigos, porém, deteve índices menores relacionados à coautoria. Já 2004 foi a edição que teve o menor número de artigos publicados e ainda assim teve um grau de inclusão maior que 2010. Tal observação nos mostra que o volume de artigos publicados em um determinado evento nem sempre pode servir como única métrica para avaliar o grau de colaboração em uma comunidade acadêmica.

O autor que mais publicou, considerando-se todas as edições, é também o mesmo que manteve a maior centralidade de grau  $C^d(v)$  em todos os eventos em que participou como autor. É representado pelo vértice **234** e é **Marco Aurélio Gerosa** que faz parte da instituição **USP**. Possui também a maior centralidade de grau na rede cumulativa, sendo o valor deste grau igual a **73**, como já citado. Este autor publicou nas edições de 2004 a 2007 e 2010 a 2013, sempre com papel de relevância no grau de centralidade  $C^d(v)$  e na quantidade destas publicações. Além disso, o mesmo faz parte do maior componente conexo da rede cumulativa, onde possui ligação direta com **15%** dos autores da rede. O segundo autor com maior centralidade de grau  $C^d(v)$  na rede cumulativa participa nas edições de 2004 a 2012 com destaque para a medida de centralidade de grau e quantidade de artigos dos quais participa e é **Hugo Fuks**, representado pelo vértice **158**. Ele faz parte da **PUC-RJ**. Os autores mencionados mostraram relevância constante na maioria das edições. Vemos também que a maioria dos autores com grau de centralidade elevada na rede cumulativa faz parceria sempre com os mesmos autores e instituições. Geralmente, quando os autores mudam de instituição fazendo parceria com outras é devido ao fato de deixarem de ser parte do corpo discente de uma instituição para fazer parte do corpo docente de outra, como já identificado em trabalho anterior sobre o SBSC [6]. Mas há exceções. Uma delas é o autor representado pelo vértice **186** (**José Maria David Nazar**). Este autor publicou em **seis** edições do SBSC. Na rede cumulativa obteve centralidade de grau igual a **30**, o quarto maior valor. Ao observar por quais instituições este autor esteve vinculado, vemos que ele colaborou com quatro instituições diferentes, fazendo parceria com diversos autores na rede em edições distintas.

Ainda sobre a constância na participação do evento, **75%** dos autores participaram apenas de uma edição. O autor que apresentou maior grau de centralidade  $C^d(v)$  na comunidade, representado pelo vértice **234**, publicou em **oito** edições do evento. O segundo autor de maior grau de centralidade na rede, o vértice **158**, participou de **nove** edições do evento, estando ausente somente em 2013. Nenhum autor publicou em todas as edições, embora três autores tenham publicado em quase todas as edições - nove no total. Entre eles encontra-se o próprio vértice **158** e os autores representados pelos vértices **240** (**Mariano Pimentel**) e **237** (**Marcos Roberto da Silva Borges**). Os autores **158** e **237** participaram dos eventos sempre pela mesma instituição, **USP** e **UFRJ** respectivamente, e o autor **240** pela **PUC-RJ** (2004 a 2006) e **UNIRIO** (2007 em diante). Vale destacar o vértice **237** pelo comportamento em que na rede cumulativa teve centralidade de grau igual a **34**, mas nas edições isoladas esta medida esteve dentro da média das redes; e o vértice **186** que apresentou na rede cumulativa centralidade de grau alta tendo participado apenas de metade das edições, e, como já citado anteriormente, participou por quatro instituições diferentes, todas elas de baixa expressividade nos eventos quanto às medidas analisadas.

Para a medida de intermediação  $C^b(v_i)$ , temos na rede cumulativa alguns dos autores que se destacaram também quanto à coautoria entre as edições do evento e em quantidade de participações. Os autores representados pelos vértices **234**, **136**, **237**, **11** e **186** aparecem nesta ordem com os valores mais expressivos para a centralidade de intermediação, comprovando a influência que estes possuem na rede de coautoria do SBSC. Entre estes autores, temos um representante da **USP** com o grau mais elevado e em segundo, um representante da **UNIRIO**.

Analisando a medida de centralidade de proximidade  $C^c(v_i)$ , avaliamos os vértices que possuem grau máximo. São **117** ao todo. Os autores que se destacaram para o grau de centralidade na rede cumulativa tiveram a centralidade de proximidade baixa. Seu papel de intermediação reduz as distâncias dos outros vértices, fazendo reduzir o grau de proximidade.

É interessante notar que o uso de métricas distintas, muitas vezes conduz a diferentes autores. Isto reforça a necessidade de usar mais de uma métrica para avaliar a relevância dos autores em redes de coautoria.

### 3.2 Rede de Instituições

A rede (acumulada) de instituições das dez edições do SBSC estudada no presente trabalho é composta por **83** instituições e **365** arestas colaborando em **231** artigos. O gráfico desta rede acumulada está representado na figura 4 a seguir com destaque para as instituições que possuem a maior (em vermelho) e a segunda maior (em verde) centralidade de grau. O peso das arestas não está representado nesta figura, mas está sendo considerado em todas as análises.



A **USP** apresenta o maior grau de centralidade  $C^d(v)$  na rede acumulada (**91**), seguida da **PUC-RJ** com **82**. É interessante notar que temos uma instituição pública e outra privada entre as de maior grau. Entre as **dez** instituições com maior centralidade na rede, o Nordeste tem **cinco** instituições representantes contra **quatro** do Sudeste, uma do Sul e outra do Norte (**UFAM**), demonstrando que não somente nas edições isoladas do evento como também na rede acumulada, o Nordeste está presente com relevância. Importante também é notar o destaque da **UFAM** como representante da região Norte entre as instituições de destaque nesta medida uma vez que a região Norte é a segunda região do Brasil com menor quantidade de instituições presentes ao evento. Vemos instituições mais jovens como a **UNIRIO** já aparecendo nesta lista (em quinto lugar), o que representa o esforço e dedicação para o desenvolvimento e aprimoramento de pesquisas na instituição. Mas vemos que, para praticamente todas as instituições, este papel de destaque no grau de centralidade e/ou a intensidade deste grau não se repete nas edições seguintes. Aqui já reparamos que o local do evento influencia um pouco esta condição. Por exemplo, em 2009 o evento foi realizado em Fortaleza/CE e vemos que duas instituições do Nordeste (**CESAR** e **UFPE**) têm destaque nesta edição. Em 2011, o evento foi em Parati/RJ e temos três instituições do Rio de Janeiro (**UFRJ**, **PUC-RJ** e **JBRJ**) com destaque na edição. No entanto, encontramos exceções. A **UFAM** (Universidade Federal do Amazonas) que aparece com destaque em 2008 e 2010, ainda que tímido, não aparece em 2013 com destaque, justamente o ano em que o evento é realizado em Manaus. Todas as instituições com destaque nesta medida são instituições de ensino sendo **60%** públicas, observando-se um relativo equilíbrio entre instituições públicas e privadas para este grau.

A **USP**, a **PUC-RJ** e a **UFRJ** são as protagonistas da intermediação da rede. Já para a disseminação de informação dentro do componente do qual fazem parte, a **UNIRIO** e a **PUC-RS** lideram a lista. Percebemos também a presença de instituições com um grau de centralidade menor como a **PUC-RS**, mas que possuem um papel de intermediação importante nos grafos e subgrafos em que atuam.

Podemos sugerir que a distribuição das regiões em relação à publicação nos eventos do SBSC seja um reflexo da distribuição econômica do próprio país, e, conseqüentemente, da ainda alta concentração de universidades na região sudeste. Acreditamos que políticas públicas como a expansão das UFs, bem como parcerias entre as instituições de destaque no SBSC com o objetivo de promover maior participação das instituições já existentes nas regiões que apresentam menor destaque nas redes de colaboração, venham a auxiliar o desenvolvimento da comunidade brasileira de pesquisadores da área como um todo, fortalecendo assim o estado da arte em linhas de pesquisa que tangem o tema Sistemas Colaborativos.

#### 4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS REDES SBSC E SBSI

Este tópico destina-se a fazer um estudo comparativo entre as redes de autores e instituições do SBSC analisadas no presente trabalho e as mesmas redes do SBSI analisadas em [5], visando ajudar a verificar se há um padrão de comportamento nestas duas redes da área de tecnologia.

As redes do SBSI foram escolhidas para estudo comparativo devido à existência de um trabalho similar para a área de Sistemas de Informação [5]. Além disso, ambos, SBSC e SBSI apresentam um retrospecto bastante parecido em termos de periodicidade e quantidade de eventos realizados. Observamos

ainda que, como as duas comunidades apresentam uma proximidade considerável, seria interessante identificar as semelhanças e as diferenças entre as mesmas, com respeito aos simpósios realizados até aqui.

Para a rede de autores, uma das características que se mostrou similar nas duas redes foi o grau de inclusão (parceria entre autores), sempre acima de **80%**, e na maioria, próximo a **100%**.

Para a medida de grau de centralidade  $C^d(v)$  e intermediação  $C^b(v_i)$  percebemos o mesmo comportamento onde com os passar dos anos estas medidas vêm aumentando significativamente. Já a densidade das duas redes mostra um comportamento de valores relativamente baixos e sem alteração expressiva entre as comunidades.

Como características contrastantes, vemos que na comunidade do SBSC os autores que mais se destacam mantêm este comportamento durante todas as edições do evento, solidificando seus papéis de centralização e hubs de informação. Já no SBSI este comportamento não foi observado, tendo autores diferentes se destacado em cada edição.

Outra característica que difere é que apesar da quantidade de autores no SBSC ser menor que no SBSI e as duas comunidades terem uma densidade relativamente baixa, o SBSC é uma rede mais densa que a segunda, mostrando que existe uma média maior de relações entre autores, mesmo tendo uma representação menor quantitativamente.

Para a rede de instituições, o SBSI apresenta mais instituições participantes do que o SBSC da mesma forma que a rede autores. Para a quantidade de artigos publicados, o mesmo ocorre apesar da edição de 2010 do SBSC apresentar uma quantidade de artigos jamais encontrada no SBSI para as edições que temos índices disponíveis. Entretanto, a inclusão na comunidade do SBSC é superior à do SBSI em praticamente todos os anos analisados. Ainda em relação à inclusão, há instituições que se comportam de maneira diferente nas duas comunidades, com maior relevância em uma do que em outra. Como exemplo, aparentemente a **PUC-RJ** tem presença e relevância mais marcantes no SBSC do que no SBSI. Mas há semelhanças também. A **UFRJ**, por exemplo, geralmente publica em parceria no SBSC e no SBSI, e reparamos que na edição em que ela publicou isoladamente em 2010 para o SBSC, procedeu da mesma forma para o SBSI.

Com relação ao tipo de instituição, tanto o SBSC quanto o SBSI apresentam majoritariamente instituições do Sudeste embora o SBSI aparente ter um equilíbrio maior neste aspecto.

Nas duas comunidades há predominância de instituições públicas de ensino. Entretanto o SBSI apresenta um maior número de instituições comerciais do que o SBSC.

Para a análise comparativa entre o SBSC e o SBSI em relação ao grau de centralidade da rede acumulada, verificamos as cinco instituições de maior grau nas duas comunidades. As Tabela 3 e 4 contém estes valores.

Tabela 3: *Grau de Centralidade SBSC*

Instituição SBSC	Grau de Centralidade
USP	91
PUC-RJ	82
UTFPR	63
UFRJ	50
UNIRIO	46

Tabela 4: *Grau de Centralidade SBSI*

Instituição SBSI	Grau de Centralidade
UFRJ	30
UFPE	19
UFMS	17
LSITEC	16
UFRGS	15

Através do grau de centralidade, percebemos que a região Sudeste se sobressai mais no SBSC do que no SBSI. Este último contém somente a **UFRJ** como representante do Sudeste entre os mais altos graus de centralidade. A **UFRJ** está presente nas duas listas sendo que possui graus de valor ligeiramente diferente nas duas comunidades. No SBSI, a região Sul apresenta maior papel de relevância.

Percebemos, entretanto, que os graus de centralidade da rede acumulada do SBSC são mais elevados que os do SBSI. Podemos denotar através destes dados que as instituições do SBSC apresentam uma intensidade maior em suas relações, com diversas arestas envolvendo seus atores de maior destaque. A diferença na inclusão das duas redes também pode ter um papel decisivo nestes valores discrepantes.

Na lista do SBSI aparece uma instituição sem fins lucrativos, a **LSITEC**, entre as de maior grau na rede. Ainda que esta instituição esteja ligada à **USP**, ela possui objetivos diferentes das outras instituições que aparecem no topo do grau de centralidade, por oferecer serviços a empresas privadas utilizando instituições científicas.

Na comparação entre o SBSC e o SBSI em relação ao grau de intermediação, os valores são mais altos para a rede cumulativa do SBSC do que para a do SBSI. Para o SBSI, todos os integrantes da lista são do Sul do Brasil, com exceção da **UFRJ**. E esta instituição é a única presente na lista dos dois eventos, confirmando que seu papel de intermediadora e difusora de informação, não se restringe a uma única comunidade. O SBSC parece contar com maior presença e relevância de instituições que contêm cursos tecnológicos mais jovens como a **UNIRIO**. Para esta medida, todos os papéis de relevância nas duas redes são ocupados por instituições de ensino, públicas e privadas, mostrando o papel da educação como disseminadora de tecnologia.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como proposta a análise da colaboração na comunidade de sistemas de informação do Brasil. Para isso, apresentamos as redes de coautoria para autores e instituições correspondentes às edições do Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC) de 2004 a 2013, com o objetivo de prover uma visão analítica de como os atores nesta comunidade interagem entre si. Para este estudo, utilizamos as métricas clássicas de análise de redes.

Percebemos que para a rede de autores, quase a totalidade publica em parceria. O valor da densidade dentro da rede não se mostrou alto, o que é normal neste tipo de rede. Notamos também que há uma constância dos atores de destaque em relação à participação nas edições do evento estudadas. O mesmo ocorre quanto à intermediação nas edições. No geral, há uma participação até certo ponto homogênea de docentes/pesquisadores de universidades e do corpo discente. Porém, os papéis de destaque nas redes são majoritariamente de membros do corpo docente/pesquisadores. O corpo discente que participa dos eventos é em geral de alunos de pós-graduação. Características quanto ao comportamento do grau de centralidade, inclusão e densidade se mostram padrão entre as comunidades SBSC e SBSI enquanto características quanto à constância de autores nestas medidas diferem entre as duas. Isso pode sugerir que alguns comportamentos podem ser tidos como um padrão para redes de coautoria.

Para as instituições, no SBSC vimos uma predominância da região Sudeste do Brasil tanto na participação dos eventos quanto no papel de destaque para a centralidade de grau e na intermediação entre instituições. O total de instituições desta região que participam das diversas edições do evento chega a quase 36%. Depois, aparece a região Nordeste, seguida da região Sul, que apesar de contribuírem com um número menor de instituições nos eventos, aparecem com representação de destaque em todos em pelo menos uma das medidas estudadas. Por último, temos a região Norte, seguida da região Centro-Oeste, que apresentam participação pequena nos eventos, embora tenham conseguido se destacar em algumas edições. Possivelmente, caso sejam implementadas eficientemente ao longo dos anos, políticas públicas como o REUNI, que tem entre os seus objetivos ampliar o alcance da educação superior no Brasil, possam vir a modificar este quadro futuramente, de modo que a diferença na distribuição da participação das instituições nos eventos se torne menos acentuada.

A instituição com o maior grau de centralidade na rede cumulativa foi a USP com grau 91 e a segunda foi a PUC-RJ com 82. Em relação ao grau de intermediação, temos também em primeiro lugar a USP e em segundo lugar a UFRJ. No geral, observamos que a intensidade de participações é maior para as instituições públicas, mas temos algumas instituições privadas com um papel decisivo na rede em algumas edições. As redes do SBSC são formadas majoritariamente de instituições de ensino embora haja participação em algumas edições, de instituições comerciais como a IBM Brasil, que em alguns eventos teve um papel de relevância na rede onde atuou. No geral, houve constância na participação das instituições embora os atores de destaque variassem um pouco entre as edições do SBSC. Comparando-se as comunidades do SBSC e do SBSI, esta última possui uma participação mais homogênea das diversas regiões do Brasil e maior relevância nas medidas estudadas para a região Sul. O SBSI apresenta também, maior participação de instituições comerciais que o SBSC.

Em relação às medidas utilizadas, notamos que o grau de proximidade se mostrou mais eficaz para a análise das redes de instituições, onde temos um número menor de componentes do que para a análise das redes de autores.

Durante a elaboração deste trabalho, vislumbramos propostas de continuidade desta pesquisa como: aprofundar o estudo das redes do SBSC, incluindo o estudo de corte de vértices para esta comunidade de forma a identificar as consequências da retirada de autores chaves dos grafos; continuar acompanhando a evolução do SBSC, do ponto de vista da colaboração entre autores, entre instituições e entre regiões do país, fazer um estudo comparativo das redes do SBSC com as redes subjacentes aos eventos anuais correlatos que ocorrem em outros países.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T.A. Guimarães, A.O. Gomes, C.C. Odelius, C. Zancan, e A.A. Corradi. A rede de programas de pós-graduação em Administração no Brasil: análise de relações acadêmicas e atributos de programas. *Revista de Administração Contemporânea*, 13(4):564-582, 2009.
- [2] M.E.J. Newman. Who is the best connected scientist? A study of scientific coauthorship networks. *Lecture Notes in Physics*, 650:337-370, 2004.
- [3] A.M. Pinto, R.R. Grangeiro, F.D. Vinhas, e T.H. Andrade. Redes de Colaboração Científica: Uma Análise das Publicações do Encontro Nacional de Pesquisadores em Gestão Social. *IV Simpósio Nacional de Pesquisadores em Gestão Social*, 4:163-180, 2013.
- [4] A.K.A. Silva, R.R. Barbosa, e E.N. Duarte. Rede Social de Coautoria em Ciência da Informação: estudo sobre a área temática de “Organização e Representação do Conhecimento”. *Inf. & Soc.:Est.*, 22(2):63-79, 2012.
- [5] E. Artmann, V.M.F. Dias. Redes sociais do SBSI e o corte de vértices como base para identificar atores importantes na coesão de grupos de pesquisa. *VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, 1:174-185, 2012.
- [6] M.A. Gerosa, I. Steinmacher, M.A.G. Silva, F.R. Cogo, A.P. Chaves. Tópicos de pesquisa e rede de coautoria no Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos. *X Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, Manaus, 2013.
- [7] A. Balestrin, J.R. Vershoore, E. Reyes Junior, O Campo de Estudo sobre Redes de Cooperação Interorganizacional no Brasil. *Revista de Administração Contemporânea*, 14(3):458-477, 2010.
- [8] D. B. West. *Introduction to Graph Theory*. Prentice Hall, Upper Saddle River-NJ, 1996.
- [9] S. Wasserman, K. Faust. *Social Network Analysis: Methods and Applications (Structural Analysis in the Social Sciences)*. Cambridge University Press, 1999.
- [10] M.E.J. Newman. The mathematics of networks. *Technical Report University of Michigan*, 2008.
- [11] M.E.J. Newman. The structure of scientific collaboration networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 98:404-409, 2001.

# Prototipação de Sistemas Colaborativos Móveis com Base na Arquitetura de Referência CReAMA: Um Estudo de Caso da Plataforma Conecte Ideias

Maison Melotti, Roberta Lima Gomes, Victor Raft Oliveira Nunes  
 Universidade Federal Do Espírito Santo (UFES)  
 Av. Fernando Ferrari, 514. CT IX. LPRM. Vitória, ES.  
 {maisonmelotti, victorraft}@gmail.com,  
 rgomes@inf.ufes.br

Marco Aurélio Gerosa  
 Universidade de São Paulo (USP)  
 Rua do Matão, 1010 - Cidade Universitária. São Paulo, SP.  
 gerosa@ime.usp.br

## ABSTRACT

Developers of mobile collaborative systems deal with many technical issues, in addition to the usual difficulties for collaborative systems development. In this paper, we evaluate CReAMA, a reference architecture defined to guide the development of component-based mobile collaborative systems, by means of its use in the development of two mobile clients of a collaborative application.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Information Interfaces and Presentation]: Group and Organization Interfaces – *Computer-supported cooperative work*.

## General Terms

Design.

## Keywords

CSCW, Mobile Collaboration, Reference Architecture.

## 1. INTRODUÇÃO

Vem ocorrendo uma mudança nos modelos de interação entre as pessoas, dando origem aos sistemas colaborativos móveis [12]. As aplicações móveis atuais estão se tornando uma parte importante das ferramentas de suporte à colaboração [13]. De acordo com Papadopoulos [30], esses sistemas possibilitam, por exemplo, que equipes cooperem enquanto estão em movimento.

É importante ressaltar que o desenvolvimento de sistemas colaborativos é intrinsecamente complexo. Sistemas colaborativos são difíceis de serem projetados e implementados visto que apresentam os desafios da área de sistemas distribuídos somados aos problemas de sistemas multiusuários [16]. De acordo com Gerosa e Fuks [15], a área de sistemas colaborativos é altamente interdisciplinar e os processos de negócio que definem a dinâmica do grupo de trabalho são difíceis de modelar e apoiar.

As oportunidades de colaborar são ampliadas pela computação móvel [12] e essas oportunidades acarretam muitos desafios para o desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis, especialmente em termos de compartilhamento e sincronização de informação por meio de dispositivos móveis. Por exemplo, no

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

decorrer de atividades colaborativas podem ocorrer problemas indesejados devido à frequente interrupção do canal de comunicação [22]. A limitação nos recursos computacionais de dispositivos móveis pode atrapalhar operações já iniciadas, devido, por exemplo, à necessidade de mais dados que ainda não foram totalmente transferidos para o dispositivo.

Novos paradigmas de colaboração precisam ser desenvolvidos para levar em conta fatores como a disponibilidade do usuário, a variabilidade em recursos dos dispositivos e a conectividade de rede não confiável em ambientes de computação móvel [23]. Outro problema está relacionado à duração do período em que um usuário móvel permanece conectado. Essa duração depende de vários fatores, como tempo de vida limitado da bateria, largura de banda instável das redes sem fio ou usuários em locomoção. Tudo isso pode resultar em longos atrasos ou longos períodos de interrupção para as atividades colaborativas de usuários de dispositivos móveis [22].

A mobilidade traz, portanto, novas dificuldades. Essas dificuldades são causadas em parte por requisitos mal elicitados e falta de experiência de programadores em relação a esse tipo de sistema [21]. Processos de colaboração móvel não têm sido estudados extensivamente e é difícil para desenvolvedores de software analisar e modelar esse tipo de trabalho. Métodos de análise de software tradicionais não consideram vários aspectos importantes de colaboração móvel [21]. Questões como a mobilidade dos colaboradores, as diversas tecnologias disponíveis para apoiar a mobilidade (Wi-fi, WiMax, Bluetooth, etc.) e a mudança contínua nos cenários de colaboração trazem novos desafios para o desenvolvimento desses sistemas [19].

Torna-se importante, portanto, prover suporte ao desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis por meio de um conjunto de ferramentas ou métodos que apoiem o desenvolvedor na criação desses sistemas. No contexto de sistemas colaborativos em geral, diferentes soluções são encontradas. Por exemplo, para o desenvolvimento de aplicações colaborativas na Web 2.0, foi proposto o *Groupware Workbench* (GW) [18], que fornece um ferramental baseado em componentes para encapsular as complexidades técnicas envolvidas no desenvolvimento de sistemas colaborativos. Porém, no contexto de sistemas colaborativos móveis, ainda falta arquiteturas ou plataformas para auxiliar seus desenvolvedores. São encontrados na literatura poucos trabalhos que propõem o uso de ferramentas para o desenvolvimento desses sistemas, com algumas limitações, como apresentado por Byrne [9] e Bendel e Schuster [3].

Em trabalho prévio [26], foi definida uma arquitetura de referência – denominada CReAMA (*Component-Based Reference Architecture for Collaborative Mobile Applications*) – para orientar o desenvolvimento de aplicações colaborativas para

dispositivos móveis baseadas em componentes. Uma arquitetura de referência é vista como uma forma de apresentar um padrão genérico para um projeto [38]. Com base na arquitetura, o desenvolvedor projeta, desenvolve e configura uma aplicação, prototipando-a por meio de componentes reusáveis.

Neste trabalho, estendemos a avaliação da arquitetura por meio da implementação de um protótipo de sistema colaborativo móvel que utiliza um conjunto de componentes desenvolvidos com base na arquitetura de referência.

Este artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta trabalhos relacionados ao suporte ao desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis; na Seção 3 é apresentada a arquitetura de referência; na Seção 4 é discutida a implementação, assim como a avaliação da proposta por meio de um estudo de caso; na Seção 5 são mostrados os resultados obtidos neste trabalho; e a Seção 6 apresenta conclusões e trabalhos futuros.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

O suporte ao desenvolvimento de sistemas ou aplicações colaborativas móveis geralmente é encontrado sob duas formas: tecnológica (plataformas, toolkits, etc.) e metodológica (métodos, modelos de referência, organização ou agrupamento de requisitos, etc.) [26]. Nesta seção, os trabalhos relacionados encontrados na literatura são apresentados seguindo essa distinção.

Dentre as soluções tecnológicas, algumas plataformas foram propostas para o desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis. A plataforma MUSE, realizada por Byrne [9], fornece um sistema confiável para a criação de aplicações de aprendizagem colaborativa. A plataforma contém três componentes principais: o servidor de aplicação MUSE, um conjunto de serviços de infraestrutura e o *middleware* MUSE. Como definido pelos autores, MUSE é uma plataforma MCSCSL (*Mobile Computer Supported Collaborative Learning*) para aplicações multimídia que aborda as considerações técnicas de aplicações colaborativas móveis e pedagógicas da aprendizagem colaborativa. MUSE utiliza um modelo de arquitetura orientada a serviços para facilitar a reutilização de componentes fracamente acoplados, possibilitando assim o desenvolvimento de aplicações flexíveis e reconfiguráveis, adequados a esse ambiente heterogêneo [9].

MUSE se concentra na produção de narrativa digital, e fornece um conjunto de serviços genéricos para serem utilizados por desenvolvedores. Uma das contribuições alcançadas desse trabalho é um conjunto de requisitos funcionais para plataformas MCSCSL. Assim, desenvolvedores de aplicações para aprendizagem colaborativa podem se apoiar nesses requisitos para criar novas aplicações ou plataformas melhoradas. Um ponto importante é que apesar do autor realizar uma ampla busca na literatura relacionada à colaboração móvel e ter encontrado requisitos genéricos para aplicações colaborativas móveis, o foco do trabalho está apenas na aprendizagem colaborativa por meio de narrativa digital. A plataforma não busca cumprir todos os requisitos genéricos encontrados.

No trabalho de Bendel e Schuster [3] é proposto um toolkit denominado WatchMyPhone (WMP) para facilitar a construção de aplicações colaborativas. Esse toolkit de desenvolvedor é focado na criação de aplicações de colaboração em dispositivos móveis, especialmente em aplicações de compartilhamento de interface gráfica de usuário (GUI), como visualizadores de texto em um ambiente multiusuário. É fornecido um conjunto de ferramentas, bem como uma aplicação de demonstração para edição de texto compartilhado baseada em Android [3].

O conjunto de ferramentas proposto pelo WMP é centrado no cliente e possibilita que o desenvolvedor do aplicativo se concentre na utilização de funcionalidades já desenvolvidas por meio dos chamados “componentes de desenvolvedor” (que são parte da GUI do sistema) e “componentes de suporte”, que fornecem funcionalidade como sincronização de dados e uso de protocolos de rede necessários para a colaboração [3]. Apesar das diversas funcionalidades oferecidas nesse trabalho, ainda existem muitas questões em aberto, como o tratamento de problemas relacionados à conectividade e desconectividade do usuário (consistência e sincronização) e à falta de suporte a informações de rede, bateria e sensores.

No que diz respeito ao suporte metodológico, destaca-se o trabalho de Herskovic *et. al.* [21], em que é apresentado um framework que especifica uma lista de requisitos gerais a serem considerados durante a concepção e projeto de um sistema de colaboração móvel a fim de aumentar a sua probabilidade de sucesso. O framework foi obtido com base em um levantamento de pesquisas relacionadas, bem como das experiências dos autores em desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis [21].

A literatura oferece muitas perspectivas sobre os aspectos importantes a serem considerados no desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis. Porém, de acordo com Herskovic *et. al.* [21], a maioria desses estudos está focada em uma área específica de aplicação e não considera o impacto dos requisitos gerais sobre o sucesso do projeto de desenvolvimento, nem como relacionar os requisitos com a maneira como o trabalho móvel ocorre. A ideia principal no trabalho apresentado é fornecer uma visão mais abrangente das necessidades típicas de colaboração móvel e as relações entre elas.

Ainda em relação ao suporte metodológico, o trabalho apresentado por Berkenbrock *et al.* [4] exploram requisitos específicos no que diz respeito a interfaces gráficas no projeto de sistemas colaborativos móveis. Esse trabalho também apresenta técnicas e abordagens para a construção e verificação de requisitos para interfaces gráficas.

Os trabalhos de Neyem *et al.* [28] e Herskovic *et al.* [20] apresentam diferentes tipos de suporte metodológico para *workspaces* móveis e compartilhados. O primeiro propõe um processo de desenvolvimento e várias instruções baseadas em revisão de literatura e experiência dos autores para o desenvolvimento desses sistemas. O segundo apresenta um framework com requisitos gerais que normalmente estão presentes nesses sistemas.

Trabalhos como [6], [20] e [28] também exploram alguns requisitos genéricos para colaboração móvel, assim como apresentam requisitos de domínios e cenários específicos. Esses trabalhos foram utilizados na definição da arquitetura de referência, porém, o framework apresentado por Herskovic *et. al.* [21] surge como base para a organização desses requisitos, devido à visão mais abrangente para sistemas colaborativos móveis que esse trabalho apresenta.

## 3. CREAMA: A COMPONENT-BASED REFERENCE ARCHITECTURE FOR MOBILE APPLICATIONS

CReAMA tem como principal objetivo orientar o desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis baseados em componentes. Sistemas desenvolvidos de acordo com essa arquitetura devem dar suporte ao desenvolvimento de

componentes, e à criação de aplicações colaborativas por meio da composição desses componentes. As aplicações e componentes são desenvolvidos para plataformas móveis, facilitando o uso de recursos inerentes a essas plataformas, tais como informações de sensores embarcados [26].

É importante ressaltar que a arquitetura foi definida considerando: aspectos da plataforma móvel, de sistemas colaborativos, e da própria orientação a componente. Com relação à plataforma móvel, neste trabalho optou-se por uma plataforma específica, visando-se a definição de uma arquitetura otimizada para as características da respectiva plataforma. A plataforma escolhida foi o Android, visto que se trata de uma plataforma de código aberto que vem sendo adotada por uma quantidade crescente de usuários e desenvolvedores em todo o mundo [35].

A arquitetura provê suporte ao desenvolvimento de novos sistemas baseados em componentes, considerando também aspectos relativos à comunicação com a Web (persistência, sincronização e disponibilidade de dados a partir de um serviço) [26]. Nas próximas subseções são descritos os requisitos considerados na definição da arquitetura e a origem desses requisitos.

### 3.1 Definição de Requisitos

A definição da arquitetura foi realizada em grande parte com base em um conjunto de requisitos definidos na literatura e apresentados em diversos trabalhos. Visto que se trata de uma arquitetura de referência para orientar o desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis baseados em componentes, os requisitos foram organizados de acordo com os dois principais aspectos contemplados pela arquitetura: requisitos de colaboração móvel e requisitos de desenvolvimento baseado em componentes [26].

#### 3.1.1 Colaboração Móvel

Os requisitos de sistemas colaborativos móveis levantados com base na literatura podem ser agrupados nas seguintes categorias: autonomia (usuário e aplicação), proteção, comunicação, heterogeneidade, *awareness*, suporte, hardware e interface com usuário [26]. Esses requisitos foram obtidos por meio de uma extensa busca por trabalhos na área, e são apresentados abaixo:

##### (A) AUTONOMIA DE USUÁRIO

*i.* Detecção automática de usuário [4], [6], [20], [21], [28]: a aplicação tem que coletar automaticamente e armazenar informações relacionadas à disponibilidade dos usuários. Com base nessas informações de contexto, o sistema colaborativo pode possibilitar o início de atividades colaborativas sob demanda.

*ii.* Colaboração sob demanda [20], [21], [28], [29], [31]: As aplicações devem possibilitar aos participantes trabalharem desconectados na maioria do tempo e, se for o desejado, mudar para o uso *online* sob demanda.

##### (B) AUTONOMIA DE APLICAÇÃO

*i.* Variação do contexto [28]: Alguns atributos, como a internet, acesso a servidores, indisponibilidade de serviço de GPS, etc., mudarão de um lugar para outro. A aplicação deve considerar automaticamente essas mudanças de contexto, a fim de proporcionar um apoio eficaz para a colaboração.

*ii.* Descoberta de serviço e dispositivo [21]: Serviços disponíveis e dispositivos (como telas públicas, *Smartboards*, envio de arquivos, etc.) devem ser dinamicamente detectados e integrados no ambiente de colaboração em torno do contexto de trabalho.

*iii.* Autonomia [4], [6], [28], [31]: Deve ser possível que a aplicação funcione autonomamente para considerar mudanças no contexto do aparelho e ambiente. Por exemplo, a aplicação deve perceber quando a bateria estiver acabando, com o intuito de economizá-la para tarefas essenciais.

##### (C) PROTEÇÃO

*i.* Sessões de trabalho [20], [21], [28]: A interação entre os usuários móveis deve ser protegida de modo a evitar a participação não autorizada no grupo e invalidar o acesso a recursos compartilhados entre eles.

*ii.* Privacidade do usuário [20], [21]: Cada usuário deve ser capaz de escolher quais dados compartilhar e, algumas ações a serem realizadas em particular.

*iii.* Segurança [20], [21], [28]: O trabalho de cada usuário deve ser protegido para que ninguém possa destruir o trabalho de outro.

##### (D) COMUNICAÇÃO

*i.* Mensagens síncronas [20], [21]: Quando dois usuários estiverem disponíveis simultaneamente e acessíveis, eles devem ser capazes de trocar mensagens.

*ii.* Mensagens assíncronas [20], [21]: Quando dois usuários trabalham em diferentes momentos, o sistema deve permitir-lhes enviar mensagens que eles recebem quando entrarem *online*.

*iii.* Transferência de arquivos [20], [21]: Membros de um determinado grupo de trabalho mantêm, localmente, os recursos que são relevantes para a realização de suas tarefas e em determinados momentos pode ser necessário compartilhar esses arquivos com outros usuários.

*iv.* Notificações [4], [6]: As mensagens são entregues aos usuários móveis no momento em que se conectam ao servidor/serviço. Normalmente, uma janela *pop-up* é exibida na interface do usuário para mostrar as mensagens pendentes.

##### (E) HETEROGENEIDADE

*i.* Heterogeneidade [20], [21]: Colaboração pode envolver dispositivos heterogêneos, tais como laptops, smartphones e tablets. Esses dispositivos têm recursos de hardware e capacidades diferentes de computação.

*ii.* Interoperabilidade [20], [21]: deve ser possível que o sistema entenda o significado de dados e serviços, mesmo que esses recursos sejam projetados por vários provedores.

##### (F) AWARENESS

*i.* Percepção *online* [4], [6], [20], [21], [28]: Exemplos de percepção *online* são listas de usuários conectados, locais de usuários, e atividade atuais desenvolvidas por usuários.

*ii.* Percepção *offline* [4], [6], [20], [21]: Exemplos: última modificação feita em um documento, autoria de texto.

*iii.* Percepção de transição [4], [6], [21]: Conscientização sobre as transições entre conexão e desconexão, ou a percepção de entrega de mensagens.

##### (G) SUPORTE

*i.* *Caching* [5], [21]: Quando os usuários colaboram, os dados compartilhados devem ser automaticamente salvos na aplicação cliente, a fim de fornecer a cada usuário as informações mais atualizadas para trabalhar de forma autônoma (*offline*) quando necessário.

*ii.* Resolução de conflitos [4], [5], [6], [20], [21], [24], [28]: os usuários móveis podem atualizar as informações locais sobre a aplicação móvel colaborativa quando estão trabalhando *offline*. O

sistema deve permitir a correção das inconsistências nos dados compartilhados.

#### (H) HARDWARE

*i.* Uso de recursos [4], [6], [28]: devem ser levados em conta os recursos limitados de hardware, como capacidade de armazenamento e memória, poder de processamento, tamanho da tela de entrada de dados e vida útil da bateria.

*ii.* Limitações de rede [4], [6]: devem ser consideradas as limitações de rede, como as conexões, que podem variar significativamente (em termos de atraso, largura de banda e taxa de erro).

#### (I) INTERFACE COM O USUÁRIO

*i.* *Scrolling* [4]: Devido ao espaço limitado na tela em dispositivos portáteis, muitas aplicações utilizam rolagem (*scrolling*) como um mecanismo para acessar informações que não cabem na tela. No entanto, a rolagem de tela para cima e para baixo, pode ser desconfortável para os usuários. Assim, é importante fazer o desenvolvimento de interfaces evitando-se a rolagem.

*ii.* Navegação [4]: pequenas telas podem tornar tarefas básicas, como navegação, uma tarefa difícil. Então, é importante definir uma estrutura de navegação adequada para apresentar melhor as informações, Reduzindo o número de passos necessários para executar uma tarefa para simplificar a navegação.

*iii.* Capacidade de Gerenciamento [4], [6]: um dos obstáculos em termos de usabilidade é a dificuldade de iniciar uma sessão. Então é preciso simplificar os passos para gerenciar as sessões e permitir que as tarefas sejam realizadas intuitivamente.

#### 3.1.2 Desenvolvimento Baseado em Componentes

No que diz respeito aos requisitos de desenvolvimento de software baseado em componentes, alguns deles são muito importantes para o decorrer do presente trabalho. Esses requisitos foram obtidos por meio de estudos de trabalhos sobre plataformas e frameworks orientados a componentes para sistemas

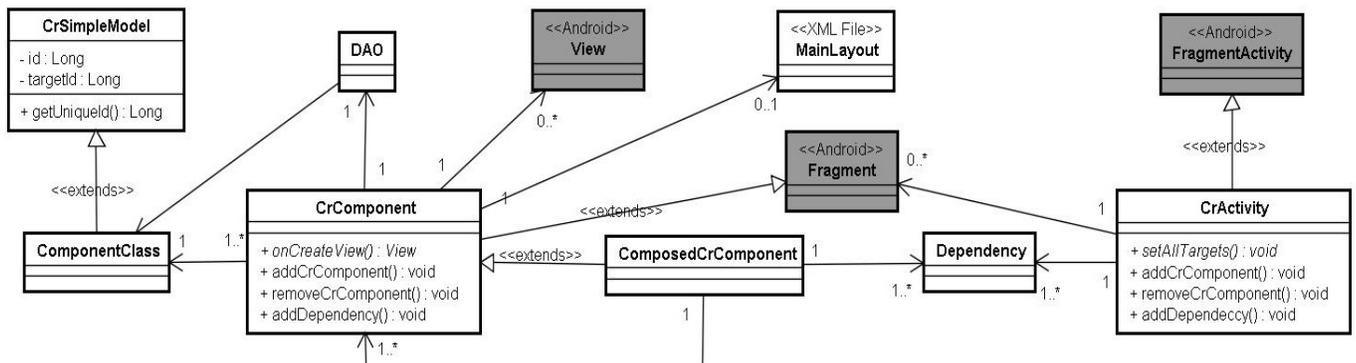


Figura 1. Agrupamento de Componentes.

*vi.* Os componentes devem estar disponíveis por meio de repositórios para facilitar o acesso rápido aos componentes pelas equipes de desenvolvimento e de manutenção ao longo do ciclo de vida do software.

## 3.2 Modelo Arquitetural

Os trabalhos relacionados mostram uma crescente adoção de arquiteturas orientadas a serviços (*Service Oriented Architecture* – SOA) para usuários móveis [34]. Com isso, CReAMA foi concebida visando o desenvolvimento de aplicações clientes, considerando um sistema colaborativo que trabalhe orientado a

colaborativos, como Gerosa [14], Michalsky [27] e Wulf *et. al.* [36], e para sistemas colaborativos móveis, como apresentado por Alaya *et. al.* [1]. Também foi considerado o cenário motivador descrito em trabalho prévio [26]. Os requisitos levantados foram:

#### (J) COMPONENTIZAÇÃO

*i.* A instalação de componentes é vista em dois níveis diferentes: (a) instalação de componentes para que desenvolvedores possam compor aplicações, e (b) instalação de componentes dentro da aplicação para que usuários possam utilizá-los. O modelo de componentes deve dar suporte a ambos.

*ii.* A maneira como é feita a utilização dos componentes deve estar devidamente documentada, escrita de maneira clara, utilizando diagramas e exemplos para facilitar o entendimento. Assim, outros desenvolvedores poderão usar os componentes para criar suas próprias aplicações.

*iii.* Um dos conceitos mais importantes em termos de componentização é o agrupamento de componentes. Esse agrupamento pode ser visto de duas maneiras: diferentes componentes gráficos agrupados em uma mesma tela, e o agrupamento lógico que diz respeito às relações e dependências entre os componentes. A maneira como esses dois tipos de agrupamento é feita deve estar devidamente documentada no modelo de componentes.

*iv.* No que diz respeito ao versionamento dos componentes, considerando que podem coexistir muitos componentes com diferentes implementações, é preciso controlar as versões e os nomes dos componentes para evitar conflitos e possibilitar a substituição dos componentes similares.

*v.* Em relação à customização dos componentes, deve ser possível modificar as configurações padrões dos componentes, como cores e fontes, por exemplo.

serviços. Assim, a arquitetura passa a ser utilizada para orientar o desenvolvimento do aplicativo móvel em si, abstraindo os aspectos internos dos serviços a serem acessados pelos aplicativos. Para facilitar o entendimento, a arquitetura foi dividida em três partes principais: orientação a componentes, sensores e infraestrutura [26].

A Figura 1 apresenta os elementos da arquitetura relacionados à orientação a componentes. Nos diagramas apresentados nesta seção, as classes definidas pela própria plataforma Android são destacadas com um estereótipo (“<<Android>>”). Vale ressaltar

que a opção por esta plataforma atende parcialmente os requisitos de “Heterogeneidade” (requisitos *E.i* e *E.ii*), visto que diferentes plataformas de hardware (entre tablets e smartphones) adotam essa tecnologia.

Cada tela da aplicação deve ser uma subclasse de *CrActivity* enquanto todos os componentes a serem utilizados são subclasses de *CrComponent*. Por meio da operação *addCrComponent()*, o desenvolvedor decide quais componentes farão parte de cada tela da aplicação. Com isso, a prototipação é facilitada permitindo que o desenvolvedor monte sua aplicação a partir de componentes já existentes (requisito *J.i*). Além disso, é possível a realização de testes em relação à interface gráfica, até que seja atingido um nível satisfatório, ou seja, a arquitetura facilita o esforço dos desenvolvedores no atendimento aos requisitos de “Interface com o Usuário”, permitindo que os mesmos construam sistemas com pouco uso de rolagem e de navegação fácil (requisitos *I.i* e *I.ii*).

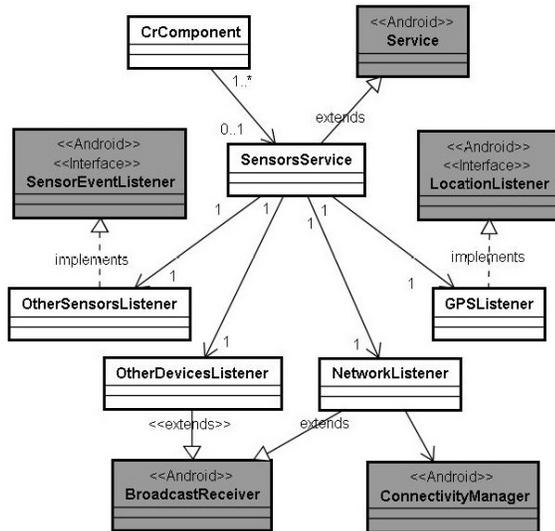


Figura 2. Serviço de Sensores.

A Figura 2 apresenta os elementos da arquitetura relacionados ao acesso a sensores da plataforma. Essa parte da arquitetura foi definida visando-se cumprir os requisitos relacionados ao uso de informações de rede, bateria, localização, etc. Os componentes têm acesso aos sensores por meio de um serviço local denominado *SensorsService*. A definição de um serviço local visa oferecer uma interface comum de acesso aos diferentes sensores da plataforma. Esse serviço principal é usado para obter informações sobre o próprio dispositivo para que estas possam ser, por exemplo, exibidas ao usuário ou enviadas via rede aos serviços do sistema colaborativo. Com essas informações, o sistema obtém informações de contexto do usuário, e pode implementar serviços que combinem essas informações.

Dessa maneira, é possível fornecer informações para desenvolvedores construírem componentes específicos para suas aplicações que satisfaçam requisitos que não são cumpridos diretamente pela arquitetura, como por exemplo, uma lista de usuários conectados (requisito *A.i*). Com essas informações é igualmente possível desenvolver componentes para satisfazer os requisitos categorizados em “Awareness” (requisitos *F.i*, *F.ii* e *F.iii*) e “Autonomia de Aplicação” (requisitos *B.i*, *B.ii* e *B.iii*).

Finalmente, a Figura 3 apresenta os elementos da arquitetura relacionados à infraestrutura. Essa parte da arquitetura foi

definida para gerenciar o acesso dos componentes da aplicação ao sistema colaborativo via rede.

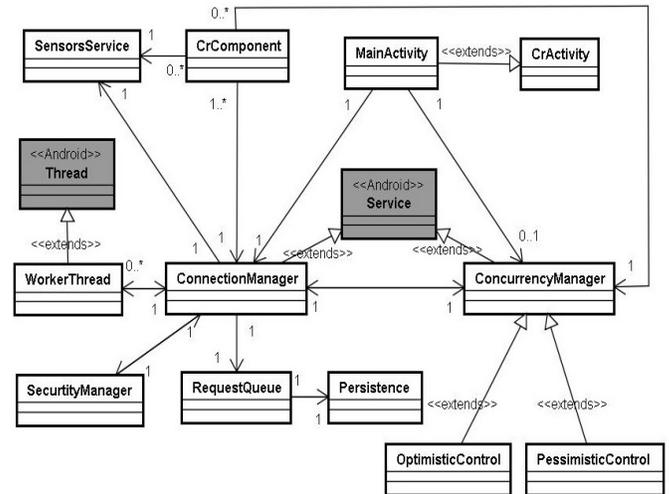


Figura 3. Organização da Infraestrutura.

A comunicação com o sistema colaborativo se faz por meio de chamadas realizadas pelos componentes aos serviços do sistema. Essas chamadas são tratadas como requisições pelo *ConnectionManager*. As requisições são atendidas conforme o escalonamento definido pela *RequestQueue*. Para cada requisição é criada uma *WorkerThread*, responsável por gerenciar essa requisição. Face às limitações de rede (requisito *H.ii*), um papel importante do *ConnectionManager* é gerenciar a intermitência no canal de conexão sem fio, visando garantir que cada *WorkerThread* consiga completar sua requisição. Se os usuários estiverem trabalhando *offline*, as requisições permanecem na *RequestQueue*. Se o usuário estiver *online* e quiser colaborar, as requisições na fila são atendidas, permitindo ao usuário escolher seu nível de participação nas atividades, cumprindo o requisito de colaboração sob demanda (requisito *A.ii*).

## 4. IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Para avaliar a arquitetura CReAMA, desenvolvida em parte em trabalho prévio [26] e aprimorada para este, foi realizada a implementação de um protótipo. Neste trabalho, foi gerado um conjunto de ferramentas denominado CReAMA Tools. Essa implementação teve como principal objetivo fornecer suporte tecnológico para o desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis baseados em componentes.

### 4.1 Metodologia

Para avaliar a arquitetura de referência, primeiramente foi realizada uma instanciação da arquitetura, denominada CReAMA Tools. A partir desse ferramental, foi desenvolvido o primeiro conjunto de componentes, chamado GW-Android [25], que é uma extensão do Groupware Workbench (GW). Depois os dois primeiros protótipos de aplicação foram desenvolvidos no contexto do GW: um sistema de perguntas e respostas e a versão móvel da rede social Arquigrafia [27].

A partir daí, foi realizada uma análise da arquitetura desenvolvida com base nos requisitos definidos anteriormente para verificar se todos os requisitos foram atendidos. Depois do desenvolvimento dos dois primeiros protótipos que serviram como prova de conceito, foi realizado um estudo que consiste

em uma comparação na utilização e não utilização de CReAMA no desenvolvimento de dois clientes do sistema colaborativo Conecte Ideias.

A comparação foi feita de duas maneiras: a primeira baseada em métricas de software para comparar os dois projetos apontando benefícios e implicações para cada métrica; e a segunda consiste em analisar características de suporte à mobilidade em cada uma das aplicações.

## 4.2 CReAMA Tools

Desenvolvido com base na arquitetura de referência, o CReAMA Tools é composto por duas partes principais: Infraestrutura (incluindo o serviço de sensores) e Component Framework.

A Infraestrutura consiste de um conjunto de serviços locais que são responsáveis por gerenciar, entre outras coisas, a comunicação, conexão, persistência e sensores. O Component Framework consiste de um conjunto de funcionalidades relacionadas aos componentes responsáveis por gerenciar, inicializar, executar, agrupar e desativar os componentes, facilitando a prototipação de aplicações colaborativas móveis.

Alguns serviços desenvolvidos são usados para acessar informações do próprio dispositivo, fornecendo ao servidor as informações de contexto do usuário, como atividades desenvolvidas, última modificação em algum documento, se o usuário está disponível, entre outras informações [26]. Apesar do estudo não abordar todos esses aspectos, com esse conjunto de serviços será possível construir componentes como lista de usuários conectados, lista de documentos alterados no dia, lista de atividades desenvolvidas por usuário de um mesmo grupo de trabalho, etc. Todos esses serviços foram desenvolvidos com base na arquitetura de referência proposta

Vale mencionar que muitos requisitos são dependentes do tipo de aplicação. Exemplos que não foram explicitamente citados são os requisitos de “Comunicação” (requisitos D.i a D.iv) e o requisito de capacidade de gerenciamento (requisito I.iii). O importante é que a arquitetura possa prover meios de se obter as informações necessárias para que a aplicação atenda aos requisitos implementando componentes, como foi citado no caso de “Awareness” e “Autonomia de Aplicação” [26].

Depois de todo o desenvolvimento, foi realizada uma análise de CReAMA Tools com base nos requisitos definidos anteriormente. Para cada requisito foi feito o questionamento: a implementação da arquitetura atende ao requisito ‘x’? Como todos os requisitos foram atendidos pelo menos parcialmente, as possíveis respostas foram: atende diretamente (AD), provê meios de atender (PMA) e atende parcialmente (AP). O resultado dessa análise é apresentado na Tabela 1.

## 4.3 Estudo de Caso

O Conecte Ideias [10] é uma plataforma que possibilita a construção colaborativa de novas ideias e soluções. Para realizar o estudo foram desenvolvidas duas aplicações clientes para o Conecte Ideias: uma aplicação desenvolvida utilizando os recursos fornecidos pelo ferramental do CReAMA Tools e uma aplicação construída sem o auxílio do CReAMA (o desenvolvedor utilizou algumas bibliotecas disponíveis na *Web*). O objetivo foi fazer uma comparação de dificuldade de desenvolvimento de cada versão para discutir as vantagens e desvantagens da utilização de CReAMA.

O trabalho foi realizado por dois desenvolvedores diferentes, cada um desenvolvendo o mesmo sistema, mas com recursos diferentes. Para o desenvolvimento do sistema móvel foram definidos os requisitos:

- Execução do login para acessar os dados da plataforma;
- Visualização de uma lista com todas as ideias da plataforma e uma lista com as ideias mais recentes;
- Visualização dos dados de ideias específicas, contendo: descrição das ideias, lista de imagens, lista de envolvidos e lista de comentários;
- Visualização dos dados de um usuário específico, contendo: lista das ideias que o usuário participa, lista de imagens do usuário e lista de atividades recentes;
- Busca de ideias a partir de *input* de usuários;
- Permitir que usuários criem novas ideias;
- Permitir que usuários adicionem comentários relacionados às ideias;

O sistema colaborativo móvel Conecte Ideias construído utilizando CReAMA Tools é composto por dois projetos: o projeto da aplicação e o projeto dos componentes. O projeto da aplicação consiste basicamente de classes que representam a interface gráfica com o usuário (CRAActivity) e esse projeto utiliza as classes do projeto de componentes para montar a aplicação. A aplicação é montada utilizando essas classes do projeto de componentes que representam componentes gráficos e podem ser acoplados e desacoplados a uma CRAActivity. A arquitetura do sistema que utilizou CReAMA e sua relação com o CReAMA Tools são apresentadas na Figura 4.

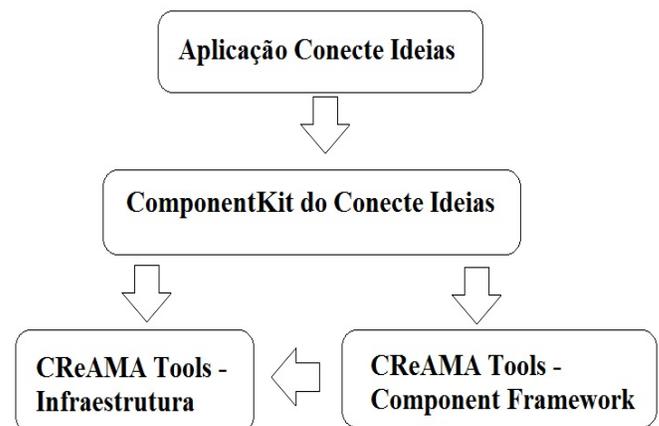


Figura 4. Relação da Aplicação e CReAMA Tools

O projeto de componentes faz referência à CReAMA Tools e o projeto da aplicação faz referência ao projeto de componentes. Vale a pena mencionar que o sistema colaborativo móvel Conecte Ideias construído sem auxílio da arquitetura de referência é composto apenas por um projeto. Nas Figuras 5 e 6 são mostradas telas dos dois sistemas móveis desenvolvidos.



Figura 5. Conecte Ideias Desenvolvido sem CReAMA



Figura 6. Conecte Ideias Desenvolvido com CReAMA

Foi realizada a comparação das duas aplicações com base em métricas de software e levando em conta características específicas da mobilidade. As métricas utilizadas neste trabalho têm relação direta com estimativa de esforço de desenvolvimento de softwares, sendo elas: *lines of code* (LOC), *number of classes* (NOC) e *weighted methods per class* (WMC). As métricas foram obtidas utilizando o *Eclipse Metrics Plugin* [11].

Das métricas relacionadas ao tamanho, a contagem de linhas de código fonte (LOC) é popular devido à facilidade de definir e discutir, de medir objetivamente e é conceitualmente familiar a desenvolvedores de software [37]. As outras duas métricas, NOC e WMC, são utilizadas pelo Modelo de Ponto de Função Orientado a Objetos (*Object Oriented Function Point* - OOFPO).

Esse modelo foi apresentado em Antoniol et al. [2] e tem como objetivo estimar o esforço de desenvolvimento em um projeto de software utilizando atributos de tamanho. De acordo com Rosenberg e Hyatt [33], métricas de tamanho afetam os seguintes atributos de qualidade de software: usabilidade, manutenibilidade e reusabilidade. Vale mencionar que essas características de qualidade são muito importantes para o presente trabalho por se tratar de uma arquitetura para orientar o desenvolvimento de sistemas orientados a componentes.

Para finalizar o estudo, foi realizada uma análise das características de suporte à mobilidade em cada um dos sistemas móveis implementados, apontando vantagens e benefícios. Os resultados da avaliação incluindo essa comparação são mostrados a seguir.

## 5. RESULTADOS

Para realizar a avaliação da arquitetura de referência, foi feita uma análise da implementação da arquitetura com base nos requisitos definidos anteriormente para verificar de que maneira cada um dos requisitos são atendidos. Para cada requisito foi feito o questionamento: a implementação da arquitetura atende ao requisito 'x'? Como todos os requisitos foram atendidos pelo menos parcialmente, as possíveis respostas foram: atende diretamente (AD), provê meios de atender (PMA) e atende parcialmente (AP). Essa análise foi realizada com um *checklist* e o resultado é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise dos requisitos atendidos na implementação

Requisitos	AD	PMA	AP
<i>Ai</i>		X	
<i>Aii</i>	X		
<i>Bi</i>		X	
<i>Bii</i>		X	
<i>Biii</i>	X		
<i>Ci</i>		X	
<i>Cii</i>		X	
<i>Ciii</i>		X	
<i>Di</i>		X	
<i>Dii</i>		X	
<i>Diii</i>		X	
<i>Div</i>		X	
<i>Ei</i>			X
<i>Eii</i>			X
<i>Fi</i>		X	
<i>Fii</i>		X	
<i>Fiii</i>	X		
<i>Gi</i>	X		
<i>Gii</i>		X	
<i>Hi</i>	X		
<i>Hii</i>	X		
<i>Ii</i>	X		
<i>Iii</i>	X		
<i>Iiii</i>			X
<i>Ji</i>	X		
<i>Jii</i>		X	
<i>Jiii</i>	X		
<i>Jiv</i>		X	
<i>Jv</i>		X	
<i>Jvi</i>		X	

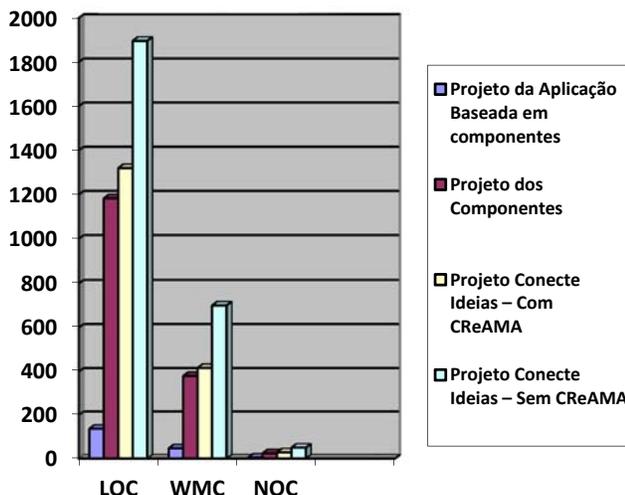
Vale mencionar que muitos requisitos são dependentes do tipo de aplicação. Requisitos de Comunicação (requisitos *Di* a *D.iv*),

por exemplo, devem ser implementados por meio de componentes e não na infraestrutura. O importante neste caso é que a arquitetura possa prover meios de se obter as informações necessárias para que os componentes de domínio da aplicação atendam aos requisitos. Outros exemplos de requisitos que se encaixam nesse caso é “Awareness” (requisitos *F.i* e *F.ii*) e “Autonomia de Aplicação” (requisitos *B.i* e *B.ii*).

Depois dessa análise, foi realizada a aplicação de métricas nos três projetos: projeto do Conecte Ideias baseado em componentes, projeto dos componentes do Conecte Ideias e o Projeto Conecte Ideias sem utilizar CReAMA. Foi realizada a soma dos dois projetos que utilizaram CReAMA e apresentado na Tabela 2 como Projeto Conecte Ideias – Com CReAMA.

**Tabela 2. Resultado da aplicação de métricas nos projetos**

	LOC	WMC	NOC
<b>Projeto da Aplicação Baseada em componentes</b>	137	47	4
<b>Projeto dos Componentes</b>	1183	380	24
<b>Projeto Conecte Ideias – Com CReAMA</b>	1320	417	28
<b>Projeto Conecte Ideias – Sem CReAMA</b>	1896	701	50



**Figura 7. Gráfico Comparativo do Desenvolvimento dos Dois Sistemas Utilizando Métricas**

Como pode ser observado, CReAMA apresentou vantagem no que diz respeito a todas as métricas. Utilizando CReAMA, a quantidade de linhas de código e classes produzidas do sistema foi muito inferior em relação ao projeto que não utilizou a arquitetura. Foram produzidas 44% menos classes e 31% menos linhas de código. Além disso, a métrica WMC apresentou um resultado 41% menor no sistema que utilizou CReAMA. É importante mencionar que de acordo com Rosenberg e Hyatt [33], quanto maior o WMC da classe, mais tempo e esforço é necessário para desenvolvê-la e mantê-la.

A segunda parte da avaliação consistiu em analisar características de suporte à mobilidade em cada uma das aplicações. A Tabela 3 mostra esses dados.

Como pode-se observar, o sistema com CReAMA dá suporte aos cinco itens enquanto o outro sistema dá suporte apenas a um dos itens. Pode-se concluir que neste estudo de caso, o uso do CReAMA apresentou vantagens. Além de produzir menos código para a aplicação, o sistema possui mais funcionalidades no que diz respeito ao suporte à colaboração móvel.

**Tabela 3. Comparação do suporte à mobilidade utilizando CReAMA (UC) e não utilizando CReAMA (NUC)**

Suporte a limitações relacionadas à mobilidade	UC	NUC
Permite a utilização do sistema mesmo sem conexão com a internet	X	
Fornecer percepção sobre a bateria do dispositivo	X	
Fornecer ao usuário as informações mais atualizadas para utilizar o sistema off-line quando necessário	X	
Interface gráfica construída com pouca rolagem	X	X
Fornecer percepção sobre mudanças de estado da rede em que o dispositivo está conectado	X	

## 6. CONCLUSÃO

Ferramentas para apoiar desenvolvedores de software são muito importantes, principalmente no que diz respeito à colaboração móvel, que é um cenário novo de desenvolvimento, que envolve uma série de complexidades técnicas e sociais. Neste trabalho foi realizada uma avaliação de CReAMA, uma arquitetura de referência para orientar o desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis orientados a componentes. Como estudo de caso, dois clientes móveis da plataforma Conecte Ideias foram implementados, um utilizando CReAMA e o outro não.

Depois do desenvolvimento desses sistemas, foi feita uma comparação para mostrar benefícios e vantagens de utilizar a arquitetura de referência proposta. Os resultados mostraram que CReAMA tem potencial para facilitar o desenvolvimento de sistemas colaborativos móveis e oferece várias funcionalidades comuns de colaboração móvel implementada pelo CReAMA tools. Como trabalho futuro, serão realizados experimentos e novas instanciações com o intuito de avaliar mais profundamente o potencial dessa arquitetura de referência.

## 7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao suporte financeiro recebido da FAPES, FAPESP, NAWEB, NAPSOL-PRP-USP e CNPq.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Alaya, M. B.; Baudin, V.; Drira, K. Dynamic deployment of collaborative components in service-oriented architectures. In: 11th International Conference of New Technologies in Distributed Systems (IEEE NOTERE, 2011).
- [2] Antoniol, G.; Fiutem, R.; Lokan, C. "Object-Oriented Function Points: An Empirical Validation", Empirical Software Engineering, vol. 8, no. 3, pp.225 -254 2003.
- [3] Bendel, S.; Schuster, D. "WatchMyPhone - Providing developer support for shared user interface objects in collaborative mobile applications", in Proc. IEEE PERCOM Workshops, 2012.
- [4] Berkenbrock, C. D. M.; Da Silva, A. P. C.; Hirata, C. M. Designing and Evaluating Interfaces for Mobile Groupware Systems. Proceedings of the 2009 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. 2009.

- [5] Berkenbrock, C. D. M.; Hirata, C. M. Uma estratégia para garantir coerência de cache e percepção em sistemas cooperativos com apoio à mobilidade. Tese de Doutorado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São Paulo, 2009.
- [6] Berkenbrock, C. D. M.; Hirata, C. M.; Fernandes, C. T.; Pichiliani, M. C. Requisitos de Usabilidade para o Desenvolvimento e Avaliação de Aplicações Cooperativas Móveis. VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos. 2009.
- [7] Borghoff, U. M.; Schilichter, J. H. Computer-Supported Cooperative Work: Introduction to Distributed Applications. Munique, Alemanha: Springer, 2000.
- [8] Buschmann, F., Henney K., Schmidt, D. C. Pattern Oriented Software Architecture, Volume 5: On Patterns and Pattern Languages. Wiley & Sons, 2007.
- [9] Byrne, P. “MUSE - Platform for Mobile Computer Supported Collaborative Learning.” Ph.D. dissertation, University of Dublin, 2011.
- [10] Conecte Ideias. Disponível em <http://conecteideias.com/>. Acesso em Maio de 2014.
- [11] Eclipse Metrics Plugin. Disponível em <http://eclipse-metrics.sourceforge.net/>. Acesso em Maio de 2014.
- [12] Filippo, D., Filho, J. V., Endler, M., Fuks, H. Mobilidade e ubiqüidade para colaboração. In: Sistemas Colaborativos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 294-315.
- [13] Fonseca, B.; Paredes, H.; Sousa, J. P.; Martins, F. M.; Carrapatoso, E. SAGA Reloaded: towards a generic platform for developing cooperative applications. 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2009). Santiago, Chile.
- [14] Gerosa, M. A. Desenvolvimento de Groupware Componentizado com Base no Modelo 3C de Colaboração. Tese de Doutorado - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática. Rio de Janeiro, 2006.
- [15] Gerosa, M.A.; Fuks, H. A. Component Based Workbench for Groupware Prototyping. 1st Workshop on Software Reuse Efforts (WSRE), 2nd Rise Summer School, 27-28 de outubro de 2008, Recife.
- [16] Gomes, R. L, Willrich, R., Rivera, G. D. H. Arquiteturas distribuídas para sistemas colaborativos. In: Sistemas Colaborativos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. pp. 328-346.
- [17] GreenDAO. Android ORM for SQLite. Disponível em <http://greendao-orm.com/>. Acesso em Maio de 2013.
- [18] Groupware Workbench. Groupware Workbench: Descrição do Projeto. <http://www.groupwareworkbench.org.br>. Acesso em Maio de 2013.
- [19] Herskovic, V., Ochoa, S.F., Pino, J.A. Modeling Groupware for Mobile Collaborative Work. IEEE Press, Los Alamitos, CA. 13th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD'09), Santiago, Chile, April 22-24, 2009, 384-389.
- [20] Herskovic, V., Ochoa, S.F., Pino, J.A., Neyem, A. “General Requirements to Design Mobile Shared Workspaces”. Proceedings of CSCWD 2008. IEEE Press. Xi’an, China. April 16-18, 2008, 582-587.
- [21] Herskovic, V.; Ochoa, S. F.; Pino, J. A.; Neyem, A. The Iceberg Effect: Behind the User Interface of Mobile Collaborative Systems. Journal of Universal Computer Science, vol. 17, no. 2 (2011), 2011,183-202.
- [22] Le, H. N.; Nygard, M. A transaction model for Supporting mobile Collaborative Works. In Proc. CTS'07: 7th International Symposium on Collaborative Technologies and Systems, 2007.
- [23] Litiu, R.; Zeitoun, A. Infrastructure Support for Mobile Collaboration. Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, vol. 1, pp.10031a, 2004.
- [24] Lukosch, S. “Seamless Transition between Connected and Disconnected Collaborative Interaction”; J.UCS (Journal of Universal Comp. Science), 14, 1 (2008), 59-87.
- [25] Melotti, M.; Gomes, R. L. Extensão do Groupware Workbench para Prototipação de Sistemas Colaborativos Móveis. Proceedings of the IX Brazilian Symposium in Collaborative Systems. Workshop de Teses e Dissertações. 2012.
- [26] Melotti, M.; Gomes, R. L.; Nunes, V. R. O.; Gerosa, M. A. CReAMA: A Component-Based Reference Architecture for Collaborative Mobile Applications. Proceedings of the X Brazilian Symposium in Collaborative Systems. 2013.
- [27] Michalsky, S. Componentes de Software no desenvolvimento de aplicações colaborativas para Web: Evolução da plataforma Groupware Workbench. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Departamento de Matemática e Estatística. São Paulo, 2012.
- [28] Neyem, A., Ochoa, S.F., Pino, J.A. “Integrating Service-Oriented Mobile Units to Support Collaboration in Ad-hoc Scenarios”; J.UCS (Journal of Universal Computer Science), 14, 1 (2008), 88-122.
- [29] Ochoa, S.F., Neyem, A., Pino, J., Borges, M. “Supporting Group Decision Making and Coordination in Urban Disasters Relief Efforts”; Journal of Decision Systems 16, 2 (2007), 143-172.
- [30] Papadopoulos, C. Improving Awareness in Mobile CSCW. Mobile Computing, IEEE Transactions on, Vol. 5, No. 10. 2006, pp. 1331-1346.
- [31] Pinelle, D., Gutwin, C. “Loose Coupling and Healthcare Organizations: Deployment Strategies for Groupware”; Computer Supported Cooperative Work Journal, 15, 5-6 (2006), 537-572.
- [32] Richardson, L.; Ruby, S. RESTful Web Services: Web Services for theReal World. O’Reilly Media Inc, 2007.
- [33] Rosenberg, L. H.; Hyatt, L. Software Quality Metrics for Object-Oriented Environments. Crosstalk Journal. 1997.
- [34] Truong, H-L, Dustdar, S. Service-Oriented Architecture for Mobile Services. In *Handbook of Mobile Systems Applications and Services*, Kumar, A. and Xie, B. editors. Auerbach Publications, 2012, 612 p.
- [35] VISION MOBILE. Developer Economics 2013-Developer Tools-the Foundation of the App Economy. Disponível em: <http://www.visionmobile.com/product/developer-economics-2013-the-tools-report>. Acesso em maio de 2013.
- [36] Wulf, V.; Pipek, V.; Won, M. Component-based tailorability: Enabling highly flexible software applications. Int. J. Hum.-Compt. Stud. 66(1), 2008, 11-22.
- [37] Yun, S. J. Productivity Prediction Model Based on Bayesian Analysis and Productivity Console. Dissertation, Texas A&M University, 2005.
- [38] Zambiasi, S. P. Uma Arquitetura de Referência para Softwares Assistentes Pessoais Baseada na Arquitetura Orientada a Serviços. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

# Modelo de Recomendação de Especialistas em Ambientes Sociais Virtuais

Diego Oliveira Rodrigues, Edeilson Milhomem da Silva  
Centro Universitário Luterano de Palmas, Dep. de Computação, Palmas, Brasil  
diegopso2@gmail.com,  
ems5@cin.ufpe.br

Jackson Gomes de Souza, Parcilene Fernandes de Brito  
Centro Universitário Luterano de Palmas, Dep. de Computação, Palmas, Brasil  
jgomes@ceulp.edu.br,  
parcilene@gmail.com

Ana Carolina Salgado, Silvio Romero Lemos Meira  
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Informática Recife, Brasil  
acs@cin.ufpe.br, srlm@cin.ufpe.br

## ABSTRACT

This paper presents an expert locator approach in social-based virtual environments. This approach uses interpersonal interactions among people and the individual's explicit knowledge in different virtual social environments (e.g. Facebook or Twitter) to infer the individual's expertise. For this, we did use different techniques, such as: similarity algorithms (e.g. Vector Models, Cosine Algorithm) and Ontologies. Thus, this approach could be used to: stimulate new relationships (e.g. coauthorship), by recommending relationships between individuals who perform similar tasks; or as a tool to manage organizational knowledge. Both applications stimulate collaboration.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Web; H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Web-based interaction

## General Terms

Algorithms, Design, Human Factors.

## Keywords

Gestão de Conhecimento, Sistemas de Recomendação, Recomendação de Especialistas; Redes Sociais.

## 1. INTRODUÇÃO

“O pesadelo da informação insuficiente que fez nossos pais sofrerem foi substituído pelo pesadelo ainda mais terrível da enxurrada de informações que ameaça nos afogar” [1]. Essa citação traz a tona um dos grandes problemas de gerenciamento de informações, o *information overload*. Esse problema consiste em um excesso de informações que dificulta a identificação das informações mais relevantes quando elas são necessárias. Tanta informação é originada pelos milhões de usuários da internet, redes sociais, dispositivos móveis e outros aparatos que facilitam a criação e compartilhamento de conteúdos principalmente através de ambientes virtuais.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

Para amenizar o problema de excesso de informações surgem serviços de informações eficientes fornecidos aos usuários dos ambientes virtuais [2]. Esses serviços se valem das técnicas de recuperação da informação que, por exemplo, permitem que seja analisado e classificado (*ranking*) um grande número de informações, facilitando o acesso dos usuários aos conteúdos mais relevantes [3]. Diferentes softwares fornecem metodologias para classificação de resultados estáticos (*i. e.* listas de conteúdos indexados), como o Apache Lucene<sup>1</sup> e o Sphinx<sup>2</sup>. Esse tipo de classificação estática é por muitas vezes ineficiente, pois não é personalizada ao problema do usuário [4].

Uma forma de fornecer informações mais específicas aos usuários é através de Sistemas de Recomendação, que aprimoram os resultados da indexação de conteúdos. Tais sistemas visam apresentar aos usuários um conjunto de itens de seus interesses [5]. Tais sistemas de recomendação já provaram ser uma importante resposta para o problema de *information overload*, uma vez que fornecem serviços de informações personalizados [6]. Este perfil do indivíduo pode ser formado de diferentes maneiras, como por exemplo, através da análise dos dados de navegação dele (*i. e.* sites visitados), ou através da análise das transações feitas por ele (*i. e.* itens adquiridos, como livros ou ferramentas).

Mesmo na presença de um conjunto personalizado de informações podem ser encontradas dificuldades para resolver problemas complexos, principalmente problemas que requerem determinado nível de experiência para serem resolvidos. Em casos como este, uma alternativa é encontrar um indivíduo com habilidades específicas, que possua essa experiência, para ajudar a resolver esses problemas [7], [8]. Esses indivíduos podem auxiliar com a solução desses problemas, pois adquiriram conhecimentos tácitos que os permitem, por exemplo, reconhecer mais facilmente as causas do problema. Esse indivíduo com habilidades específicas pode ser considerado um especialista de domínio, ou simplesmente especialista, por causa dos conhecimentos por ele adquiridos a respeito de um tema. Entende-se por especialista um indivíduo que possua um nível apropriado de conhecimento, habilidade, ou proficiência, em determinada área [9]. Neste caso diz-se que o indivíduo é especialista, ou possui *expertise*, nessa área. A *expertise* é uma característica difícil de mensurar e de nível

<sup>1</sup> Apache Lucene: <http://lucene.apache.org/>

<sup>2</sup> Sphinx: <http://sphinxsearch.com/>

variado [10] que reflete o nível de conhecimento de um especialista em uma área. Esta dificuldade de avaliação da expertise é devida a vários fatores, como por exemplo, a quantidade de informação disponível sobre as habilidades de cada indivíduo; a frequência com que cada indivíduo muda sua área de atuação, e com isso seu nível de *expertise* em determinadas áreas; e também a falta de um padrão definido para mensurar a *expertise*, pois existem diferentes abordagens de medida, no entanto não há um consenso sobre qual é a mais eficaz.

Uma maneira de auxiliar na solução de problemas altamente específicos seria através do compartilhamento do conhecimento dos especialistas. No entanto não é uma tarefa trivial realizar este tipo de compartilhamento, uma vez que o conhecimento tácito é de difícil documentação ou formalização [11]. A dificuldade de formalização desse conhecimento é devida ao seu caráter altamente pessoal, o que cria barreiras para seu compartilhamento entre indivíduos [12]. Dada essa dificuldade de formalização deste tipo de conhecimento, uma alternativa para compartilhá-lo é através da recomendação do próprio indivíduo, como especialista. Este tipo de recomendação de indivíduos especialistas se tornou um problema conhecido na literatura como recomendação de especialistas.

A fim de identificar especialistas para a recomendação, podem ser utilizadas diversas técnicas derivadas de várias áreas da computação, tais como, TF-IDF [13], que é uma análise de ocorrência de palavras-chave em uma coleção de documentos; o modelo vetorial que permite a comparação de entidades representadas por ele; ontologias, que são modelos que representam um entendimento comum, formalizado e compartilhado por um grupo de indivíduos, sobre determinada teoria de um domínio [14], [15]; dentre outras técnicas.

O presente trabalho propõe um modelo de recomendação de especialistas em ambientes sociais virtuais. A recomendação de especialistas em ambientes sociais virtuais, além de auxiliar com a solução de problemas específicos dos usuários, pode atuar como estímulo à socialização de especialistas nesses ambientes. Essa socialização ocorre uma vez que especialistas de mesma área possam ser identificados, e mutuamente recomendados, para a formação de equipes de pesquisa ou participação em eventos. Tal socialização naturalmente promove a troca de ideias, colaboração, além de criação e compartilhamento de informações dentro do ambiente social virtual [16]. A apresentação desse modelo, no presente trabalho, está organizada da seguinte forma: a seção 2 apresenta os principais processos da identificação de especialistas, em seguida a seção 3 apresenta metodologias que utilizam as técnicas mencionadas para identificação de especialista. A seguir, na seção 4, é apresentado o modelo de recomendação de especialistas proposto nesse trabalho. Por fim são apresentadas as Considerações Finais (seção 5) e Referências Bibliográficas.

## 2. RECOMENDAÇÃO DE ESPECIALISTAS

O processo de identificação de especialidades dos indivíduos permite a localização (e recomendação) de especialistas de domínio e, com isso, auxilia a localização de informações específicas para determinados cenários. Muitas vezes, apenas as informações documentadas podem não ser suficientes para fornecer uma solução a determinado problema. Nesses casos pode-se requerer informações particulares que venham a existir apenas no conhecimento tácito de um especialista de domínio.

Uma forma de utilizar sistemas de recomendação de especialistas é através do seu emprego integrado a um, ou como um, *Knowledge Management System* (KMS). KMSs são sistemas de informação responsáveis por facilitar a codificação, coleta, integração e disseminação de conhecimento organizacional [17], [18]. Tais sistemas surgiram como uma resposta à observação de que o conhecimento possuía valor organizacional limitado caso não fosse compartilhado, por exemplo, entre os membros de uma organização [19]. Em organizações, SREs atuam diretamente na disseminação de conhecimento organizacional tácito. Através da localização e recomendação de especialistas para diferentes cenários e situações. Assim, esse tipo sistema cria condições para o melhor aproveitamento das habilidades dos membros da organização e seus conhecimentos.

Como mencionado, em determinados cenários o acesso a conhecimento tácito pode ser essencial para a solução de um problema. Além do acesso ao conhecimento tácito, recorrer a informações de especialistas ainda apresenta outras vantagens como as apresentadas em [19], a saber: (1) informações mais específicas, informadas pelo especialista de acordo com a situação a ele apresentada; (2) experiência de outrem, isto é, a experiência do especialista com situações semelhantes; (3) redução da necessidade de interpretação, uma vez que o especialista pode explicar com detalhes e tirar dúvidas sobre o conhecimento em questão; (4) socialização, (em sua maioria) pessoas preferem interagir com outras pessoas ao invés de utilizarem livros ou documentos.

Cada uma das vantagens supracitadas quanto à utilização dos SREs pode surgir em diferentes contextos. De forma semelhante, diferentes contextos alteram o perfil de especialista ideal, ora pode ser necessário um especialista mais técnico para solucionar um problema aplicado, ora um mais teórico para ajudar com o entendimento de algum conceito, ora um especialista com maior disponibilidade para ajudar na solução de um problema trabalhoso e demorado. Em observância às situações como essas, diz-se que os SREs devem solucionar dois problemas [7], [20]: (1) a identificação de especialistas, e seus níveis de especialidade; e (2) a seleção de especialistas, que deve considerar a probabilidade do especialista ajudar com seus conhecimentos.

O processo de identificação de especialistas analisa informações explícitas e implícitas a fim de determinar

quais as áreas de especialidades dos indivíduos [9], [20]. Através da análise dessas informações, o processo de identificação de especialistas traça o perfil de conhecimento dos indivíduos. Antes de a análise ser completada não existe uma certeza das especialidades dos indivíduos, nesse sentido, os indivíduos analisados também podem ser chamados de **candidatos a especialistas**. O perfil de conhecimento deve representar o conjunto relevante de habilidades do candidato a especialista e permitir que estas habilidades sejam analisadas, por exemplo, com análises semânticas, estatísticas e de similaridade. A fim de encontrar provas de que essas habilidades são na verdade especialidades do indivíduo podem ser utilizadas informações de diferentes origens, como: *homepages* dos candidatos, conteúdos publicados ou marcados por eles, publicações científicas, posts em *blogs* ou redes sociais web dentre várias outras fontes de informações.

Após a identificação das especialidades dos indivíduos, o processo de seleção de especialistas determina quais os melhores especialistas para o contexto em questão. Dessa forma, a seleção de especialistas é o processo da recomendação de especialistas que permite a personalização e ordenação do conjunto de respostas [9]. Assim a metodologia utilizada para determinar o melhor especialista a ser designado para uma tarefa tem seus fundamentos alterados de acordo com o ambiente no qual opera o SRE. Em um ambiente virtual mais dinâmico (*i. e.* que é atualizado quase constantemente), como uma rede social web, o melhor especialista a ser designado poderá ser o que estiver *on-line* no momento de sua solicitação, pois a disponibilidade do usuário poderia agilizar o desempenho dessa tarefa, por exemplo. No entanto cenários diferentes podem necessitar de outros perfis de especialistas, em ambientes de incerteza (*e. g.* que envolvem segredos empresariais), por exemplo, o melhor especialista pode ser aquele no qual mais se pode confiar.

A união dessas duas tarefas, identificação e seleção de especialistas origina os SREs. Para realizá-las, como supracitado, são analisadas diferentes informações de diferentes origens. Essas informações são analisadas com o uso de diversas técnicas derivadas de outras áreas da computação, dentre outras ciências, como: Recuperação da Informação, Redes Sociais, Ontologias e etc. A seção 3 apresenta alguns trabalhos relacionados ao modelo proposto nesse trabalho e a relação de algumas das técnicas utilizadas por esses trabalhos que derivam dessas áreas.

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Diversas abordagens de identificação de especialistas estão disponíveis na literatura. Essas metodologias utilizam técnicas de recuperação da informação a fim de encontrar evidências que indiquem a *expertise* de um indivíduo em determinado domínio. Tais evidências podem ser encontradas explicitamente, em conteúdos da web, artigos científicos e etc; ou ainda implicitamente a partir da análise

de informações dos indivíduos a fim de inferir a existência de alguma especialidade.

Uma metodologia utilizada no processo de identificação de especialidades é o Modelo Vetorial, que representa conteúdos como vetores das frequências dos termos contidos neles e cria condição de compará-los entre si, por exemplo, através do algoritmo do cosseno [13]. Esse modelo permite que se estabeleça um perfil de conhecimento de determinado indivíduo a partir das representações de conteúdos ligados a ele (*e. g.* de autoria dele). Dessa forma, as especialidades do indivíduo serão evidenciadas pelos termos relacionados a ele.

O SRE exposto em [21] é um exemplo de sistema que constrói um perfil de conhecimento dos indivíduos e os compara com determinadas *queries*, por meio do Modelo Vetorial, para identificar aqueles com maior probabilidade de responder perguntas específicas em comunidades on-line de perguntas e respostas. Esse SRE utiliza duas abordagens para inferir as especialidades dos usuários da comunidade de perguntas e respostas: uma baseada em termos e outra em tópicos. A abordagem baseada em termos é a qual faz uso do Modelo Vetorial, e contabiliza os termos utilizados no histórico de respostas de cada membro da comunidade. A outra abordagem utiliza um modelo de segmentação de tópicos [22], [23] para descobrir as áreas de interesse dos membros da comunidade.

Demartini [24] também propõe um mecanismo de representação de conhecimento de usuários na Wikipédia. Para construir esses perfis são consultados os artigos editados por esses usuários. É então realizada uma análise TF-IDF sobre os conteúdos desses artigos para identificar as especialidades dos usuários. Essa análise, além de contabilizar a frequência dos termos nos artigos, busca identificar a relevância desses termos contabilizando também a frequência com que o termo se repete na base de artigos como um todo e a quantidade de artigos nos quais o termo ocorre.

Além da análise de artigos, outra fonte importante de provas de especialidades de indivíduos são suas interações sociais, como posts, comentários, atividades, avaliações e etc. Uma série de trabalhos de Fazel-Zarandi e Fox [7], [9], [25] propõe uma abordagem de segmentação de provas de especialidades. De acordo com os tipos de provas as especialidades podem ser divididas em: (1) demonstradas; (2) sugeridas; (3) desconhecidas; e (4) refutadas.

Cada um dos tipos de provas indica diferentes fontes de informações a serem analisadas. Assim, para cada um dos tipos de especialidades supracitados tem-se as seguintes exemplificações de fontes de informações:

- As **demonstradas** são aquelas obtidas por meios que garantem que o indivíduo possua determinada especialidade, como a execução de uma atividade (*e. g.* desempenho de tarefas, ministração de palestra em evento), a conclusão de um curso de especialização (*e. g.* graduação, mestrado) e etc.

- As **sugeridas** são aquelas que provém das opiniões de indivíduos em um ambiente social. Nesse caso, cada indivíduo pode sugerir que outro tenha *expertise* em algum domínio.
- As **desconhecidas** caracterizam especialidades as quais não se têm certeza que o indivíduo possua. Um exemplo de prova desse tipo de especialidade é a própria afirmação do indivíduo sobre uma especialidade sua. Isto pois, o fato do indivíduo afirmar possuir uma especialidade nem sempre comprova a existência da mesma.
- por fim, as **refutadas** são aquelas que se têm provas de que o indivíduo não possui determinada especialidade. Esse tipo de informação também pode ser extraída das opiniões dos indivíduos em uma comunidade, assim como as especialidades sugeridas. Porém, nas especialidades refutadas, as opiniões dos indivíduos negam uma determinada especialidade de outro indivíduo.

Essa segmentação de tipos de especialidades, proposta por Fazel-Zarandi e Fox foi estendida e utilizada para concepção do modelo proposto neste trabalho. Na seção 4.4 é apresentada essa extensão que utiliza técnicas de modelos ontológicos para analisar provas não explícitas de especialidades, acrescentando um novo tipo de especialidades à lista, a especialidade **inferida**.

As especialidades **inferidas** são analisadas por meio de ontologias. Outras abordagens que utilizam ontologias para identificação de especialistas também são frequentes na literatura, como o modelo de Mochol, *et. al.* [26]. Esse modelo utiliza a representação de vagas de emprego e candidatos a essas vagas, em portais de empregos, para flexibilizar as consultas (buscas) dos usuários por vagas. Essa flexibilização permite que a consulta identifique vagas de emprego relacionadas que também podem ser relevantes para o candidato a empregado.

Para determinar o conjunto de resultados relevantes para as consultas de vagas de empregos é utilizada uma técnica de pesquisa semântica que combina descrições feitas com um vocabulário controlado e conhecimento de domínio. Por fim, para classificar os resultados são utilizados “clusters temáticos” com a representação das propriedades comuns dos perfis de candidatos a empregos (*e. g.* habilidades, salários). Para definir a similaridade entre os perfis representados, e assim criar a segmentação dos *clusters*, é utilizada a similaridade taxonômica dos conceitos contidos nos perfis representados. Essa similaridade é obtida através do cálculo da distância entre os conceitos em uma hierarquia de conceitos (*i. e.* formato de representação de conceitos e sub-conceitos em estrutura de árvore).

Para adição das especialidades inferidas foi utilizado o modelo de ontologia simples. Esse formato de ontologias simples é semelhante ao da hierarquia de conceitos, no entanto é utilizada estrutura de grafo no local de uma árvore. Nessa estrutura perde-se a noção de relacionamento hierárquico entre os conceitos, de forma a impossibilitar a análise de conceitos e seus sub-conceitos, substituindo-a por pesos de relacionamentos entre os termos, que permite

análises estatísticas desses relacionamentos entre os conceitos. Essa abordagem permite que se analise, além da distância entre os conceitos, o peso atribuído ao relacionamento entre eles. A seção 4 apresenta um modelo de recomendação de especialistas que baseia-se nos quatro tipos de especialidades propostas por Fazel-Zarandi e um tipo adicional proposto.

## 4. MODELO

O modelo apresentado neste trabalho utiliza como base a divisão de tipos de especialidades de indivíduos proposta por Fazel-Zarandi & Fox [7], [9], [25], que, como citado anteriormente, classifica as especialidades em quatro tipos: (1) Demonstradas; (2) Sugeridas; (3) Desconhecidas; e (4) Refutadas. Além disso, o presente trabalho acrescenta mais um tipo de especialidade à essa lista, a Especialidade Inferida. Cada um desses tipos de especialidades é indicado, ora por uma fonte de informações diferente (*e. g.* informações fornecidas por membros de comunidades online, publicações científicas), ora por formas diferentes de analisar as mesmas informações (*e. g.* as informações fornecidas pelos membros de comunidades podem ser utilizadas tanto para identificar especialidades sugeridas, como refutadas).

A divisão de especialidades em cinco categorias foi utilizada como base para definição das heurísticas de análise das informações dos usuários a fim de descobrir quais suas especialidades. As seções 4.1 à 4.4 apresentam as metodologias utilizadas para obtenção de cada um dos níveis de especialidades em seus respectivos tipos. Para obtenção do resultado final da análise, dado pelo perfil de conhecimento do usuário e níveis de *expertise* por especialidade, é realizada uma soma ponderada dos níveis de especialidade para todos os tipos de especialidades. A seção 4.5 apresenta por completo esse processo.

### 4.1 Especialidades Demonstradas

Uma especialidade de um indivíduo pode ser considerada demonstrada quando existem provas conclusivas de que tal indivíduo a possua. O presente modelo considera que uma forma de provar as especialidades de um indivíduo é através de produções científicas relacionadas ao domínio da referida especialidade. Desse modo, a existência de produções científicas de um indivíduo em determinado domínio indica a existência de *expertise* do indivíduo naquele domínio. O nível de *expertise* do candidato a especialista indicado por suas produções científicas deve refletir a quantidade (*i. e.* número de trabalhos publicados) e a qualidade dessas publicações (*e. g.* conceito QUALIS do veículo de publicação). A quantidade de publicações, assim como a relevâncias delas, deve influenciar diretamente o nível de Especialidade Demonstrada dos autores em cada uma das áreas indicadas nas publicações

Para determinar qual o domínio da publicação científica são utilizadas as suas palavras chave. Desse modo, o

conjunto de palavras chave escolhidas pelos autores para a publicação deve determinar quais os conceitos desenvolvidos no trabalho e, conseqüentemente, as áreas de especialidades que podem ser provadas a partir daquele trabalho. Após identificar quais as áreas de especialidades serão provadas por aquela publicação é necessário encontrar o nível de especialidade fornecida pela publicação a cada autor.

Outro fator a ser observado ao analisar as Especialidades Demonstradas dos candidatos a especialista é a característica colaborativa das publicações científicas. Essas publicações, em geral, são escritas por muitos autores, logo uma questão a ser estudada é o quanto cada autor conhece sobre cada área envolvida nas publicações. Existe na literatura abordagens que também utilizam publicações científicas para identificar *expertise* de candidatos a especialista. Uma abordagem utilizada para amenizar o problema da múltipla autoria dos artigos utilizada em [27] é a divisão igualitária das especialidades indicadas por um trabalho entre seus autores. Dessa forma, é admitido que todos os autores da publicação possuem igual conhecimento sobre todas as áreas abrangidas pelo trabalho. Essa abordagem pode gerar alguns problemas, uma vez que diferentes autores possuem níveis de conhecimentos diferentes sobre os temas apresentados em uma publicação.

A abordagem de dividir igualmente a especialidade indicada por cada trabalho considera que os autores possuem os mesmos níveis de conhecimento nas mesmas áreas, porém o mais comum é que pesquisadores formem equipes de pesquisa para complementar suas habilidades. Nesse sentido o presente trabalho propõe outra metodologia que visa descobrir quais as contribuições de cada autor com as áreas apresentadas na publicação. Através da análise das prováveis contribuições dos autores é possível determinar a proporção de especialidade indicada pelas publicações para cada autor. Essa metodologia, baseada na relevância dos autores nos domínios da publicação, será explicada nos parágrafos seguintes junto ao processo de análise de especialidades demonstradas.

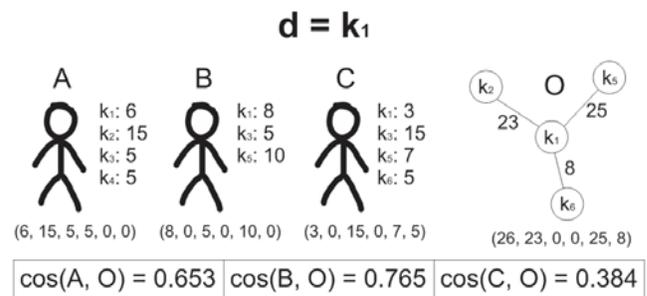
A partir das informações apresentadas nos parágrafos anteriores foi concebida uma metodologia para identificação de especialidades demonstradas que utiliza a equação (1).

$$D(u, d) = ar(u, d) \sum_{\forall p \in P(u, d)} pw(p) \quad (1)$$

Na equação (1)  $u$  e  $d$  representam respectivamente o candidato a especialista e um domínio, ou especialidade, a ser analisado. Dessa forma, a expressão  $D(u, d)$  denota o valor de especialidade  $d$  demonstrada pelo candidato  $u$ . Como mencionado anteriormente, o domínio  $d$  é representado por uma palavra chave extraída das publicações do candidato. Para determinar o nível de especialidade demonstrada pelo candidato são consideradas todas as publicações disponíveis para análise, denotadas

pelo conjunto  $P(u, d)$ . O nível de Especialidade Demonstrada por cada publicação  $p \in P(u, d)$  é proporcional à relevância ( $pw(p)$ ). Para definir o peso de cada autor nas publicações, e determinar a proporção de especialidade para cada candidato a especialista, é utilizada uma função de relevância do autor no domínio analisado ( $ar(u, d)$ ).

Para determinar a relevância dos candidatos a especialista em cada uma das áreas de especialidades contidas em seus artigos é utilizada uma metodologia baseada em ontologias simples. O termo que representa o domínio a ser analisado é utilizado como *base* para uma consulta na ontologia, em busca dos seus relacionamentos com outros termos. De posse dos termos relacionados ao termo *base* na ontologia, e dos termos relacionados a cada autor, determinados a partir de uma análise simplificada de suas publicações que contabiliza a frequência de ocorrência dos termos nas suas publicações, é realizada uma análise de similaridade. A análise de similaridade compara a frequência de co-ocorrência dos termos na ontologia (determinada pelos relacionamentos da ontologia) e as frequências dos termos relacionados ao candidato a especialista. O processo de comparação é realizado através do algoritmo do Cosseno [13], conforme ilustra a Figura 1.



**Figura 1 - Processo de determinação da relevância dos autores nas áreas indicadas em suas publicações**

O termo *base* da análise  $k_1$  representa o domínio analisado  $d$ . A partir desse termo foi extraído um subconjunto ( $O$ ) dos relacionamentos da ontologia que envolvem  $k_1$ . Os valores desses relacionamentos, assim como as frequências dos termos associados aos autores (nesse caso  $A$ ,  $B$  e  $C$ ), são utilizados para construir vetores que serão comparados. O valor do cosseno entre esses vetores indica a similaridade entre os termos relacionados ao autor e os termos relacionados ao termo *base* na ontologia. Quanto maior a similaridade entre os vetores, maior a relevância daquele autor no domínio representado pelo termo *base*. Uma observação que deve ser realizada é que na ontologia o termo *base* não possui um auto relacionamento, dessa forma deve-se admitir que o valor que ocuparia a sua posição no vetor que representa a ontologia (no exemplo da Figura 1 o primeiro valor do vetor  $O$ ) é maior que os demais valores dos relacionamentos. No presente modelo esse valor foi definido maior por uma

unidade dos demais, no entanto ainda é necessário um estudo mais aprofundado para validar essa abordagem ou determinar outra. Sabe-se porém que esse valor deve ser maior que os demais, pois caso fossem analisadas as frequências de co-ocorrências entre os termos, essa co-ocorrência do termo com ele mesmo sempre seria igual ou maior que as demais co-ocorrências com outros termos.

O valor da similaridade entre os termos relacionados ao autor e os relacionamentos da ontologia determina a relevância do autor ( $ar(u, d)$ ). O valor resultante dessa análise pertence ao intervalo  $[0, 1]$  e deve refletir a contribuição do candidato a especialista  $u$  para os conteúdos relacionados ao domínio  $d$  na publicação. Após determinar a relevância do autor no domínio, é necessário determinar o peso da publicação. Várias metodologias podem ser utilizadas para definir o peso das publicações, um exemplo seria utilizar como base o conceito QUALIS da CAPES. Por exemplo, quanto maior o conceito do periódico no qual foi publicado o trabalho, maior o peso da publicação. De posse do peso para cada publicação e da relevância do autor para os domínios, é possível determinar seus níveis de especialidades demonstradas.

Apesar do enfoque de análise de publicações científicas para comprovar Especialidades Demonstradas, a mesma abordagem apresentada nessa seção pode ser estendida para outras fontes de informação. Por exemplo, a utilização de títulos acadêmicos ou certificações como provas dessas especialidades. Para utilizar essas e outras fontes de informações seria necessário o estabelecimento de outras formas de ponderação das provas de especialidades. Nas titulações, por exemplo, poder-se-ia utilizar a nota oferecida pelo MEC para os cursos e instituições para realizar essa ponderação.

## 4.2 Especialidades Sugeridas e Refutadas

As Especialidades Sugeridas e Refutadas são analisadas a partir da mesma fonte de informações, e com metodologias semelhantes, por esse motivo apenas será elaborada uma seção que apresenta ambas as metodologias. A diferença existente entre as duas metodologias está relacionada ao seu peso ao se unirem os resultados das análises de todas as especialidades, nesse caso o peso das Especialidades Refutadas é negativo em detrimento das demais. A Especialidade Sugerida indica a existência de uma especialidade de um candidato a especialista, enquanto que a Refutada indica a existência de uma inaptidão (em oposição à especialidade) do candidato em uma área. Nesse sentido, a análise de Especialidades Sugeridas deve resultar em um valor positivo, enquanto que a análise de especialidade refutada deve resultar em um negativo. Os demais aspectos da análise desses tipos de especialidades são iguais.

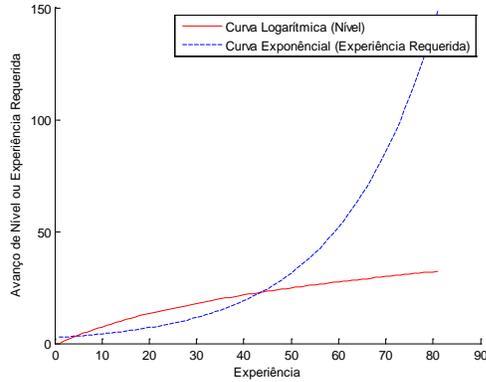
Em ambientes sociais, a interação dos indivíduos pode originar diferentes tipos de indícios de especialidades, como as indicações de usuários do ambiente sobre possíveis especialidades, ou inaptidões, de candidatos a especialistas.

Essas indicações, no presente modelo, são utilizadas para avaliar as especialidades Sugeridas e Refutadas dos candidatos. Nesse sentido, esse modelo apresenta uma abordagem para que as sugestões de membros dos ambientes virtuais sejam refletidas nas especialidades dos candidatos. Além disso, toda sugestão de especialidade de um indivíduo A a outro indivíduo B, disponível no ambiente, deve ser refletida na análise de especialidades Sugeridas e Refutadas.

Cada uma das sugestões existentes deve possuir determinado peso para a análise de uma especialidade  $d$  de um candidato a especialista  $u$ . Esse peso de cada sugestão deve representar a experiência e relevância do autor da sugestão no ambiente. Nesse caso, para determinar o peso da sugestão de cada membro no ambiente virtual são utilizadas funções de Reputação, que representam o quão bem visto é um membro do ambiente pelos demais membros como um todo. As funções de Reputação são um recurso utilizado na área de análise de confiança em ambientes sociais virtuais, como apresentado em [24][26].

Nos ambientes sociais virtuais existe um fenômeno que poderá interferir na análise das sugestões dos membros do ambiente, a popularidade. Pessoas mais populares no ambiente tendem a receber mais sugestões de forma que podem ser ora beneficiadas por isso, na análise de Especialidades Sugeridas, e ora prejudicadas, na análise de Especialidades Refutadas. A quantidade de avaliações recebidas pelos candidatos a especialistas deve influenciar nos níveis de especialidade sugerida e refutada, no entanto o impacto de sugestões massivas a um usuário em detrimento dos demais deve ser minimizado. A observação dos fatores supracitados conduz a uma análise qualitativa (através da Reputação) e quantitativa (através da quantidade de sugestões) das sugestões realizadas pelos membros do ambiente social a fim de determinar as especialidades Sugeridas e Refutadas.

Para reduzir o impacto das avaliações em massa a um mesmo candidato a especialista foi adotada uma abordagem semelhante à utilizada em diversos jogos de RPG on-line. Nesses RPGs, o jogador deve realizar tarefas a fim de adquirir pontos de experiência para avançar de nível. Quanto mais alto o nível do jogador, mais experiência é necessária para avançar para o próximo nível. No caso dos jogos a quantidade de experiência necessária para avançar de nível cresce exponencialmente. Como a velocidade de evolução de nível é inversa à quantidade de experiência necessária para avançar o nível, a curva de evolução de nível dos personagens torna-se uma curva logarítmica, conforme Figura 2.



**Figura 2 - Curvas características de avanço de nível e experiência requerida em RPGs on-line**

Como apresentado na Figura 2, o aumento da experiência do jogador implica no aumento da experiência requerida para passar de nível o que acarreta uma diminuição na velocidade de evolução de nível de forma a amenizar o efeito de distanciamento rápido entre os níveis dos jogadores. Para simular esse comportamento na análise de Especialidades Sugeridas e Refutadas e impedir que quantidades excessivas de sugestões criem especialistas com níveis de especialidades acima do valor real por causa de suas popularidades, os níveis de experiência devem crescer em uma escala logarítmica conforme indicado em (2).

$$S(u, d) = \log \left( 1 + \sum_{s \in S(u)} r(u_s) \right) \quad (2)$$

O nível de especialidade sugerida do candidato  $u$  no domínio  $d$ ,  $S(u, d)$  (ou refutada  $R(u, d)$ ) é dado pelo logaritmo da soma das reputações  $r(u_s)$  dos membros  $u_s$  do ambiente social que realizaram sugestões  $s \in S(u)$  ao usuário  $u$ . Ainda como parte da função logarítmica é adicionada uma unidade com o propósito de colocar o valor do nível de Especialidades Sugeridas no intervalo desejado ( $0 \leq S(u, d)$ , pois  $\log 1 = 0$ ). Inicialmente a base adotada para o logaritmo foi a base 10, acredita-se que esse valor possui uma redução na taxa de crescimento (*i. e.* relacionada à variação da derivada  $\frac{\partial \log x}{\partial x}$ ) rápida o suficiente para comportar o fenômeno da popularidade em boa parte dos ambientes sociais virtuais, no entanto esse valor é passível de alteração e ambientes específicos.

A função de Reputação utilizada no modelo foi extraída de um algoritmo de análise de confiança em redes sociais web intitulado T-SWEETS [24], [27]. Esse algoritmo consiste em quatro elementos de análise de confiança dos quais dois permitem a análise de Reputação, a saber: (1) Reputação; e (2) Nível de Maturidade. Ambas as métricas de Reputação são interessantes para o presente modelo, pois: (1) a primeira representa a percepção sobre a

Reputação afetiva dos usuários do ambiente virtual sobre o usuário analisado (*i. e.* os autores das sugestões), representando o respeito e confiança dos membros do ambiente; e (2) a segunda representa o nível de maturidade das publicações (*e. g.* comentários e posts) dos usuários no ambiente, e também a relevância dessas publicações, refletindo uma Reputação cognitiva do indivíduo analisado. Dessa forma a função  $r(u_s)$  é dada pela média desses dois tipos de Reputação dos autores das sugestões, conforme (3).

$$r(u_s) = \frac{R(u_s) + M(u_s)}{2} \quad (3)$$

Em (3)  $R(u_s)$  representa a Reputação e  $M(u_s)$  a maturidade do usuário  $u_s$ , que são os autores das sugestões. O modelo de recomendação de especialistas ainda pode funcionar com outra função que calcule a Reputação dos usuários, caso exista uma mais adequada a um ambiente em específico. Além disso, o modelo pode operar em ambientes sem suporte a análise de Reputação, para isso a função deve ser substituída por um valor constante (*e. g.*  $r(u_s) = 1$ ). Nesse último caso a Reputação do usuário analisado para de influenciar a análise, no entanto a quantidade de sugestões conserva a relevância da análise, quanto mais sugestões maior indicio de existência de uma especialidade.

A análise de especialidades sugeridas é realizada sobre as sugestões que indicam especialidades dos candidatos a especialistas. Para obter as especialidades refutadas dos candidatos, o mesmo processo é empregado sobre as sugestões que indicam inaptidões dos candidatos em determinados domínios. O nível de especialidade refutada do usuário  $u$  no domínio  $d$  ( $R(u, d)$ ) é o valor negativo do resultado da mesma análise efetuada sobre essas sugestões de inaptidões.

### 4.3 Especialidades Desconhecidas

As especialidades desconhecidas são aquelas das quais não se possuem indícios conclusivos de sua existência. No presente modelo, as especialidades informadas pelo próprio candidato à especialista compõe esse tipo de especialidade. Para avaliar esse tipo de especialidade é necessário que se estabeleça um peso para as afirmações do indivíduo sobre suas próprias especialidades (*i. e.* auto-sugestões) fornecidas pelo próprio candidato a especialista. O nível de especialidade  $d$  do candidato  $u$  é dado pelo valor do peso da auto-sugestão fornecida pelo candidato. Para determinar essa Reputação é utilizada a mesma metodologia representada em (3). Em (4) formaliza o processo de obtenção do nível de especialidade desconhecida.

$$U(u, d) = \begin{cases} r(u), & \text{caso } d \in D_{u,l} \\ 0, & \text{caso contrario} \end{cases} \quad (4)$$

A Especialidade Desconhecida (*i. e.* informada pelo candidato) ( $U(u, d)$ ) é dada pela Reputação do candidato  $u$  ( $r(u)$ ) para todos os domínios  $d \in D_{u,l}$  que o candidato

afirmar possuir *expertise*. Como o único meio de adição de Especialidades Desconhecidas são as auto-sugestões dos candidatos e, além disso, supondo que ele possa fazer isso apenas uma vez, não existem fatores agravantes que exijam um abordagem mais elaboradas para determinar o peso das auto-sugestões por ele fornecidas. No entanto, caso necessário, o efeito desse valor sobre a análise final ainda poderá ser reduzido, ou aumentado, durante a soma ponderada, apenas ajustando o peso dessa parcela, conforme apresentado na seção 4.5.

#### 4.4 Especialidade Inferida

A existência de uma Especialidade Inferida ocorre quando apenas existe uma probabilidade de que o candidato a especialista a possua, porém sem a existência de provas concludentes. Nesse caso, acredita-se que a existência de *expertise* em determinado domínio possa indicar a existência de especialidade em outro domínio. Por exemplo, existe uma probabilidade de que um candidato que possua *expertise* em projetos de bancos de dados e sistemas de bancos de dados distribuídos possua também conhecimentos de sistemas gerenciadores de bancos de dados, como o MySQL. Mesmo na ausência de provas da existência desse conhecimento essa probabilidade não deve ser desconsiderada.

Para analisar as Especialidades Inferidas é utilizado um perfil prévio de especialidades dos candidatos. Esse perfil prévio é um conjunto de termos, que representam especialidades, que figuram nas análises dos demais tipos de especialidades. Além disso, também constituem o perfil prévio os níveis de especialidades (ou níveis prévios de especialidade) obtidos em cada uma das análises. Os termos obtidos desse perfil prévio de especialidades são submetidos a uma análise através de uma ontologia simples. Através dos relacionamentos da ontologia é possível descobrir o quão inter-relacionados estão dois termos. Ora se um candidato  $u$  possui uma especialidade  $a$  que está fortemente relacionada a outra especialidade  $b$ , através dos termos que as representam na ontologia, esse relacionamento deve refletir a probabilidade do candidato de possuir também a especialidade  $b$ .

A ontologia simples a ser utilizada para a análise de Especialidades Inferidas deve possuir seus relacionamentos ponderados com a frequência de co-ocorrência de termos em uma base de documentos do ambiente virtual (e.g. base formada pelos posts, comentários e publicações dos membros de uma comunidade virtual). Os pesos dos relacionamentos devem ser normalizados na escala [0, 1] para que sejam multiplicados pelos níveis prévios de especialidades e resultarem em um nível de especialidade inferida do candidato. A Figura 3 exemplifica o processo.

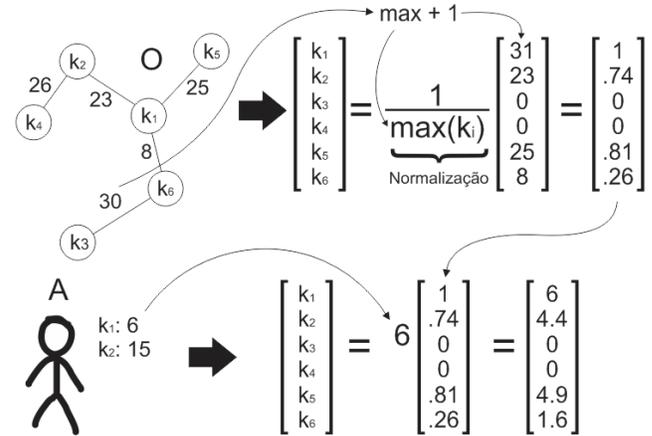


Figura 3 - Análise de especialidades inferidas a partir do termo  $k_1$

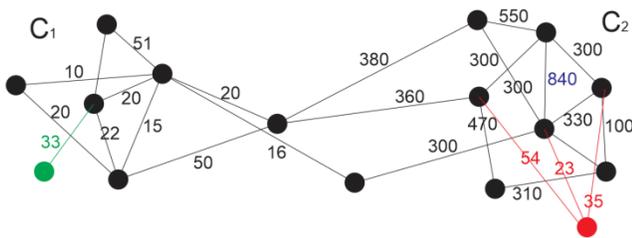
Na Figura 3 deseja-se obter as prováveis especialidades do candidato  $A$  que podem ser inferidas a partir de sua especialidade  $k_j$  e os relacionamentos com outros termos  $k_i$  na ontologia. O primeiro passo da análise é construir uma matriz normalizada com os pesos dos relacionamentos de  $k_j$  e os outros termos existentes na ontologia de simples. Como o termo  $k_j$ , naturalmente, não possui um auto relacionamento o seu peso na matriz é definido como o maior peso dos relacionamentos da ontologia acrescido de uma unidade (mesma abordagem utilizada na seção 4.1). A matriz de pesos normalizados é então multiplicada pelo nível prévio de especialidade do candidato representado pelo termo  $k_j$ . Os resultados obtidos na matriz resultante devem representar os níveis de especialidade inferida nos domínios representados pelos termos relacionados a  $k_j$  (e.g. o nível de especialidade no domínio  $k_2$  é 4,4). Em (5) é resumido o processo descrito.

$$I(u, d) = E'(u, d) * [R(d)]_{|D|,1} \quad (5)$$

Neste ponto, o nível de especialidade inferida ( $I(u, d)$ ) do candidato  $u$  a partir do domínio  $d$  (i.e. utilizando o termo  $d$  como base para a análise na ontologia simples) é dado pelo produto do nível prévio de especialidade do candidato no domínio ( $E'(u, d)$ ) e a matriz normalizada de relacionamentos do termo  $d$  na ontologia ( $[R(d)]_{|D|,1}$ ). É possível notar que a matriz sempre terá dimensões  $|D| \times 1$ , pois é composta por todos os  $|D|$  termos que compõe a ontologia em uma única coluna matricial. Essa multiplicação do nível prévio de especialidade e a matriz de relacionamentos normalizada deve influenciar a probabilidade de o candidato  $u$  possuir as especialidades relacionadas a  $d$ .

Como foi apresentado na Figura 3, os pesos dos relacionamentos entre os termos são normalizados com o maior peso existente na ontologia. Isto é feito para que termos que tenham baixos relacionamentos, mas estejam em

uma região do grafo onde isso ocorre frequentemente, não sejam encarados como altamente relacionados. Porém, outras discussões podem questionar se este é mesmo um método válido, uma vez que uma ontologia de pesos leves é uma estrutura muito complexa que pode originar *clusters* de relacionamentos entre termos, principalmente termos relacionados a uma mesma área do conhecimento. Dentro de cada um destes *clusters* o comportamento dos relacionamentos pode ser diferente, ora pesos muito altos, ora muito baixos. Esse tipo de comportamento junto a normalização dos termos utilizando o maior valor encontrado na ontologia pode prejudicar a análise. A Figura 4 apresenta exemplos destes dois casos mencionados.



**Figura 4 - Clusters na ontologia de pesos leves**

Na Figura 4 é apresentada a estrutura de ontologia de pesos leves na qual pode-se observar a divisão em dois clusters:  $C_1$  e  $C_2$ . Os pesos em  $C_1$  são significativamente menores que os pesos em  $C_2$ . No entanto, se executado o processo de normalização proposto anteriormente, todos os valores seriam divididos pelo maior valor de relacionamento da ontologia, neste caso 840. Mesmo o termo mais significativo em  $C_1$  (340 em verde) seria considerado um valor baixo na análise. Uma solução para esse problema seria um processo de normalização que considerasse apenas os pesos dos relacionamentos do termo analisado. Porém, isto poderia resultar em outro problema, pois termos que não estiverem bem relacionados poderiam ser beneficiados pela região onde estão presentes. Por exemplo, o termo em vermelho possui pesos baixos para  $C_2$ , porém, caso sejam normalizados com os termos de sua vizinhança facilmente atingirão valores altos, pois os termos da vizinhança também são baixos. Esses relacionamentos pouco significativos iriam ser comparados com os relacionamentos mais relevantes do cluster (como o de 550), pois estes podem estar próximos a outros relacionamentos relevantes. Uma análise aprofundada sobre as características de cada um dos *clusters* poderia ser realizada para solucionar este tipo de problema, porém tal análise foge ao escopo deste trabalho e fica como um possível estudo futuro.

#### 4.5 Integração dos Resultados

Os níveis de cada uma das especialidades devem ser utilizados a fim de determinar o valor de *expertise* do usuário em cada domínio. Além disso, em diferentes ambientes, a relevância dos diferentes tipos de

especialidades pode variar. Neste sentido, para encontrar o valor final de *expertise* resultante da análise é utilizada uma soma ponderada dos valores encontrados em cada uma das análises de tipos de especialidades, como apresentado em (6).

$$E(u, d) = \alpha D(u, d) + \beta S(u, d) + \gamma R(u, d) + \omega U(u, d) + \sigma I(u, d) \quad (6)$$

A *expertise* do usuário  $u$  no domínio  $d$  é dada pela soma ponderada do nível de especialidade demonstrada  $D(u, d)$ , o nível de Especialidade Sugerida  $S(u, d)$ , o nível de Especialidade Refutada  $R(u, d)$ , o nível de Especialidade Desconhecida  $U(u, d)$  e o nível de Especialidade Inferida  $I(u, d)$ . Os pesos da soma ponderada  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$  e  $\sigma$  não são definidos e devem variar conforme o ambiente no qual o modelo for implantado. Após o processo de soma ponderada ainda é opcional um processo de normalização dos resultados obtidos pela divisão das *expertises* de todos os usuários pelo maior valor de *expertise* para cada domínio. Esse processo pode facilitar a visualização e compreensão dos resultados da análise pelos membros do ambiente social, pois colocaria o resultado da análise no intervalo  $[0, 1]$ , onde possuir o nível 1 em algum domínio significaria ser o maior especialista naquele domínio.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentado um modelo para recomendação de especialistas em ambientes sociais virtuais. O modelo encontra os níveis de *expertise* de cada membro do ambiente em determinados domínios permitindo que esse nível seja utilizado para identificar quais os especialistas cujos conhecimentos se adequam melhor a dada situação (ou consulta). O sistema realiza o processo de medida de *expertise* com base em informações de publicações científicas e sugestões de especialidades entre os membros do ambiente. Além dessas informações é adicionada informação de uma ontologia simples para expandir os resultados da análise através da inferência de prováveis domínios de especialidades dos indivíduos e os respectivos níveis de *expertise* do indivíduo nesses domínios.

Como descrito na seção 4, a extensão do conjunto de especialidades dos indivíduos por meio da ontologia simples é vantajosa, pois permite a identificação de especialidades latentes dos indivíduos. Tais especialidades são consideradas latentes, pois existe alta probabilidade de sua existência, porém não existem provas (*i. e.* documentos disponíveis) que indiquem essa existência. A inferência dessas especialidades latentes ocorre por meio de uma análise semântica das demais especialidades dos indivíduos com o auxílio da ontologia. Dessa forma, é possível estender o conjunto de especialidades do indivíduo o que origina determinado nível de flexibilidade para análise, pois permite que essas especialidades latentes também sejam consideradas no processo de seleção de especialistas.

Algumas das abordagens utilizadas no modelo ainda não foram completamente validadas por falta de experimentos mais aprofundados. Por exemplo, a definição do peso de auto relacionamentos ao criar as matrizes a partir da estrutura da ontologia, como descrito nas seções 4.1 e 4.4. Tais experimentos que permitiriam a análise da abordagem utilizada para definir o peso desses auto relacionamentos serão abordados em trabalhos futuros. Ainda relacionado à definição de matrizes a partir da ontologia, o problema relacionado aos *clusters* naturalmente formados na estrutura da ontologia não foi inserido no modelo. Como apresentado na seção 4.4 essa é uma análise mais complexa da ontologia e ainda carece de uma definição mais elaborada da abordagem a ser utilizada para amenizar esse problema.

### Referências Bibliográficas

- [1] Z. Bauman, *44 cartas do mundo líquido moderno*. Zahar, 2011, p. 226.
- [2] J. O. Donovan and B. Smyth, "Trust No One : Evaluating Trust-based Filtering for Recommenders."
- [3] D. Sullivan, D. Wilson, and B. Smyth, "Improving Case-Based Recommendation," in *Advances in Case-Based Reasoning*, Springer Berlin Heidelberg, 2002, pp. 278–291.
- [4] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," pp. 87–110, 2001.
- [5] R. Boim, H. Kaplan, T. Milo, and R. Rubinfeld, "Improved recommendations via (more) collaboration," *Proceedings 13th Int. Work. Web Databases - WebDB '10*, p. 1, 2010.
- [6] P. Melville, R. J. Mooney, and R. Nagarajan, "Content-Boosted Collaborative Filtering for Improved Recommendations," no. July, pp. 187–192, 2002.
- [7] M. Fazel-Zarandi, H. J. Devlin, Y. Huang, and N. Contractor, "Expert recommendation based on social drivers, social network analysis, and semantic data representation," *Proc. 2nd Int. Work. Inf. Heterog. Fusion Recomm. Syst. - HetRec '11*, pp. 41–48, 2011.
- [8] T. Casciaro and M. S. Lobo, "Competent jerks, lovable fools, and the formation of social networks.," *Harv. Bus. Rev.*, vol. 83, no. 6, pp. 92–9, 149, Jun. 2005.
- [9] M. Fazel-Zarandi and M. S. Fox, "Constructing expert profiles over time for skills management and expert finding," *Proc. 11th Int. Conf. Knowl. Manag. Knowl. Technol. - i-KNOW '11*, p. 1, 2011.
- [10] M. J. Earl, "Knowledge Management Strategies : Toward a Taxonomy," no. I, pp. 215–233.
- [11] E. M. . Silva, R. A. . Costa, L. R. B. . Schmitz, and S. R. L. Meira, "SWEETS: um Sistema de Recomendação de Especialistas aplicado a uma plataforma de Gestão de Conhecimento," *Rev. Informática Teórica e Apl.*, vol. 18, 2011.
- [12] K. K. Morgan, "Does Polanyi's Tacit Knowledge Dimension Exist?," in *Proceedings of Polanyi Society Conference*, 2008, pp. 1 – 35.
- [13] R. A. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto, *Modern Information Retrieval*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1999.
- [14] P. Borst, H. Akkermans, and J. Top, "Engineering ontologies," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 46, no. 2–3, pp. 365–406, Feb. 1997.
- [15] T. R. Gruber, "Technical Report KSL 92-71 Revised April 1993 A Translation Approach to Portable Ontology Specifications by A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," no. April, 1993.
- [16] D. O. Rodrigues and E. M. Silva, "T-SWEETS: inferência de confiança em redes sociais web." p. 4, 2008.
- [17] M. Alavi, *KPMG Peat Marwick U.S.: One Giant Brain*. Harvard Business School Pub., 1997.
- [18] C. A. Barlett, "McKinsey & Company: Managing Knowledge and Learning," 2000.
- [19] M. Alavi, "KNOWLEDGE MANAGEMENT: ISSUES, CHALLENGES, AND BENEFITS," *Comun. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 1, no. February, pp. 1–37, 1999.
- [20] D. W. McDonald and M. S. Ackerman, "Just Talk to Me : A Field Study of Expertise Location," pp. 1–11, 1998.
- [21] F. Riahi, Z. Zolaktaf, M. Shafiei, and E. Milios, "Finding expert users in community question answering," *Proc. 21st Int. Conf. companion World Wide Web - WWW '12 Companion*, no. i, p. 791, 2012.
- [22] L. Du and M. Johnson, "Topic Segmentation with a Structured Topic Model," no. June, pp. 190–200, 2013.
- [23] M. Riedl and C. Biemann, "Text Segmentation with Topic Models," *J. Lang. Technol. Comput. Linguist.*, pp. 47–69, 2012.
- [24] G. Demartini, "Finding Experts Using Wikipedia," in *Proceedings of the Workshop on Finding Experts on the Web with Semantics (FEWS2007) at ISWC/ASWC2007*, 2007, pp. 33–41.
- [25] M. Fazel-zarandi and M. S. Fox, "An Ontology for Skill and Competency Management," in *Formal Ontology in Information Systems*, 2012, pp. 89–102.
- [26] M. Mochol, H. Wache, and L. Nixon, "Improving the accuracy of job search with semantic techniques."
- [27] C. A. Rockenbach, *Recomendação de especialistas na plataforma de gestão de conhecimento Konnen*. Palmas, TO, 2012, p. 79.
- [28] E. M. Silva, D. O. Rodrigues, J. G. De Souza, P. Fernan-, A. C. Salgado, S. Romero, L. Meira, and J. A. F. Costa, "Inferring Hidden Trust Relationships in Social Networks for Encouraging Collaboration and Cooperation among Individuals," in *Collaboration and*

*Technology: 19th International Conference, CRIWG*, Wellington, New Zealand: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 42–60.

- [29] E. Z. S. Mamani and M. A. Gerosa, “Cálculo de Reputação em Redes Sociais,” in *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, 2011, pp. 200–207.
- [30] M. Taherian, M. Amini, and R. Jalili, “Trust Inference in Web-Based Social Networks Using Resistive Networks,” *2008 Third Int. Conf. Internet Web Appl. Serv.*, pp. 233–238, Jun. 2008.
- [31] E. M. Silva, D. O. Rodrigues, J. G. De Souza, A. C. Salgado, and S. R. L. Meira, “T-SWEETS: An Alternative to the Stimulus Collaboration from Trust Inference in Social Networks,” *2012 Brazilian Symp. Collab. Syst.*, pp. 168–173, Oct. 2012.

# ***TidalTrust Versus. T-SWEETS: uma Análise da Eficácia no Processo de Inferência de Confiança em Ambientes Virtuais Sociais***

Edeilson Milhomem Silva  
Centro de Informática  
Universidade Federal de Pernambuco  
– UFPE (Recife/PE) e Centro  
Universitário Luterano de Palmas  
CEULP/ULBRA (Palmas/TO), Brasil  
(ems5@cin.ufpe.br e  
milhomem@ceulp.edu.br)

Diego Oliveira Rodrigues,  
Jackson Gomes de Souza,  
Parcilene Fernandes de Brito  
Departamento de Computação  
Centro Universitário Luterano de  
Palmas CEULP/ULBRA  
diegopso2@gmail.com  
(jgomes, parcilene)@ceulp.edu.br

Ana Carolina Salgado, Silvio Romero  
Lemos Meira  
Centro de Informática Universidade  
Federal de Pernambuco - UFPE  
e C.E.S.A.R  
Centro de Estudos e Sistemas  
Avançados do Recife - Recife, Brasil  
(acs, srlm)@cin.ufpe.br

## **ABSTRACT**

This paper presents an overview of trust relationships applied in web-based social networks. Furthermore, it also presents some approaches to identify hidden trust relationships in social networks using information from the connections between individuals (nodes in the network). We present these approaches: (1) an algorithm called *TidalTrust*, a classical algorithm to trust inference; and (2) T-SWEETS, an approach we did develop previously. The T-SWEETS approach uses different elements to infer hidden trust relationships, such as: individuals' experiences and opinions. This paper uses background from these two approaches and aims to present a comparative analysis between them using results from some experiments.

## **Categories and Subject Descriptors**

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Web; H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Web-based interaction

## **General Terms**

Algorithms, Design, Human Factors.

## **Keywords**

Análise de Confiança, Redes Sociais, Interação, Sistemas Colaborativos e Recomendação.

## **1. INTRODUÇÃO**

Confiança oferece subsídios para apoiar a sociedade em tomadas de decisões, que vão desde as mais básicas até as mais complexas – é um dos elementos que mantém a sociedade [1]. Como confiança é um elemento que origina-se a partir das relações sociais entre indivíduos, que são mantidas pela interação, troca de experiências, convívio no trabalho ou em família, observação de comportamentos, dentre outros, e estas relações sociais podem ser explicitamente ou implicitamente determinadas, há a possibilidade

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

de mapeá-las em ambientes computacionais. Nesta direção, estudos sobre as relações de confiança entre indivíduos em ambientes virtuais sociais vêm despertando o interesse de pesquisadores da área, uma vez que permitem representar a estrutura básica da sociedade, através das pessoas e seus relacionamentos [2]. Assim, naturalmente, oferecem indicadores para a identificação dos relacionamentos de confiança entre os indivíduos.

A estrutura de redes sociais pode ser mapeada em um grafo, em que os nós podem representar as pessoas e as arestas representam os relacionamentos entre estas pessoas. Uma aresta pode possuir rótulos que caracterizam explicitamente a natureza dos relacionamentos, por exemplo, rótulos de amizade ou de parceria profissional. Estes relacionamentos podem ser unidirecionais ou bidirecionais, por exemplo: a) unilateral: enquanto A explicita que é colega de trabalho de B, o segundo não confirma este relacionamento; e b) bilateral: se uma pessoa A é colega de trabalho de B, então, como consequência, B também será colega de trabalho de A.

Considerando esta estrutura que pode ser mapeada computacionalmente, diversos algoritmos foram propostos para a inferência de relacionamentos ocultos de confiança em ambientes virtuais sociais, tais como, *TidalTrust* [3]; o *RN-Trust*, [5]; *SUNNY* [6][7]; *FlowTrust* [8]; o de Mamami [9]; e o T-SWEETS [10]. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é utilizar, parte do algoritmo T-SWEETS, que foi desenvolvido por nós, e fazer uma análise em relação ao algoritmo clássico para inferência de confiança disponível na literatura, o *TidalTrust*. Para isso, são utilizados os resultados apresentados no trabalho de (Golbeck, [3] e fontes de dados de relacionamentos de confiança oriundos do *Epinions*<sup>1</sup>, *Slashdot*<sup>2</sup> e *Wikipedia*<sup>3</sup>.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: (Seção 1), apresenta os conceitos e características peculiares às redes sociais; (Seção 2) faz menção em como confiança pode ser mapeada em ambientes computacionais; (Seção 3) são apresentados alguns algoritmos para a inferência de confiança; (Seção 4) apresenta

<sup>1</sup> *Epinions.com: Product Reviews and Consumer Reports:* <http://www.epinions.com/>

<sup>2</sup> *Slashdot: News for nerds, stuff that matters:* <http://slashdot.org/>

<sup>3</sup> *Wikipédia, a enciclopédia livre:* <https://pt.wikipedia.org/>

detalhes do algoritmo *TidalTrust*, um dos objetos da análise apresentada; (Seção 5) outro objeto de estudo deste trabalho, o algoritmo T-SWEETS, (Seção 6) os experimentos realizados e o resultados obtidos; e, por fim, (Seção 7) as Conclusões.

## 2. CONFIANÇA

O conceito de confiança é um dos conceitos que sustenta a sociedade e diz o quão confiável é uma entidade (ex.: pessoa ou um agente) em relação à outra, e diferentes áreas de conhecimento realizam pesquisas sobre este conceito, por exemplo, Psicologia [11][12], Sociologia[13], Filosofia [14][14] e Computação [15] [4].

Um trabalho pioneiro sobre confiança em ambientes computacionais foi o desenvolvido por Marsh [13]. Em seus estudos, Marsh analisou o conceito nas diferentes áreas, como sociologia, com o intuito de formalizá-lo em ambientes computacionais. Para isso, baseou-se em três princípios: (1) agentes que interagem entre si, (2) as informações de histórico mantidas a partir destas interações; e (2) e a observação dos comportamentos destes agentes. Diante destes estudos, Marsh concebeu um modelo para aplicação em sistemas de Inteligência Artificial, para auxiliar agentes inteligentes a “raciocinarem” em situações de incerteza. Para a avaliação do modelo proposto, foi criada uma situação, fundamentando-se no “Dilema dos Prisioneiros”, em que alguns agentes poderiam interagir ciclicamente.

Golbeck [4] baseou-se na definição dada por Deutsch [16] de que “confiança é a aposta sobre futuras ações de outras pessoas” para o desenvolvimento de uma proposta de análise de confiança para os cenários de redes sociais. Assim, são considerados dois principais componentes para a definição: crença e compromisso. A crença porque representa a visão de uma pessoa sobre determinadas ações de outra pessoa considerada confiável; e o compromisso, porque representa o nível de comprometimento de uma pessoa em realizar uma determinada ação.

Os estudos e as definições de confiança disponíveis na literatura oferecem subsídios para que algumas propriedades possam ser definidas. Estas propriedades devem representar explicitamente elementos que determinam naturalmente as relações sociais entre as pessoas (ex.: nível de relacionamento como pai, irmão(a), amigo(a), colega e namorado(a)) e devem ser bem definidas e claras (ex.: as pessoas e seus relacionamentos) de forma que possam ser utilizadas em ambientes computacionais.

Nesta direção, há três elementos que estão relacionados à confiança que são fortemente discutidos na literatura, de acordo com Reis [17], são eles, subjetividade, contexto e dinamismo.

- i. **subjetividade:** confiança é subjetiva e, portanto, assimétrica, isto é, a confiança de uma pessoa p, em relação a uma pessoa p1 não é a mesma confiança da pessoa p1 em relação a p;
- ii. **contexto:** confiança depende do contexto, ou seja, pode ser medida de uma pessoa em relação à outra, em um grupo ou até mesmo diante de uma determinada situação;
- iii. **dinamismo:** confiança é dinâmica, isto é, muda com o tempo - pode aumentar se as experiências forem positivas, e pode diminuir se as experiências forem negativas.

Assim, no âmbito computacional, para a aplicação em redes sociais, Golbeck [4] define algumas propriedades de “confiança”: **transitividade**, que está diretamente relacionada ao item II

supracitado, já que considera o contexto social das pessoas; **agregabilidade**, também relacionada ao item II; e **assimetria**, relacionada ao item I. A transitividade representa a possibilidade de transferir a confiança de pessoa a pessoa. A agregabilidade representa a condição que define se uma pessoa procurará informações adicionais para decidir se confia ou não em outra pessoa. Já a assimetria, indica que o nível de confiança de uma pessoa em relação à outra é unilateral, isto é, a confiança de uma pessoa A em relação à B é diferente da confiança de uma pessoa B em relação à A.

Considerando as peculiaridades supracitadas, inerentes ao conceito de “confiança”, existem na literatura alguns algoritmos que realizam a inferência de confiança, cada qual explora os elementos disponíveis no ambiente em que é implantado. Neste sentido, a seção 3 apresenta alguns trabalhos disponíveis na literatura com o referido propósito.

## 3. ALGORITMOS PARA INFERÊNCIA DE CONFIANÇA

*TidalTrust* [3] é um dos algoritmos precursores de uma série de trabalhos que exploram a estrutura dos relacionamentos das redes sociais para inferência de confiança, porém recebe diversas críticas pelos pesquisadores pela perda de informações, pois realiza uma rotina de seleção de fontes de informação (i. e. nós) na rede, antes da análise de confiança. Como evolução do *TidalTrust* foi desenvolvido o *SUNNY* [6][7] que, além da estrutura dos relacionamentos, também considera avaliações dos usuários sobre determinados conteúdos (como textos e fotos) para auxiliar na inferência de confiança. Alguns trabalhos similares ao *TidalTrust* e *SUNNY* são [18][19].

Para sanar o problema da perda de informações dos algoritmos previamente apresentados, há o algoritmo *FlowTrust* [8] que, para inferir confiança, utiliza todas as informações de relacionamentos disponíveis na rede social. Este algoritmo, além de não perder informações, aplica o conceito de multidimensionalidade, isto é, explora mais de um elemento (nível de confiança e nível de confiança) para inferir confiança. No entanto, as informações exploradas pelo *FlowTrust* (dados de relacionamentos na rede social) estão todas relacionadas ao mesmo conceito e ainda são necessárias informações de outras fontes (ex.: como dados sobre conteúdos e contextos) para aumentar a eficiência na identificação do fato de um usuário ser realmente confiável. Outros algoritmos que exploram informações disponíveis em toda a rede são *RelTrust* [20] e *CircuitTrust* [21].

Um algoritmo que explora informações dos documentos e conteúdos publicados pelos usuários em um ambiente colaborativo é o apresentado por Mamami [9]. Este algoritmo considera informações sobre a quantidade e qualidade dos conteúdos postados pelos usuários do domínio social. Além destes, há também o T-SWEETS [10], que une diferentes elementos para a inferência do grau de confiança entre dois indivíduos, são eles: semelhanças entre os perfis de conhecimento e opinião; relacionamentos de confiança, os próprios valores (que são atribuídos explicitamente) de confiança entre os indivíduos; a maturidade de um indivíduo, que mensura o quanto este indivíduo produz conhecimentos relevantes; e a reputação, que considera a visão que um grupo de indivíduos tem em relação a uma pessoa em específico.

O algoritmo objeto de análise neste trabalho é o *TidalTrust*. Além deste ser um algoritmo clássico da literatura, ele possui características que se assemelham a um dos elementos

considerados no T-SWEETS, que é o Relacionamento de Confiança

#### 4. TIDALTRUST

Para que o algoritmo *TidalTrust* possa realizar a inferência dos relacionamentos de confiança entre os indivíduos, inicialmente, faz uma seleção dos nós que são considerados na análise. Nesta seleção são estabelecidos o tamanho máximo dos caminhos e os valores mínimos de confianças entre os nós que poderão ser explorados durante a análise de confiança. Em seguida, com estes valores é possível excluir alguns nós que, segundo Golbeck [3], reduziriam a precisão da análise de confiança.

Após a seleção dos nós a serem explorados na análise de confiança, o algoritmo *TidalTrust* calcula o valor de confiança entre dois nós como uma média ponderada das informações de confiança extraídas destes nós. A Equação 1 mostra como os valores de confiança são calculados, onde  $t_{i,j} = P(i,j)$  quando  $i$  for adjacente a  $j$ .

$$t_{u,v} = \frac{\sum_{j \in \text{adj}(i), t_{i,j} \geq \max} \alpha_j t_{u,j} t_{j,v}}{\sum_{j \in \text{adj}(i), t_{i,j} \geq \max} t_{u,j}} \quad (1)$$

A Equação 1 representa o cálculo da confiança de um nó  $u$  em relação a  $v$ . Para realizar o cálculo são utilizados os nós intermediários  $j$  tais que o caminho de  $u$  a  $v$  seja menor que o caminho máximo pré-definido, e os valores de confiança entre nós adjacentes sejam maiores que o valor mínimo estabelecido ( $\max$ ). Ainda na Equação 1,  $\alpha$  representa o peso da relação de  $u$  a  $v$  por um determinado caminho – o peso pode variar de acordo com o domínio da análise de confiança. Por exemplo, um algoritmo derivado de *TidalTrust* é o *FilmTrust*, utilizado para criar recomendações de filmes, neste caso o peso de cada relação é dado pela valor de avaliação de um nó ao filme em questão.

#### 5. T-SWEETS

T-SWEETS, um algoritmo desenvolvido por nós [10] para inferência de confiança em ambientes virtuais sociais [10], baseia-se em 4 (quatro) elementos para inferência destes relacionamentos de confiança, são eles:

- **similaridade entre perfis:** considera que pessoas que possuem perfis similares, sejam as opiniões ou os conhecimentos, têm tendência a confiarem um no outro mutuamente.
- **relacionamento de confiança:** considera as relações de confiança já existentes entre as pessoas. Assim, considera a confiança de um usuário  $a$  em relação a um usuário  $b$  atribuída explicitamente por  $a$ ; ou a probabilidade de  $a$  confiar em  $b$  dado que existe um caminho de relacionamento de confiança (e. g.  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ) entre eles
- **nível de maturidade:** representa o quanto as produções dos usuários são vistas na rede social. Para isso, são consideradas todas as avaliações dadas aos conteúdos de um usuário  $x$  em relação às produções dos demais usuários  $y$ . Este elemento considera que os usuários que produzem conhecimentos relevantes às pessoas que os rodeiam e aos grupos que participam, tendem a ser mais confiáveis que os usuários que não produzem conhecimento de qualidade. Quanto maior o nível de maturidade dos conhecimentos produzidos pelos

usuários, mais confiáveis são suas produções e, consequentemente, mais confiável é o autor;

- **reputação:** é a visão que um grupo de pessoas  $g$  tem sobre uma pessoa  $p$ , determinada pelo grau de confiança que  $g$  tem em relação à  $p$ .

Destes elementos, o **Relacionamento de Confiança**, será objeto de estudo neste trabalho, já que é o elemento que baseia-se em características similares ao algoritmos clássico da literatura, *TidalTrust* [3].

Este elemento baseia-se nas propriedades de confiança definidas por Golbeck [4], que são: *Transitividade*, *Assimetria* e *Agregabilidade*.

A confiança entre as pessoas é um fenômeno que pode ser transitivo, já que as pessoas podem procurar informações a respeito das outras para obter parâmetros que possam ser utilizados no auxílio à identificação do fato de uma pessoa ser ou não confiável. Contudo, confiança não é um fenômeno totalmente transitivo, isto é, nem toda confiança de uma pessoa pode ser transferida a outra – considerando sua rede de relacionamentos. Isso implica dizer que: se uma pessoa  $a$ , confia muito em uma pessoa  $b$ , e se  $b$ , por sua vez, confia muito em uma terceira pessoa  $c$  - formando assim o caminho de relacionamento  $a \rightarrow b \rightarrow c$  -, não quer dizer que  $a$  confia muito em  $c$ . Entretanto, podem ser utilizadas informações de confiança dos relacionamentos ( $a \rightarrow b \rightarrow c$ ) para inferir o quão a pessoa  $a$  eventualmente poderia confiar em  $c$ . Além disso, dizer que  $a$  confia muito em  $b$  não implica que  $b$  confie muito em  $a$ , neste caso a primeira informação ( $a \rightarrow b$ ) sequer fornece condições para que se obtenha a segunda ( $b \rightarrow a$ ) – por isso, há a *Assimetria* [3]. Além da *Transitividade* e *Assimetria*, o **Relacionamento de Confiança** também pode explorar o conceito de *Agregabilidade* [3], o qual define que se  $a$  confia em mais de uma pessoa que possui informações de confiança sobre  $c$ , então estas informações podem ser consideradas no processo de inferência de confiança.

Diante das condições previamente apresentadas para **Relacionamentos de Confiança**, ela pode ser definida conforme a Equação 2 [10]:

$$T(x,y) = \begin{cases} T(x,y), & \text{caso exista um valor atribuído diretamente} \\ \frac{1}{|P(x,y)|} \left\{ \sum_{p \in P(x,y)} \left[ \prod_{v \in \text{adj}(u,v) \in p} T(u,v) \right] \right\}, & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

Na Equação 2, a fórmula para o valor de confiança pode variar de acordo com a seguinte situação: caso o usuário  $a$  já tenha atribuído um valor de confiança ao usuário  $b$ , então este será o valor de confiança de  $a$  a  $b$  ( $T(a,b)$ ), caso contrário é utilizada a fórmula apresentada na Equação 1, segunda parte. Nesta fórmula,  $P(a,b)$  é o conjunto de todos os caminhos  $p$  que podem ser estabelecidos entre os usuários  $a$  e  $b$  na representação do grafo da rede social, com  $|P(a,b)|$  sendo o número de elementos deste conjunto. Cada elemento deste conjunto é um par  $(u,v)$ , que representa cada aresta, e as informações de confiança relacionadas a ela, que relacionam os usuário  $u$  e  $v$  em um caminho  $p$ .

##### 5.1 T-SWEETS versus. TidalTrust

O T-SWEETS baseia-se na teoria do *TidalTrust* para a seleção dos caminhos de confiança que são considerados para o processo de inferência de confiança. Assim, são considerados apenas os menores caminhos que unem dois usuários  $a$  e  $b$ .

No TidalTrust, além dos menores caminhos, também é estabelecido um limiar de grau de confiança para decidir se um caminho deve ou não ser considerado. No T-SWEETS, este limiar não é adotado, pois acredita-se que a qualidade do algoritmo pode ser comprometida, uma vez que valores baixos de confiança seriam desconsiderados. Se os valores baixos de confiança não fizerem parte da análise, há uma tendência natural para o aumento do grau de confiança inferido entre dois usuários  $a$  e  $b$ .

A definição para inferência dos **Relacionamentos de Confiança** adotada no T-SWEETS é baseada na definição apresentada por Golbeck [3], que confiança não é um fenômeno totalmente transitivo. Apesar desta definição, o algoritmo *TidalTrust* torna a transitividade de confiança totalmente transitiva em algumas situações. Já o formalismo do T-SWEETS resolve este problema. Para exemplificar esta situação, será considerada a situação em que o objetivo é calcular o grau de confiança entre dois usuários  $F$  e  $E$ . O caminho entre eles é  $F \rightarrow H \rightarrow E$ , e o valor de confiança que

$F$  tem em  $H$  e  $H$  tem em  $E$  é 0,8. Assim, o cálculo detalhado em ambos os algoritmos é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Demonstração da problemática do algoritmo *TidalTrust* em relação ao conceito de *Transitividade de Confiança*.

Algoritmo	Inferência de confiança entre F e E
TidalTrust	$\frac{1}{1,6}(0,8 * 0,8 + 0,8 * 0,8) = 0,8$
T-SWEETS	$\frac{1}{2}(0,8 * 0,8 + 0,8 * 0,8) = 0,64$

Tanto o *T-SWEETS* quando o *TidalTrust* explora a transitividade de confiança baseada em um modelo probabilístico. Porém, existem outros algoritmos que exploram a transitividade de confiança baseando-se em teorias diferentes. Por exemplo, RN-Trust (2008) e FlowTrust [8], que baseiam-se teorias que avaliam o máximo de confiança que pode fluir (passar) através dos nós de uma rede.

## 6. Experimento: Análise do T-SWEETS Versus. Algoritmos Relacionados

### 6.1 Objetivo

Para a análise da eficácia do algoritmo T-SWEETS, inicialmente, foi realizado um experimento considerando os resultados obtidos nos relacionamentos de confiança oriundos do trabalho desenvolvido por Leskovec [22]; e depois foi realizada uma análise em relação ao algoritmo TidalTrust [3].

### 6.2 Cenário

Foram utilizadas como fonte de relacionamentos de confiança, dados oriundos do *Epinions*<sup>4</sup>, *Slashdot*<sup>5</sup> e *Wikipedia*<sup>6</sup>. *Epinions* é um ambiente em que os usuários podem realizar avaliações a determinados produtos (e.g. notebook e smartphone) ou avaliar pessoas (os próprios avaliadores). A partir das avaliações realizadas entre estes avaliadores forma-se uma rede social de

<sup>4</sup> *Epinions.com: Product Reviews and Consumer Reports:* <http://www.epinions.com/>

<sup>5</sup> *Slashdot: News for nerds, stuff that matters:* <http://slashdot.org/>

<sup>6</sup> *Wikipédia, a enciclopédia livre:* <https://pt.wikipedia.org/>

relacionamentos de confiança. *Slashdot*, um site voltado para publicações de notícias de tecnologia. Neste ambiente, os usuários podem associar tags a outros usuários classificando-os como amigos ou inimigos. *Wikipedia*, uma enciclopédia online em que as pessoas podem colaborar livremente para o seu desenvolvimento. Os usuários podem passar para a categoria de administradores da enciclopédia, a partir das avaliações que podem receber de outros usuários, que são positivas, negativas e neutras.

Estas fontes de dados são oriundas do trabalho de Leskovec [22], e estão disponíveis no projeto SNAP<sup>7</sup>, desenvolvido por pesquisadores de *Stanford*. O trabalho de Leskovec [22] analisa estes relacionamentos a partir de associações ternárias (*triades*), que são relacionamentos formados pelo conjunto de três nós, conforme apresentado na Figura 1.

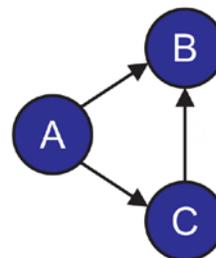


Figura 1: Estrutura de uma triade

Cada relacionamento forma uma relação de confiança de valores  $\{-1,+1\}$ , em que o valor positivo indica que há a confiança entre os nós, enquanto o valor negativo indica a ausência de confiança. De acordo com este cenário, o Quadro 2 apresenta a proporção dos dados originados de cada uma das fontes supracitadas.

Quadro 2: Classificações e quantidades de *triades* nas fontes de dados do *Epinions*, *Slashdot* e *Wikipédia* [22].

Triade $T_i$	$ T_i $	$p(T_i)$
$T_3$	+++	11.640.257 87%
$T_2$	+- -	947.855 7,1%
$T_1$	++ -	698.023 5,2%
$T_0$	- - -	89.272 0,7%

As *triades* podem variar conforme o valor atribuído aos relacionamentos na rede social, conforme apresentado no Quadro 2. Por exemplo,  $T_3$  é uma *triade* na qual os três relacionamentos possuem pesos positivos, já em  $T_2$  apenas um relacionamento é positivo, enquanto que os outros dois são negativos. Para executar o algoritmo T-SWEETS nas bases supracitadas, o tamanho do caminho entre dois nós também foi limitado a 3 – tamanho esse limitado pela *triade*.

### 6.3 Resultados da Primeira Fase do Experimento

De acordo com as associações ternárias mencionadas anteriormente e os valores positivos e negativos, alguns cenários

<sup>7</sup> *Stanford Large Network Dataset Collection:* <http://snap.stanford.edu/data/#signnets>

para a inferência de relacionamentos de confiança podem ser representados. A Figura 2 apresenta estes cenários.

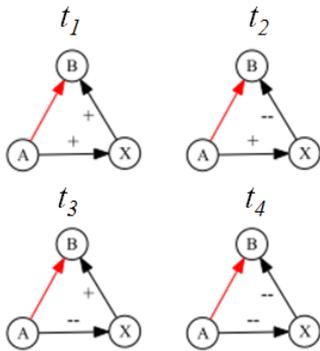


Figura 2: Possibilidades de *triades* que podem ser usadas nas análises

Leskovec [22] apresentou um estudo de algumas possibilidades para a construção de *triades*, de acordo com os valores  $\{-1,+1\}$ . Neste estudo, foi apresentado que, dado dois relacionamentos com valores de confiança quaisquer (+1 ou -1), qual a probabilidade do terceiro ser positivo ou negativo. O relacionamento com a seta vermelha na Figura 2 representa este terceiro relacionamento. Este quadro de probabilidades pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3: Probabilidades de inferência de relacionamentos positivos e negativos para cada triáde. ([22] - adaptada)

$t_i$	$P(+)$	$P(-)$
1	0,97	0,03
2	0,54	0,46
3	0,30	0,70
4	0,23	0,77

De acordo com as probabilidades apresentadas no Quadro 3, é possível executar o algoritmo T-SWEETS e verificar a sua eficácia. Além do T-SWEETS, também, foi realizada uma análise em relação ao algoritmo clássico *TidalTrust* [3]. Assim, para cada uma das configurações apresentadas (Figura 2 e Quadro 3), o Quadro 4 apresenta os resultados obtidos.

Quadro 4: Porcentagem da quantidade de relacionamentos positivos em cada triáde

$t_i$	$P(+)$		
	Leskovec [22]	TidalTrust	T-SWEETS
1	97%	100%	100%
2	54%	0%	0%
3	30%	0%	0%
4	23%	100%	100%

De acordo com os resultados que podem ser visualizados no Quadro 4 pode-se observar que tanto os resultados obtidos do T-SWEETS, quanto do *TidalTrust*, são valores muito determinísticos nos cenários apresentados. Isto é, ou o grau de

confiança foi nulo ou foi integral (100%). Contudo, esta deficiência pode ser justificável, uma vez que foram utilizados valores inteiros positivos e negativos. Para evitar esta limitação, o ideal é utilizar valores fracionados em uma escala de  $[-1...+1]$ .

### 6.3.1 Problema

Leskovec [22] faz uso dessas triádes para analisar os seguintes princípios: “o amigo do meu amigo é meu amigo”; “o amigo do meu inimigo é meu inimigo”; “o inimigo do meu amigo é meu inimigo”; e “o inimigo do meu inimigo é meu amigo”. Além disso, considera apenas valores inteiros de confiança,  $\{-1,+1\}$ . Essas características inviabilizam a utilização de um caminho no grafo social maior que 3, já que tornaria ainda mais ineficaz a avaliação de confiança entre dois indivíduos. Essa ineficácia deve-se, principalmente, por tornar totalmente transitiva a relação de confiança entre dois nós A e B, independente do tamanho do caminho que os une. Esta ineficácia também ocorre em um caminho 3, porém, nestes casos, há uma representação dos princípios apresentados no início desta seção (por exemplo, o amigo do meu inimigo é meu inimigo) – o propósito de Leskovec.

Tanto o *T-SWEETS* quanto o *TidalTrust*, realizam inferência com maior eficácia com entradas positivas fracionárias no intervalo  $[0,1]$ . Assim, é possível a obtenção de valores de confiança não discretos entre indivíduos da rede. Ou seja, a inferência de confiança não totalmente transitiva, um dos princípios da análise de confiança.

## 6.4 Resultados da Segunda Fase do Experimento

Para realizar uma análise sobre valores fracionados e positivos, foi usado o conjunto de dados apresentados no trabalho de [3], que são usados para analisar o algoritmo *TidalTrust*.

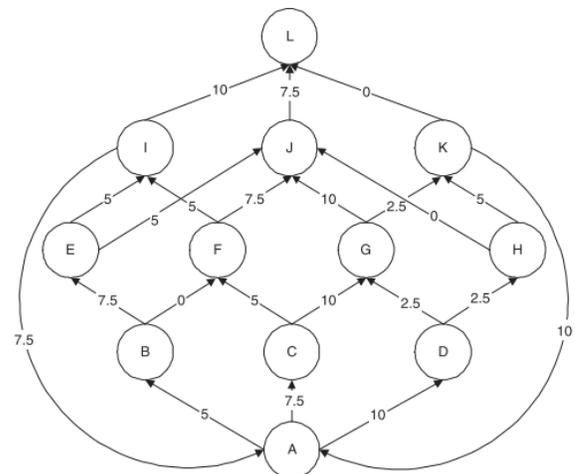


Figura 3: Grafo de relacionamentos utilizado para analisar os algoritmos (Taherian, 2008)

Após a aplicação de ambos algoritmos, *TidalTrust* e T-SWEETS, foram inferidos valores de confiança entre os nós apresentados no grafo da Figura 3. Os valores inferidos são apresentados nos Quadros 5 e 6. Os valores destacados são os graus de confiança que foram atribuídos diretamente pelos usuários a outros usuários

Quadro 5: Resultados (escala de 0 a 10) após a execução do algoritmo T-SWEETS aplicado no cenário da Figura 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	-	5	7.5	10	3.7	2	5	2.5	1.3	3.2	0.2	1.2
B	0.7	-	0.5	0.7	7.5	0	0.3	0.9	0.9	5	2.5	0.9
C	2.2	1.1	-	2.2	0.8	5	10	0.5	2.5	6.9	2.5	3.4
D	0.9	0.5	0.7	-	0.3	0.2	2.5	2.5	0.1	2.5	0.9	0.6
E	3.7	1.9	2.8	3.7	-	0.7	1.8	0.9	5	5	0	4.4
F	3.7	1.9	2.8	3.7	1.4	-	1.8	0.9	5	7.5	0	5.3
G	2.5	1.3	1.9	2.5	0.9	0.5	-	0.6	0.3	10	2.5	3.7
H	5	2.5	3.7	5	1.9	1	2.5	-	0.7	0	5	0
I	7.5	3.7	5.6	7.5	2.8	1.4	3.7	1.9	-	2.4	0.1	10
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5
K	10	5	7.5	10	3.7	1.9	5	2.5	1.3	3.2	-	0
L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 6: Resultados (escala de 0 a 10) após a execução do algoritmo TidalTrust aplicado no cenário da Figura 3. [5]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A	-	5	7.5	10	7.5	5	2.5	2.5	10	5	2.5	7.5
B	7.5	-	7.5	10	7.5	0	5.7	2.5	5	5	2.5	8.8
C	7.5	5	-	10	7.5	5	10	2.5	5	10	2.5	7.5
D	10	5	7.5	-	7.5	3	2.5	2.5	5	5	3.8	3
E	7.5	5	7.5	10	-	3	5.7	2.5	5	5	2.5	8.8
F	7.5	5	7.5	10	7.5	-	5.7	2.5	5	7.5	2.5	7.5
G	10	5	7.5	10	7.5	3	-	2.5	5	10	2.5	7.5
H	10	5	7.5	10	7.5	3	5.7	-	5	0	5	0
I	7.5	5	7.5	10	7.5	5	5.7	2.5	-	10	2.5	10
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5
K	10	5	7.5	10	7.5	5	2.5	2.5	5	10	-	0
L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 7: Média e desvio padrão dos valores dos Quadros 5 e 6.

	Média	Desvio Padrão
T-SWEETS	4,73	3,59
TidalTrust	6,27	3,13

De acordo com o que pode ser observado no Quadro 7, a média dos valores de confiança entre os relacionamentos é maior no algoritmo *TidalTrust*. O valor menor obtido no T-SWEETS é em decorrência de que este se baseia no princípio que quanto maior os caminhos de confiança que unem dois nós, menor é a relação de confiança entre eles. Assim, T-SWEETS considera que pessoas que estejam mais próximas, têm maior tendência que haja uma maior relação de confiança entre elas, já que esta relação de confiança é baseada em informações (e.g. trocas de experiências) que as pessoas possuem umas sobre as outras.

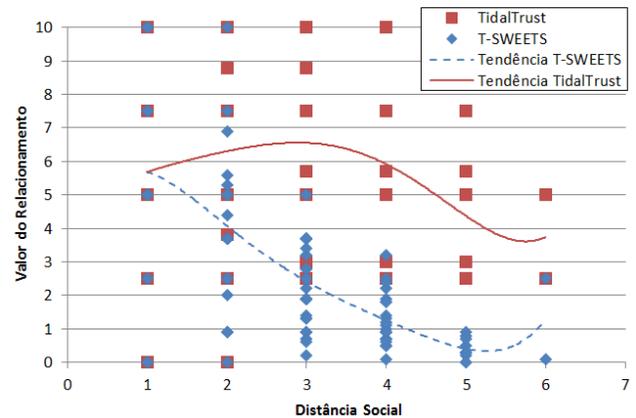


Figura 4: Dispersão dos valores obtidos para o grafo da Figura 3 com os algoritmos *TidalTrust* e T-SWEETS.

Além da dispersão (existem pontos sobrepostos) dos valores obtidos com a execução dos algoritmos *TidalTrust* e T-SWEETS, no cenário apresentado anteriormente, são aprestadas também as tendências dessas dispersão, considerando o aumento na distância do caminho social que liga dois nós no grafo. Essas linhas de tendências foram calculadas a partir da interpolação dos pontos na dispersão em um polinômio de grau 5. De acordo com o gráfico apresentado na Figura 3 (linha pontilhada) é possível observar que no T-SWEETS a tendência é decrescente, na maior parte de sua extensão, à medida que a distância social aumenta. Ao mesmo tempo, o algoritmo *TidalTrust* apresenta um comportamento sem padrão em relação à distância social. Diante da premissa que quanto maior a distância social entre dois nós há uma tendência de menor relação de confiança entre eles, o T-SWEETS apresenta um comportamento mais adequado.

## 7. CONCLUSÕES

Para uma compreensão do conceito de confiança, um dos fenômenos que sustenta a sociedade, e como este vem e pode ser explorado em ambientes computacionais, o presente artigo apresentou a definição de confiança, suas propriedades, e como esta pode ser utilizada/inferida em ambientes de redes sociais, explícitas ou implícitas.

Com a descoberta de relacionamentos ocultos de confiança em ambientes virtuais sociais, há uma tendência natural no estímulo à colaboração entre os indivíduos destes ambientes, uma vez que contribuiria para que os usuários explicitassem seus conhecimentos nestes ambientes com uma maior frequência [10]. Nesta direção, foi objetivo deste trabalho apresentar os resultados de uma análise em duas das abordagens para inferência de relacionamentos de confiança que possuem características similares para medir a eficácia de ambos e, assim, naturalmente,

identificar qual delas poderia ter um resultado mais satisfatório caso fossem efetivamente implantadas em uma plataforma virtual social. Com isso, constatou-se que a abordagem T-SWEETS [10] considera com maior eficácia a relação entre o grau de confiança e a distância social em que duas pessoas estão na rede social, uma vez que tem uma tendência natural a diminuir o nível de confiança entre dois indivíduos se estes estão a uma distância social maior um do outro. Ao mesmo tempo, a abordagem *TidalTrust* [3] não possui um comportamento padrão considerando este afastamento entre as pessoas (a distância social entre elas).

Além disso, foi constatado também com esta análise que a utilização da escala que determina o grau de confiança entre dois indivíduos na rede social pode influenciar nos resultados das inferências dos relacionamentos de confiança que estão implícitos no ambiente. Assim, é sugerido que, em uma eventual implantação das abordagens em uma plataforma social, o ideal é que seja utilizada uma escala fracionada [-1...+1] ao invés de valores inteiros positivos e negativos.

Como trabalho futuro, espera-se realizar um estudo para tentar identificar características no algoritmo T-SWEETS que possam ser utilizadas como objeto de estudo/análise em relação a outros algoritmos. Além de, também, apresentar diferentes análises dentre o conjunto de algoritmos disponíveis na literatura comparando-os uns com os outros. Para que, então, a partir destas análises possam ser apresentados dados que comprovem uma direção para o formalismo ideal para inferência de relacionamentos ocultos de confiança em redes sociais.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Yamamoto, Y. (1990): A Morality Based on Trust: Some Reflections on Japanese Morality, *Journal Philosophy East & West*. vol: 40, ed. 4, p. 451-469.
- [2] Pimentel, M., Fuks, H. (2011) *Sistemas Colaborativos*, Ed. Elsevier, p. 375.
- [3] Golbeck, J. (2005): *Computing and Applying Trust in Webbased Social Networks*. Ph.D. Dissertation, University of Maryland, College Park, MD, USA.
- [4] Golbeck, J. (2008): *Trust on the World Wide Web: A Survey*. *Foundations and Trends in Web Science*, vol. 1: no 2, pp 131-197.
- [5] Taherian, M.; Amini, M., and Jalili, R. (2008): *Trust Inference in Web-Based Social Networks using Resistive Networks*, *Proc. of ICIW*, Washington, DC, USA, pp. 233-238.
- [6] Kuter, U., Golbeck, J. (2007): *SUNNY: a new algorithm for trust inference in social networks using probabilistic confidence models*, *Proceedings of the 22nd national conference on Artificial intelligence*, p.1377-1382, ancouver, British Columbia, Canada.
- [7] Kuter, U., Golbeck, J. (2010): *Using probabilistic confidence models for trust inference in Webbased social networks*. *ACM Trans. Intern. Tech.* vol. 10, ed. 2.
- [8] Wang, G.; Wu J. (2011): *FlowTrust: Trust Inference with Network Flows*. In *Frontiers of Computer Science*. China, vol. 5, n. 2, p. 181-194.
- [9] Mamami, E. Z. S.; Gerosa, M. A., (2011): *Cálculo de Reputação em Redes Sociais*. VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, p. 202–207.
- [10] Silva et. Al. (2013): *Inferring Hidden Trust Relationships in Social Networks for Encouraging Collaboration and Cooperation among Individuals*, 19th International Conference, CRIWIG, Springer Berlin Heidelberg , v. 8224, p. 42-60.
- [11] Yamagishi, T. & Yamagishi, M. (1994): *Trust and commitment in the United States and Japan*. *Motivation and Emotion*, vol. 18, Issue 2, pp. 129–166.
- [12] Yamagishi, T., Cook, K. S. & Watabe, M. (1998): *Uncertainty, trust and commitment formation in the United States and Japan*. *American Journal of Sociology*, vol. 104, Issue 1, pp. 165–194.
- [13] Murayama, H.; Taguchi, A.; Ryu, S.; Nagata, S.; Murashima, S. (2011) : *Institutional trust in the national social security and municipal healthcare systems for the elderly and anxiety with respect to receiving elderly care in Japan: a cross-sectional study*, *Oxford Journals (Oxford University Press)*, *Health Promot*
- [14] Scheffler, I. (2010): *Worlds of Truth: A Philosophy of Knowledge By Israel iScheffler*, *Worlds of Truth: A Philosophy of Knowledge*, Oxford University Press, vol. 70, Issue 2, pp. 383-385,
- [15] Marsh, S. (1994): *Formalising Trust as a Computational Concept*. PhD thesis, Department of Mathematics and Computer Science, University of Stirling.
- [16] Deutsch, M. (1962): *Cooperation and Trust. Some Theoretical Notes*. in Jones, M.R. (ed) *Nebraska Symposium on Motivation*. Univer. Nebraska Press, xiii, p. 330.
- [17] Ries, S., Kangasharju, J., & Muhlhauser, M. (2006). *A Classification of trust systems*, 782 LNCS 4277/2006. Berlin: Springer, pp. 894–903
- [18] Katz Y.; Golbeck J. (2006): *Social network-based trust in prioritized default logic*, *proceedings of the 21st national conference on Artificial intelligence*, p.1345-1350..
- [19] Golbeck, J.; Hendler, J. (2006): *Inferring binary trust relationships in Web-based social networks*, *Journal ACM Transactions on Internet Technology*, vol. 6, ed. 4
- [20] Mahoney G.; Myrvold, W., and Shoja, G. C. (2005): *Generic Reliability Trust Model*, *Proc. of PST* pp. 113-120.
- [21] Taherian, M.; Amini, M., and Jalili, R. (2008) *Trust Inference in Web-Based Social Networks using Resistive Networks*, *Proc. of ICIW*, pp. 233-238.
- [22] Leskovec, J.; Huttenlocher, D.; Kleinberg, J.: (2010) *Signed networks in social media*, *CHI '10 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1361-1370.

# Um Método para Recomendação de Relacionamentos em Redes Sociais Científicas Heterogêneas

Patrícia Zudio de Lima  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
patricia.lima@ppgi.ufrj.br

Luziane Ferreira de Mendonça  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
luziane@dcc.ufrj.br

Jonice Oliveira  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
jonice@dcc.ufrj.br

## ABSTRACT

The social network area is in evidence nowadays. In this area, topics like academic social network and link prediction are arousing interest among researchers because of information flow problem in academic scenario. For better knowledge dissemination, several studies have been done in this area analyzing an academic social network and suggesting partnerships between researchers. Because of it, this work proposes a new link prediction method of researchers based on common neighbors and shortest path. We use Ant Colony Algorithm to implement our proposed method.

## Categories and Subject Descriptors

J.4 [Computer Applications]: Social and Behavioral Sciences, K.4.3 Organizational Impacts [Computers and Society], G.1.6 Optimization [Numerical Analysis].

## General Terms

Algorithms, Experimentation.

## Keywords

Sistemas de Recomendação, Predição de Relacionamentos, Redes Sociais.

## 1. INTRODUÇÃO

A área de análise de redes sociais é uma área abrangente que vem crescendo e despertando o interesse de vários pesquisadores nas últimas duas décadas [12]. Podemos verificar esse fato através do aumento de publicações relacionadas com esse assunto nos últimos seis anos [12]. O avanço das pesquisas nessa área possibilitou o surgimento de novas frentes de estudo mais específicas, tais como, as redes sociais científicas [26]. Tais redes retratam a interação existente entre os pesquisadores dentro da comunidade científica, através dos seus diferentes relacionamentos.

O cenário científico apresenta problemas com o fluxo da informação e com a disseminação do conhecimento. Uma das causas destes problemas é a rotatividade de pessoas neste meio. Por exemplo, o tempo de permanência de um aluno de mestrado é

bem curto, se estendendo a no máximo três anos. Quando esses alunos concluem seus estudos, levam consigo todo o aprendizado adquirido, não passando adiante o conhecimento de suas dissertações, pesquisas e projetos, para que seja dada continuidade a eles. O mesmo ocorre com *posdocs*, professores e pesquisadores que permanecem pouco tempo em uma instituição. Há também os casos das aposentadorias, transferências para outras instituições e mudanças para outros empregos. Quando esses pesquisadores e professores perdem o vínculo com a instituição, corre-se o risco de ninguém dar continuidade aos seus projetos e pesquisas. Isso pode ocorrer por falta de conhecimento do que se trata a pesquisa, pois o pesquisador pode ter trabalhado nela sozinho e não passou seu conhecimento adiante, ou ainda, por se tratarem de assuntos em que há poucas pessoas com interesse ou *expertise* neles. Esse último caso reflete aquele em que há raros especialistas dentro de uma determinada área, e quando se precisa de alguém para trabalhar no assunto, não se encontra, ou precisa resgatar pessoas já aposentadas.

Ainda relacionado ao fluxo da informação, outro problema é a maneira como o conhecimento científico é disseminado. Apesar dos avanços da Ciência, a divulgação dos resultados ainda é “paper-oriented”, ou seja, através de artigos e teses. Se dois pesquisadores trabalharem na mesma área ou áreas correlatas, mas publicarem em veículos diferentes ou participarem de eventos diferentes, existe uma chance de não se conhecerem.

No ambiente acadêmico também há casos em que o conhecimento fica restrito a um pesquisador ou a um grupo devido à ausência de interação externa. Por exemplo, em grupos de pesquisa de uma determinada área em uma universidade, naturalmente as pessoas interagem muito entre si, ocorrendo uma troca de conhecimento. Porém, a interação com outros fora do seu grupo ou instituição é mais rara. Como consequência, há grupos diferentes desenvolvendo trabalhos similares, às vezes até iguais, acarretando em gastos e retrabalho desnecessários.

Estes problemas apresentados podem ser identificados com o auxílio da análise da rede social científica. Todos os diferentes tipos de relacionamento presentes em uma comunidade científica enriquecem o entendimento sobre a rede social. Por isso, podem ser analisados para identificar grupos e a interação entre eles, melhorar o fluxo da informação e a disseminação do conhecimento. Após analisar a rede, uma das maneiras de tentar melhorar o fluxo da informação é realizar recomendações de pares, ou seja, sugerir relacionamentos entre nós da rede. Tais recomendações podem ser feitas utilizando dois tipos de redes sociais distintas: homogêneas ou heterogêneas [30]. Redes sociais homogêneas são aquelas que apresentam apenas um tipo de nó e um tipo de relacionamento. Por exemplo, uma rede social científica homogênea de coautoria apresenta relacionamentos de

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014, Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

coautoria entre pesquisadores, ou seja, os nós da rede são os pesquisadores e as arestas são os relacionamentos de coautoria entre eles. Já as redes sociais heterogêneas são redes mais complexas, pois apresentam diferentes tipos de nós e/ou diferentes tipos de relacionamentos. Em uma rede social heterogênea de viagens podemos ter pessoas e lugares como nós e, relacionamentos de visita entre pessoas e lugares, assim como relacionamentos de amizade entre as pessoas.

De acordo com [30], a maioria dos trabalhos encontrados sobre recomendação de pares em redes sociais científicas fazem uso de redes homogêneas. A rede homogênea mais utilizada para analisar os relacionamentos de colaboração entre pesquisadores é a de coautoria [31]. Porém, a acurácia da recomendação de pares é melhor quando são utilizadas redes heterogêneas [30]. Com o uso de redes heterogêneas, diferentes tipos de interação entre os pesquisadores podem ser analisados e, os diferentes tipos de relacionamento podem ser considerados no modelo de recomendação. Ao considerar somente um tipo de relacionamento no modelo de recomendação, dois pesquisadores que já possuem uma ligação podem ser recomendados equivocadamente. Como por exemplo, um caso em que dois pesquisadores de interesses em comum co-orientam alunos juntos, porém não são coautores. Na rede social de coautoria, eles não possuiriam relacionamentos e poderiam ser recomendados um ao outro, mesmo já existindo outros tipos de relacionamento entre eles. Tais relacionamentos não poderiam ser detectados devido a rede só considerar um tipo de relacionamento.

Diante disso, este trabalho visa propor um método para recomendação de novos relacionamentos entre pesquisadores utilizando redes sociais heterogêneas, levando em consideração diferentes tipos de interação científica e o perfil do pesquisador (sua formação acadêmica, titulação, bolsa de produtividade, e etc.). O método proposto utiliza o algoritmo *Ant Colony*.

Na seção seguinte (2) iremos apresentar os trabalhos correlatos. Na seção 3 será apresentada a arquitetura conceitual da abordagem proposta. Na seção 4 será descrito o extrator de dados criador para coletar as informações dos currículos Lattes [15] dos pesquisadores para montar a rede social. Na seção 5 será apresentado o método de recomendação. A seção 6 traz a conclusão deste trabalho. E por fim, a seção 7 conterá os agradecimentos.

## 2. TRABALHOS CORRELATOS

A área de recomendação de relacionamentos em redes sociais científicas possui trabalhos com abordagens bem distintas entre si, que levam em consideração diferentes aspectos da rede para realizar as recomendações entre pesquisadores. Alguns trabalhos consideram as características dos nós, ou seja, os atributos, para determinar a semelhança entre eles. Tais características podem ser: áreas de pesquisa, palavras-chaves contidas em artigos, expertise, local de trabalho, língua falada, e etc. Há ainda trabalhos que consideram os relacionamentos existentes entre os nós, tais como, coautoria, citação, referência bibliográfica, participação em eventos, e etc.

Em [18] são utilizadas as áreas de pesquisa de um pesquisador como uma das medidas para calcular a similaridade entre ele e outros pesquisadores. Para definir as áreas de cada pesquisador foram utilizadas as palavras-chaves extraídas dos títulos das publicações de cada um deles. O nosso método também utiliza as áreas de pesquisa de um pesquisador, porém considerando as áreas de atuação que são inseridas em seu currículo Lattes.

Palavras-chaves também são utilizadas por [29], porém, em seu trabalho ele considera as palavras-chaves que já estão presentes nas publicações. Há trabalhos que não levam em consideração palavras-chaves extraídas de artigos para medir a semelhança entre pesquisadores, mas sim as referências e citações. É o caso do trabalho [11] de Heck, em que dois pesquisadores são semelhantes se os trabalhos referenciados em suas publicações forem similares. Se dois pesquisadores forem citados pelos mesmos trabalhos, também são considerados semelhantes. Ao usar essa abordagem, Heck em [11] está indiretamente tentando descobrir as áreas de pesquisa de pesquisadores.

Um desafio nesta área é levar em consideração características pessoais dos nós para fazer as recomendações, pois é difícil obter tais dados [30]. Já características profissionais, com respeito a publicações, encontram-se disponíveis em diferentes bases de dados na World Wide Web, como por exemplo, a base de dados da Dblp [6]. No âmbito nacional, essas informações podem ser extraídas da Plataforma Lattes [15]. Para tentar utilizar características pessoais, [24] fez uso do Myers-Briggs Type Indicator (MBTI) [25], uma classificação tipológica para identificar o perfil psicológico de cada pesquisador. Além disso, ele também utilizou as competências dos pesquisadores, extraídas através da mineração das publicações. Devido ao uso do MBTI, foi possível recomendar pesquisadores com perfis compatíveis, idênticos ou opostos. Brandão em [3] fez uso do princípio de homofilia para recomendar pares. Este princípio afirma que pessoas tendem a se relacionar com pessoas que possuam características similares. Para aplicar este princípio, Brandão considera que pesquisadores tendem a colaborar com pesquisadores de instituições com as quais eles já tenham colaborado anteriormente.

As características citadas anteriormente, utilizadas para a recomendação de pares, são comumente encontradas na literatura. São características clássicas que compõem o perfil de um pesquisador e que são utilizadas em muitos trabalhos. No entanto, Heck em [11] propõe uma característica nova, que não provém diretamente do pesquisador, mas do olhar que uma pessoa tem sobre os trabalhos daquele pesquisador. Ela propõe explorar as informações contidas em redes sociais online, como por exemplo, o Citeulike [5], para melhorar a recomendação. Para isso, ela usa as classificações dadas aos artigos dos pesquisadores para detectar a semelhança entre eles. Essa classificação é feita por usuários do Citeulike a partir de tags. Os pesquisadores que possuem trabalhos classificados com um conjunto de tags iguais são considerados similares.

Além das características dos nós, podem ser utilizadas características topológicas da rede, ou seja, de sua estrutura, para fazer recomendações. A estrutura de uma rede social pode afetar o seu funcionamento, ou seja, o modo como a informação se propaga entre os membros da rede [28]. A partir da análise da estrutura é possível detectar problemas na mesma e, uma tentativa de amenizar tais problemas é fazer a recomendação de relacionamentos. Para detectar nós problemáticos na rede, [24] utiliza algumas métricas que detectam características dos nós e da rede como um todo, tais como: densidade, inclusividade, centralidade local absoluta, centralidade local relativa e centralidade global. [28] também utiliza a topologia da rede para prever relacionamentos, porém, com uma proposta diferente: ao invés de prever um relacionamento no futuro que não existe no presente, ele prevê relacionamentos recorrentes, ou seja, prevê se existirão novos relacionamentos no futuro entre dois nós que já

possuem pelo menos um relacionamento no presente. Para isso, ele utiliza redes de coautoria em seu experimento.

Há trabalhos que levam em consideração tanto as características dos nós quanto a topologia da rede, como [24] e [29]. Em [30] e [16], congressos, artigos, autores (pesquisadores) e tópicos (frases frequentes que foram extraídas dos títulos dos artigos) são utilizados como nós na rede. [30] e [16] utilizaram diferentes relacionamentos entre os tipos de nós citados anteriormente, tais como: relacionamento de autoria entre pesquisador e artigo, de publicação entre pesquisador e congresso, de citação entre artigos, de citação entre pesquisador e tópico e, por fim, o relacionamento entre tópicos, onde um tópico contém outro. Todos esses relacionamentos são bidirecionais. Esta é outra característica da rede que pode ser explorada: dependendo da direção do relacionamento, ele pode apresentar uma semântica diferente. [18] explora tais relacionamentos bidirecionais. Em seu trabalho é definida a métrica cooperação global, que mede o grau de colaboração entre dois pesquisadores.

### 3. ARQUITETURA CONCEITUAL

Para elaborar o método de recomendação de relacionamentos em uma rede social científica heterogênea foram necessárias algumas etapas, conforme ilustrado na Figura 1.

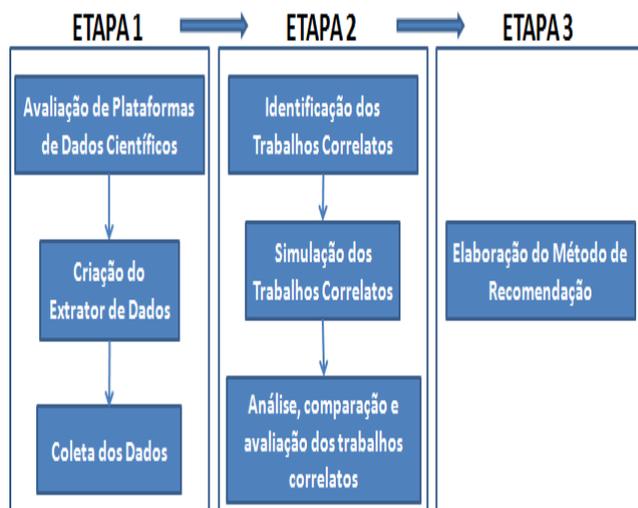


Figura 1. Arquitetura Conceitual - Etapas do Trabalho

A primeira etapa consiste de 3 subetapas. O objetivo final da etapa 1 era coletar os dados para montar a rede social científica. Para coletar tais dados, primeiro foi feita uma avaliação de diferentes plataformas/sistemas que disponibilizam informações sobre a comunidade científica. As plataformas avaliadas foram: Lattes [15], Dblp [8], Microsoft Academic Search (MAS) [23] e Arnet Miner [2]. Nas plataformas avaliadas, com exceção do Lattes, as informações apresentadas são inferidas a partir de dados extraídos automaticamente de diferentes sites existentes na internet. Com isso, tais plataformas apresentam informações equivocadas sobre os pesquisadores, como por exemplo, áreas de pesquisa em que o pesquisador nunca havia atuado. Como a plataforma Lattes apresenta dados que foram inseridos manualmente pelos próprios pesquisadores, é possível afirmar que a confiabilidade de tais informações é maior. Diante disso, foi

escolhida a plataforma Lattes como a fonte de onde os dados seriam extraídos. A subetapa seguinte foi a de criação do extrator de dados, que será descrito brevemente posteriormente. Por fim, foi realizada a coleta dos dados dos pesquisadores necessários para a criação da rede social científica. Após a coleta de dados foi feita ainda uma validação dos mesmos para garantir que as informações a serem analisadas e utilizadas pelo método estariam corretas. Tal validação foi feita a partir da comparação manual entre os dados na base e os currículos lattes dos pesquisadores.

A etapa seguinte envolveu os trabalhos correlatos. Foram identificados trabalhos correlatos a esse para descobrir lacunas no estado da arte e observar como os métodos de recomendação existentes se comportam, assim como seus pontos positivos e negativos. E assim, a partir dessas observações, elaborar o nosso método. Isso foi feito a partir da simulação manual dos trabalhos correlatos em uma rede social científica restrita e pré-definida: a rede social científica dos pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Após a simulação, foi feita a análise, comparação e avaliação dos trabalhos correlatos, utilizando diferentes métricas de avaliação de sistemas de recomendação. A partir da análise dos trabalhos correlatos também foi possível observar como ocorre a interação e colaboração entre pesquisadores nas redes sociais utilizadas em tais trabalhos.

A terceira etapa do trabalho foi a de elaboração do método de recomendação, baseada na observação dos trabalhos correlatos feita na etapa anterior.

As próximas etapas serão de implementação e avaliação do método proposto. Foi feito um protótipo inicial em Matlab do algoritmo Ant Colony. Porém, tal protótipo não foi avaliado com dados reais até o momento.

### 4. O EXTRATOR DE DADOS

Para montar a rede social científica é necessário obter diferentes informações sobre os pesquisadores. Essas informações variam de acordo com a estratégia utilizada para fazer a recomendação. Uma rede social científica pode conter, por exemplo, características pessoais dos pesquisadores, tais como, titulação, quantidade de artigos publicados, prêmios conquistados, e etc. Tais dados podem ser encontrados em plataformas/sistemas, em sua maioria *web*, que divulgam o conhecimento científico. A Microsoft Academic Search (MAS), por exemplo, disponibiliza suas informações a partir de serviços *web*. Essas informações podem ser acessadas via requisição HTTP GET no formato JSON ou via protocolo SOAP [22]. Diferente do MAS, o Arnet Miner disponibiliza seus dados através de diferentes serviços *web* RESTful e arquivos de texto [1]. Já a Dblp disponibiliza sua base de dados completa no formato XML [6], sendo possível ainda acessar seus dados a partir de requisições HTTP GET [7]. Há ainda sistemas que não disponibilizam suas informações ou disponibilizam apenas parcialmente. Para esses casos é necessário desenvolver algumas alternativas para obter tais informações, como a construção de um software para extrair os dados das páginas HTML. O Lattes é um exemplo desse tipo de plataforma. Seus dados são disponibilizados parcialmente em alguns casos específicos, não estando acessíveis a qualquer instante como nas outras aplicações [14].

Dentre as plataformas, como já foi mencionado anteriormente, o Lattes se tornou a base mais propícia para a captura das informações. Devido ao seu preenchimento manual, acreditamos que suas informações são mais confiáveis do que as dos outros

sistemas que são extraídas automaticamente. Outro ponto a ser comentado é que o Lattes é uma rica fonte de dados, contendo diversas informações da vida acadêmica de um pesquisador e que são necessárias para esta pesquisa, tais como, seu nome, titulação, publicações, projetos, bolsa de produtividade, dentre outros. As demais plataformas analisadas não continham todos esses dados sobre os pesquisadores.

Dessa forma, um extrator de dados foi construído para ler o currículo Lattes de um pesquisador e extrair as informações necessárias. Os dados extraídos foram armazenados em um banco de dados relacional para posteriores consultas. Foram capturadas as seguintes informações: Bolsa de Produtividade do CNPq, Formação Acadêmica/Titulação, Atuação Profissional Atual, Áreas de Atuação, Bancas, Orientações, Publicações dos Pesquisadores, sejam em Revistas ou Congressos e Participação em Projetos.

Cada uma das informações extraídas é importante para formar o perfil de cada pesquisador. A partir da bolsa de produtividade, da formação acadêmica e da atuação profissional do pesquisador inferimos a sua expertise, ou seja, o quanto ele sabe de um determinado assunto ou área.

As áreas de atuação indicam os campos de interesse do pesquisador. Com esta informação é possível recomendar pesquisadores que atuam nas mesmas áreas ou em áreas complementares, mas que nunca interagiram. No método proposto serão recomendados pesquisadores que atuem nas mesmas áreas.

As informações coletadas com respeito a bancas, orientações, publicações e projetos não se restringiram aos seus atributos, como o ano em que ocorreram ou seus títulos, mas também foram coletados os relacionamentos em si para cada um destes itens. A partir desses relacionamentos é possível identificar quais pesquisadores já interagiram.

A participação em bancas de dissertação de mestrado e teses de doutorado pode ser um indicativo da experiência profissional do pesquisador em um determinado assunto, ou seja, do grau de sua *expertise*. Pois, são convidadas para bancas de defesa pessoas que conhecem bem o assunto a ser abordado. Porém, no método proposto, a participação em bancas não será utilizada para detectar a *expertise* do pesquisador, mas servirá para identificar relacionamentos fracos entre os mesmos.

A partir de todas as orientações já feitas por um pesquisador é possível descobrir o histórico das áreas de atuação do mesmo, ou seja, se ele continua atuando nas mesmas áreas desde o início da sua carreira ou se houve uma mudança. As informações de orientações coletadas também abrangem as coorientações. O relacionamento de coorientação pode indicar se dois pesquisadores têm interesses em comum, ou ainda, se trabalham em áreas complementares. Se a parceria ocorrer repetidas vezes é um indicativo de que o relacionamento foi positivo. Caso contrário, ocorreu algo que impediu que a parceria se repetisse. O relacionamento de orientação entre pesquisadores é um relacionamento forte, pois até conseguir independência na pesquisa, o pesquisador ainda se mantém ligado ao orientador. Geralmente é o orientador que proporciona os relacionamentos iniciais de um pesquisador júnior.

As publicações representam os relacionamentos de coautoria existentes entre pesquisadores. Assim como nas coorientações, o relacionamento de coautoria também pode indicar se dois pesquisadores têm interesses em comum ou não, ainda que existam casos de publicações que envolvam áreas distintas. Neste

último caso, os interesses dos pesquisadores poderiam ser considerados complementares. O relacionamento de coautoria é um relacionamento que pode ser considerado forte ou fraco, pois há diversas razões que fazem com que dois pesquisadores publiquem um trabalho juntos, tais como: participar do mesmo projeto, coorientar um trabalho, um pesquisador auxiliar o outro em alguma etapa da pesquisa, um pesquisador escrever um livro em colaboração com outro e etc.

A publicação contém um atributo que é o local em que a publicação foi feita, ou seja, o congresso, revista ou conferência em que o trabalho foi publicado. A submissão de trabalhos repetidamente para locais que abordem os mesmos assuntos, também pode ser um indicativo da área de atuação do pesquisador. Se forem selecionadas as últimas publicações a partir de um determinado período de tempo até a presente data, é possível descobrir a área de atuação atual do pesquisador.

Por fim, a partir dos projetos em que um pesquisador está envolvido, também é possível inferir as suas áreas de atuação.

Para a experimentação completa do modelo, foram coletadas as informações dos currículos Lattes dos pesquisadores dos programas de pós-graduação do Brasil da área de Ciência da Computação que foram avaliados pela Capes no triênio iniciado em 2010 com nota superior a 2, totalizando 54 instituições.

## 5. O MÉTODO DE RECOMENDAÇÃO

Esta seção apresenta o método de recomendação proposto por este trabalho. Serão descritos: a fórmula utilizada para detectar a semelhança entre pesquisadores, os critérios utilizados para ponderar a fórmula e o algoritmo Ant Colony utilizado para implementar o método.

### 5.1 Descrição do Método

Há diferentes métodos que podem ser utilizados para a recomendação de relacionamentos em redes sociais. Tais métodos usualmente são derivados da teoria dos grafos e da análise de redes sociais [17]. De uma forma geral, existem os métodos baseados na vizinhança do nó e os métodos baseados no caminho mínimo. Os métodos baseados na vizinhança do nó partem do princípio de que há uma probabilidade maior de dois nós se relacionarem no futuro se eles possuírem muitos vizinhos em comum [17]. Já os métodos baseados no caminho mínimo se apoiam no princípio de que redes de colaboração são “small-worlds”, ou seja, são redes em que os nós estão conectados através de caminhos curtos [17]. Cada um deles se adequa melhor a um determinado tipo de problema. Por exemplo, o método de conexão preferencial, baseado na vizinhança dos nós, é usualmente utilizado em redes de colaboração, tais como uma rede social científica [17] [27]. [17] e [19] apresentam uma descrição detalhada dos métodos de recomendação de relacionamentos em redes sociais, porém, cada um usa uma classificação diferente para agrupá-los.

Dentre os métodos baseados na vizinhança dos nós, podemos citar o que leva em consideração o número de vizinhos em comum. Segundo [27], quanto maior o número de vizinhos em comum entre dois pesquisadores, maior será a probabilidade de eles virem a colaborar no futuro. Outro método que podemos citar é o “preferencial attachment” ou conexão preferencial, citado anteriormente. Tal método afirma que a probabilidade de um pesquisador colaborar com outros aumenta de acordo com o número de colaborações passadas que ele possui [27]. A abordagem de recomendação proposta neste trabalho utiliza

esses dois métodos baseados na vizinhança do nó citados anteriormente - vizinhos em comum e “preferencial attachment” – em diferentes momentos, conforme será explicado posteriormente.

Para elaborar o método de recomendação proposto, baseado nos trabalhos correlatos analisados, foram considerados três fatores diferentes: i) a compatibilidade entre os nós vizinhos, ii) a popularidade dos nós possíveis de serem recomendados (chamados de nós destinos) e, iii) as áreas de atuação que os pesquisadores possuem em comum. Abaixo segue o *pseudo código*:

$$\begin{aligned} \text{Score}(P1, P2) = & \\ = & \text{Compatibilidade}(P1, \text{Vizinhos}P1 \cap \text{Vizinhos}P2) * p1 + \\ & + \text{Áreas em Comum}(P1, P2) * p2 + \\ & + \text{Popularidade do Nó Destino} * p3 \end{aligned}$$

Onde:

- P1 e P2: pesquisadores,
- VizinhosP1: nós vizinhos de P1,
- VizinhosP2: nós vizinhos de P2,
- p1, p2, p3: pesos atribuídos a cada fator do pseudo código de acordo com sua importância.

Cada um dos fatores do método de recomendação serão explicados nas seções 5.1.1, 5.1.2 e 5.1.3.

A abordagem proposta leva em consideração diversos tipos de relacionamento existentes entre os pesquisadores, caracterizando-se assim uma rede social heterogênea. Poucos trabalhos atualmente levam em consideração redes sociais heterogêneas para fazer recomendações de relacionamentos [30]. Além disso, esta abordagem também leva em consideração o grau de *expertise* do pesquisador para realizar a recomendação. Tal grau é utilizado para ponderar a fórmula de recomendação proposta. Dependendo do grau de *expertise* do pesquisador, será priorizado o fator de compatibilidade ou o fator de popularidade do método, conforme será descrito nas próximas seções.

### 5.1.1 Compatibilidade

A **compatibilidade** entre os nós vizinhos mede a compatibilidade entre dois pesquisadores a partir dos relacionamentos que eles possuem com seus vizinhos em comum. Este fator da equação considera os diferentes tipos de relacionamentos existentes entre os pesquisadores e seus vizinhos. Os tipos de relacionamentos utilizados foram:

- coautoria,
- participação em banca,
- participação nos mesmos projetos,
- coorientação,
- orientação.

Na abordagem proposta, foi atribuído um peso diferente para cada tipo de relacionamento, baseado no seu grau de importância. Cada peso varia de 1 a 3. Para determinar o grau de importância dos relacionamentos, foram utilizados os conceitos de homofilia, indução e confusão, citados por Christakis em [4], os quais são bases para a criação de novos relacionamentos. Segundo Christakis, a **homofilia** caracteriza o comportamento das pessoas de se unirem a outras que possuem características similares às

suas. No caso do ambiente acadêmico, um pesquisador tende a colaborar com outros que são da mesma área de atuação que ele ou que possuem o mesmo nível de *expertise*, por exemplo. Outras características que poderiam ser levadas em consideração são o local de trabalho, a idade, a localização geográfica, o tempo de formação, o tempo de atuação, dentre outros.

No caso da **indução**, Christakis afirma em [4] que pessoas tendem a fazer o que pessoas que se relacionam com ela fazem. Ou seja, é uma característica que pode estar relacionada diretamente aos relacionamentos entre as pessoas. Por exemplo, se um pesquisador A se relaciona com o pesquisador B e o pesquisador B se relaciona com o pesquisador C, por indução, os pesquisadores A e C podem vir a se relacionar.

Por fim, a **confusão** está relacionada com a exposição aos mesmos fatores. Pessoas que estão expostas aos mesmos fatores possuem um relacionamento indireto entre elas. Por exemplo, o relacionamento de participação em banca é um relacionamento indireto entre dois pesquisadores aonde eles foram expostos à defesa de um trabalho. Submeter trabalhos aos mesmos locais também pode ser considerado um relacionamento indireto entre dois pesquisadores.

Dados os critérios apresentados acima, dividimos e ponderamos as características individuais e os tipos de relacionamentos entre os pesquisadores conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1. Categorização dos relacionamentos e atributos e seus respectivos pesos.**

Homofilia	Indução	Confusão
Área de Atuação (3)	Orientação (3)	Participação em banca (1)
Grau de <i>Expertise</i> *	Coorientação (2)	Submissão aos mesmos locais (1)
Participação em Projeto (2)	Coautoria (2)	

Enquanto todos os itens descritos na Tabela 1 representam tipos de relacionamentos, a Área de Atuação e o Grau de *Expertise* são utilizados para caracterizar o perfil do pesquisador. No caso do grau de *expertise*, ele será formado pelos seguintes fatores: i) a função que o pesquisador exerce, ou seja, sua atuação profissional atual (por exemplo, se ele é professor adjunto ou titular) ii) o nível de sua bolsa de produtividade do CNPQ (caso tenha) iii) formação acadêmica (se o pesquisador é Mestre ou Doutor, ou se possui pós-doutorado) iv) e o tempo de formação.

A atuação profissional atual de um pesquisador nos diz em que degrau de sua carreira o mesmo se encontra. Na progressão habitual da carreira de pesquisador, o mesmo pode ser Emérito, Titular, Associado, Adjunto, Livre Docente, Assistente ou Auxiliar, sendo o nível mais alto da carreira atingido quando o mesmo se torna Emérito. Para cada um desses níveis de carreira, o pesquisador deve possuir uma titulação mínima. Por exemplo, para um pesquisador ser Assistente é necessário que ele possua pelo menos o título de Mestre. Quanto maior a titulação, maior o nível que o pesquisador pode atingir. Além da titulação mínima, outros fatores são considerados para que um pesquisador atinja cada um desses níveis em sua carreira, como o número de publicações e a relevância delas. Considerando esses fatores, para cada um dos níveis da carreira de um pesquisador foi atribuído um peso variando de 1 a 3, onde 3 indica o nível mais alto da carreira e 1 indica o nível inicial, da seguinte maneira: Emérito (3), Titular

(2,8), Associado (2,5), Adjunto (2), Livre Docente (2), Assistente (1,5), Auxiliar (1), Demais (0,5).

Para determinar o segundo fator da *expertise* foram levadas em consideração as diferentes bolsas concedidas aos pesquisadores. Essas bolsas são fornecidas de acordo com o desempenho apresentado por eles em suas pesquisas, produções tecnológicas e ensino. Dentre as bolsas oferecidas, as de produtividade são consideradas as mais importantes e, devido a isso, apenas elas foram utilizadas para o cálculo da *expertise*. Dentre as bolsas de produtividade, existem as de produtividade em pesquisa, que são destinadas aos pesquisadores que se destacam na produção científica. Existem também as bolsas de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora, destinadas aqueles que se destacam na produção de desenvolvimento tecnológico e inovação. Cada uma dessas bolsas possui diferentes níveis. Para calcular a *expertise* foi atribuído um peso para cada um desses níveis da seguinte maneira: nível 2 (peso 1), nível 1D (peso 2), nível 1C (peso 2,3), nível 1B (peso 2,6) e nível 1A (peso 3), onde 2 é o nível inicial e 1A é o maior nível.

O último fator utilizado para calcular a *expertise* é a formação acadêmica. Nele, é considerada a última titulação adquirida por um pesquisador, como por exemplo, Mestre ou Doutor, em conjunto com o ano de obtenção do título. No caso em que o pesquisador possuir dois tipos de formações iguais como últimas formações, será considerada a primeira formação adquirida. Por exemplo, supondo que o pesquisador possua dois doutorados, será considerado o ano do primeiro doutorado obtido, pois a partir dele, o pesquisador já passou a ter o título de Doutor. Conforme os outros fatores considerados para calcular a *expertise*, para cada formação acadêmica foi atribuído um peso, do seguinte modo: Doutorado (3), Livre Docência (3), Mestrado (2), Especialização (1).

Compondo esses três fatores, será dado um peso variando de 0 a 1 ao grau de *expertise* do pesquisador, onde 1 representa um pesquisador sênior e, valores próximos a 0 representam o pesquisador júnior, ou seja, em início de carreira. Quanto mais próximo do 1, mais sênior o pesquisador será.

Para determinar a compatibilidade final entre dois pesquisadores P1 e P2, deve-se: 1) calcular a compatibilidade parcial entre P1 e seus vizinhos em comum com P2; 2) calcular a compatibilidade parcial entre P2 e seus vizinhos em comum com P1; 3) somar as duas compatibilidades parciais.

O valor dado da soma das compatibilidades parciais entre P1 e P2 e seus vizinhos pertence a um intervalo que varia de 0 a N. Quanto maior for o valor, maior será a compatibilidade entre os pesquisadores. Para calcular a compatibilidade parcial, utilizamos o método proposto por [21]. Ele propõe uma equação que calcula o número de relacionamentos de diferentes tipos existentes entre dois pesquisadores, considerando: i) a idade do relacionamento, ou seja, o quão recente ou o quão antigo é o relacionamento; ii) o tipo de relacionamento, onde cada relacionamento recebe um peso diferente, descrito na Tabela 1; e iii) a quantidade de relacionamentos.

A idade do relacionamento é utilizada para refletir se aquele é um relacionamento que ainda se mantém forte entre os dois pesquisadores ou se é um relacionamento que deixou de existir com o decorrer do tempo. Por exemplo, um pesquisador P1 que possui 2 publicações com um pesquisador P2 em 2014 deve ter uma compatibilidade maior com P2 do que um pesquisador P3 que possui 2 publicações com P2 em 2010. Para isso, as

compatibilidades receberão uma penalização devido ao ano em que o relacionamento ocorreu.

O tipo de um relacionamento, em conjunto com a quantidade daquele tipo de relacionamento, também é importante para determinar a compatibilidade entre dois pesquisadores, pois dependendo do seu tipo e quantidade, o relacionamento pode ser indireto ou direto, fraco ou forte. Em [21] foi utilizado o mesmo peso para todos os tipos de relacionamento, porém, em nosso método utilizamos os pesos definidos na Tabela 1.

A seguir, segue a equação proposta por [21] que foi utilizada neste trabalho para calcular a compatibilidade parcial entre um pesquisador e seus vizinhos.

$$\text{CompatibilidadeParcial}(P_1, P_x) = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^d T_j * R_i * \alpha_i$$

Onde: -  $P_x \in P1 \cap P2$ ,

- R: força do relacionamento do tipo i entre P1 e  $P_x$ ,

-  $\alpha$ : peso dado ao relacionamento do tipo i.

- T: valor de penalização com relação ao ano em que o relacionamento ocorreu.

- t: total de tipos de relacionamento entre P1 e  $P_x$ .

- d: duração de cada relacionamento em anos.

Para calcular R, ou seja, a força do relacionamento, utilizamos a fórmula a seguir, também proposta por [21]:

$$R_i = RC_i / TR1 + TRx$$

Onde:

-  $RC_i$ : número de relacionamentos do tipo i entre P1 e

$P_x$ .

- TR1: total de relacionamentos do tipo i do pesquisador

P1.

- TRx: total de relacionamentos do tipo i do pesquisador

$P_x$ .

A função de penalização do tempo é dada por:

$$T_j = e^{1/(A_a - A_r)}$$

Onde:

-  $A_a$ : ano atual,

-  $A_r$ : ano do relacionamento.

A seguir será descrito o fator áreas em comum do método de recomendação proposto.

### 5.1.2 Áreas em Comum

O fator de **áreas em comum** mensura os interesses em comum que dois pesquisadores possuem. Esse fator considera as áreas de atuação que os pesquisadores colocam em seus currículos Lattes. Tais áreas podem ser preenchidas de forma manual ou não. Quando o pesquisador insere sua área de atuação de forma manual, ele digita a área que ele deseja em seu currículo. A outra forma de preenchimento é selecionando uma das áreas que o

próprio Lattes oferece, através de uma taxonomia do CNPq. Essa tabela contém áreas bem genéricas, tais como: Ciência da Computação, Sistemas de Informação, dentre outras.

Quando o pesquisador insere uma área manualmente, julgamos que essa área tem maior importância para ele e que ela é uma área mais específica de seu interesse. Por isso, ao calcular a semelhança entre dois pesquisadores a partir da fórmula dada anteriormente, consideramos que as áreas de atuação preenchidas manualmente devem receber um peso maior do que as outras.

A seguir será apresentado o fator da área de atuação da fórmula:

$$A(P_1, P_2) = (\text{NumAreasComunsCNPQ} * p1) + (\text{NumAreasComuns} * p2)$$

Onde:

- NumAreasComunsCnpq: número de áreas em comum da tabela do CNPQ entre o pesquisador P1 e o pesquisador P2.
- NumAreasComuns: número de áreas em comum inseridas manualmente entre o pesquisador P1 e o pesquisador P2.
- p1: peso dado ao número de áreas comuns da tabela do CNPQ.
- p2: peso dado ao número de áreas comuns inseridas manualmente.
- $p2 > p1$ .

### 5.1.3 Popularidade do Nó Destino

O último fator que falta ser descrito é a **popularidade do nó destino**. Nó destino são todos os nós que podem vir a ser recomendados para um pesquisador em questão. Um nó é dito popular quando possui muitos vizinhos. Portanto, este fator mede a popularidade de um nó, ou seja, ele leva em consideração a quantidade de vizinhos que o nó possui. Quanto maior o número de vizinhos, maior será a popularidade. A popularidade do nó destino foi adicionada à fórmula pensando nos pesquisadores em seus diferentes momentos da carreira: do momento que é um pesquisador júnior ou um pesquisador sênior.

O fator de compatibilidade (explicado na seção 5.1.1) da fórmula analisa os nós vizinhos em comum aos nós que se deseja prever um relacionamento. Porém, um pesquisador júnior, em início de carreira, não possui muitos relacionamentos na rede, ou seja, não possui muitos nós vizinhos. Portanto, essa estratégia poderia não ser muito efetiva, podendo ocorrer o problema do *Cold Start* [13], em que não se tem muita informação sobre o item que você deseja oferecer recomendações. Devido a isso, um pesquisador júnior deve entrar em contato com pesquisadores populares ou *sênior*s, para ampliar a sua rede de relacionamentos.

Segundo [27], a probabilidade de um pesquisador colaborar com outros aumenta de acordo com o número de colaborações que aquele pesquisador já possui. Ou seja, quanto maior o número de vizinhos de um pesquisador, maior a probabilidade dele vir a colaborar com outro pesquisador. Baseado em tal afirmação, [27] criou a medida Conexão Preferencial. Esta medida é calculada a partir do produto entre o número de vizinhos de cada pesquisador. É exatamente esta medida que chamamos de Popularidade do nó vizinho.

Portanto, no método de recomendação proposto, cada fator da fórmula receberá um peso de acordo com o grau de *expertise* do pesquisador. Para os pesquisadores em início de carreira, o fator de popularidade do nó destino receberá um peso maior que o fator de compatibilidade. No caso dos pesquisadores plenos ou *sênior*s, o fator de compatibilidade será maior que o fator de popularidade.

Para definirmos os valores que serão utilizados nesses pesos, faremos uma série de testes até ajustá-los ao melhor valor possível dentro de cada situação.

### 5.1.4 Considerações sobre os fatores

O fator compatibilidade do método proposto também está baseado no princípio de **indução**, mencionado anteriormente, pois ele leva em consideração os vizinhos em comum entre dois pesquisadores que nunca se relacionaram. Segundo [4], tal princípio diz que pessoas tendem a fazer o que pessoas que se relacionam com elas fazem. Portanto, se duas pessoas se relacionam com muitas pessoas em comum, elas possivelmente tenderão a se relacionar em algum momento no futuro, induzidas pelos relacionamentos de seus vizinhos. Principalmente se tais pessoas compartilharem interesses em comum, pois, segundo o princípio de **homofilia**, pessoas tendem a se relacionar com pessoas que possuem características semelhantes às dela.

O fator de áreas de atuação do método proposto também está baseado no princípio de **homofilia**, pois quanto maior o número de áreas de atuação em comum entre dois pesquisadores, maior será o “grau de homofilia” entre eles.

Por fim, o fator de popularidade do nó destino do método proposto está baseado no princípio de **confusão**, pois tal princípio afirma que pessoas expostas aos mesmos fatores possuem um relacionamento indireto entre elas. Pesquisadores populares estão expostos a muitos relacionamentos, muitos vizinhos. Pessoas não populares estão expostas a poucos relacionamentos, poucos vizinhos.

## 5.2 Algoritmo das Formigas (Ant Colony)

Para implementar o método de recomendação proposto anteriormente, utilizamos o algoritmo das formigas ou *Ant Colony* [10]. Essa escolha foi feita porque o algoritmo das formigas é um algoritmo de otimização criado para solução de problemas computacionais que envolvem a procura de caminhos em grafo.

Em [20] é utilizado o algoritmo das formigas para recomendar um conjunto de pessoas para relacionamentos em uma rede social de relacionamentos. Apesar de o domínio ser diferente, o objetivo final é o mesmo: recomendar relacionamentos.

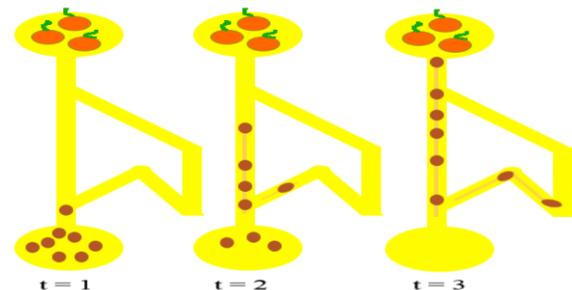


Figura 2. Ilustração do Algoritmo das Formigas.

O algoritmo das formigas simula o comportamento das formigas em busca de comida [9]. Inicialmente a formiga sai do formigueiro, em busca de comida, sem destino exato, ou seja, ela escolhe um caminho aleatoriamente (ver Figura 2 em  $t = 1$ ). Ao caminhar por esse caminho, a formiga deposita uma substância chamada feromônio no solo, para marcar o caminho e poder voltar por ele posteriormente (Figura 2 em  $t = 2$ ). As formigas se sentem atraídas por essa substância (Figura 2 em  $t = 3$ ). Ao achar comida, a formiga volta pelo mesmo caminho, depositando feromônio nele também. Portanto, o caminho inicial que levou até a comida possui duas vezes mais feromônio do que os demais caminhos. Com isso, as próximas formigas que saírem do formigueiro, tendem a ir por esse caminho, pois ele está com maior concentração de feromônio. Com o passar do tempo, o feromônio vai evaporando do solo. Ou seja, caminhos por onde a formiga não passa frequentemente e que não levaram a comida ficam com uma concentração menor do que os caminhos que levaram a comida e que as formigas passaram com mais frequência. Ao final de muitas iterações, o caminho com maior concentração de feromônio, tende a ser o melhor caminho.

Além da concentração de feromônio, o algoritmo da formiga também leva em consideração a atratividade do caminho, na hora de escolher por qual caminho seguir. A atratividade do caminho, na abordagem de [20], estava relacionada a características dos nós do caminho e era representada por uma função. Na abordagem proposta, a atratividade do caminho também levará em consideração características dos nós, mas além disso, levará em consideração os relacionamentos entre os nós vizinhos em comum ou a popularidade do nó destino. Ou seja, a função de atratividade da abordagem proposta será a função de recomendação descrita anteriormente.

O algoritmo da formiga também leva em conta uma terceira função chamada de objetivo. Tal função determina qual o melhor caminho dentre todos os melhores caminhos percorridos em cada interação. No nosso caso, a função objetivo deverá maximizar a função de atratividade, pois, quanto maior o valor dado pela função de atratividade, melhor será o nosso caminho. Portanto, a função objetivo desta abordagem maximizará a função de atratividade.

### 5.3 Exemplo de Uso do Método

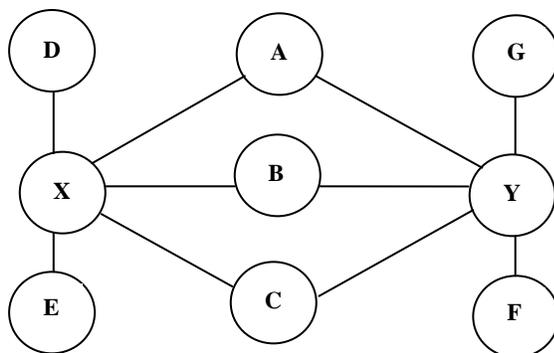


Figura 3. Exemplo de rede de relacionamentos entre pesquisadores.

Nesta seção será apresentado um exemplo do método de recomendação proposto.

Considere os dois pesquisadores X e Y conforme ilustrado na Figura 3. Os dois pesquisadores não possuem nenhum tipo de relacionamento em comum, porém possuem três vizinhos em comum: os nós A, B e C.

X possui ligação forte tanto com o pesquisador A quanto com o B, pois possui diversos relacionamentos de coautoria e participação em projetos com ambos. Já o relacionamento entre X e o pesquisador C é um relacionamento fraco de participação em algumas bancas de graduação, devido às áreas de atuação que eles têm em comum. X possui as seguintes áreas de atuação: Ciência da Computação, Metodologias e Técnicas da Computação, Sistemas de Informação, Redes Sociais, Sistemas de Recomendação e Gestão do Conhecimento.

Y possui relacionamentos fortes com os pesquisadores B e C. Seus relacionamentos com eles são de coorientação e coautoria, além da participação de algumas bancas em comum. Já com o pesquisador A, apesar de Y possuir muitos relacionamentos com ele, tais relacionamentos são fracos, de submissão aos mesmos locais devido às áreas de atuação em comum. Y trabalha nas seguintes áreas: Ciência da Computação, Metodologias e Técnicas da Computação, Sistemas de Informação, Sistemas Colaborativos, Sistemas de Recomendação e Redes Sociais.

Considere que o pesquisador X irá receber recomendações feitas pelo método de recomendação proposto. Para verificar se o pesquisador Y poderá ter algum tipo de interação no futuro com o pesquisador X, podemos ter inicialmente dois casos diferentes:

#### 1) Grau de Expertise: X é júnior, Y é júnior

X acabou de se iniciar na carreira acadêmica. Ele é um pesquisador Adjunto, sem bolsa de produtividade do CNPQ e com 2 anos de conclusão do doutorado. Sua *expertise* se enquadra na categoria júnior.

Neste caso, é dado um peso maior ao fator de popularidade do nó destino na equação de recomendação. Isto se deve ao fato do pesquisador júnior não possuir geralmente uma rede vasta de relacionamentos por estar em início de carreira. Neste caso, se considerarmos apenas o fator de compatibilidade da equação de recomendação ou atribuímos a este fator um peso maior, talvez não ocorram recomendações satisfatórias para o pesquisador júnior, pois o fator de compatibilidade leva em consideração a vizinhança entre os nós.

Como é atribuído um peso maior ao fator de popularidade do nó destino, pesquisadores *seniores* (ou seja, pesquisadores que possuem muitos vizinhos e por isso, são populares), tendem a ser recomendados para os pesquisadores juniores. Isto é importante para os pesquisadores juniores conseguirem aumentar sua rede de relacionamentos e conseguirem independência na pesquisa. E, como foi visto anteriormente, quanto maior o número de vizinhos que um pesquisador tem, maior será a probabilidade de ele vir a se relacionar com outros pesquisadores. Então há uma grande probabilidade de pesquisadores seniores se relacionarem com pesquisadores juniores. Neste caso, o relacionamento entre um pesquisador sênior e um pesquisador júnior é um relacionamento de subordinação. Portanto, se X é júnior e Y é júnior, de acordo com nosso método a tendência é que eles não sejam recomendados um ao outro, pois o interessante nessa etapa da

carreira é que eles se relacionem com pesquisadores mais experientes.

Devido a flexibilidade presente nesta proposta, podemos modificar os pesos de cada fator do método e dar importância igual para eles. Nesse caso, como X e Y possuem diversas áreas de atuação em comum, a tendência é que eles sejam recomendados, já que estaríamos desconsiderando a *expertise* no método de recomendação.

## 2) Grau de Expertise: X é sênior

Se o pesquisador que está recebendo as recomendações for um pesquisador sênior ou pleno, será dado um peso maior ao fator de compatibilidade na equação de recomendação, pelo motivo contrário ao apresentado no caso anterior. Um pesquisador sênior ou pleno possui geralmente uma rede de relacionamentos consolidada, sendo portanto possível analisar e considerar a vizinhança dos nós na equação de recomendação. E, como foi visto anteriormente, quanto maior o número de vizinhos em comum que dois pesquisadores possuem, maior a probabilidade de eles virem a se relacionar. Neste caso, os relacionamentos feitos entre pesquisadores com o mesmo grau de expertise ou graus próximos são relacionamentos de colaboração.

Como X é um pesquisador sênior, de acordo com nosso método a tendência é que ele se relacione no futuro com Y, devido a compatibilidade que existe entre eles: possuem vizinhos em comum com relacionamentos fortes com ambos e possuem diversas áreas de atuação em comum.

Portanto, na equação de recomendação, os fatores de popularidade e compatibilidade são ponderados de acordo com a *expertise* do pesquisador, pois dependendo da *expertise*, será mais interessante recomendar pesquisadores populares ou pesquisadores com quem o pesquisador já tenha uma vizinhança grande em comum.

Vimos que X e Y possuem algumas áreas de atuação em comum. Cada um deles citou seis áreas em seu currículo Lattes. Dessas seis áreas, eles possuem cinco áreas em comum, ou seja, apresentam grande afinidade em suas áreas de pesquisa, apesar de nunca terem se relacionado. As áreas de Ciência da Computação, Metodologias e Técnicas da Computação e Sistemas de Informação são áreas genéricas que pertencem à tabela das grandes áreas do CNPQ. Já as áreas de Redes Sociais e Sistemas de Recomendação são áreas mais específicas de atuação que conseguem representar melhor os trabalhos desenvolvidos por esses pesquisadores. Portanto, temos duas áreas em comum que foram inseridas manualmente pelos pesquisadores e três que foram inseridas a partir da seleção de áreas do próprio Lattes. No fator de áreas de atuação da equação de recomendação, as áreas inseridas manualmente, que são áreas de atuação mais específicas dos pesquisadores, receberão um peso maior que as grandes áreas selecionadas a partir do Lattes. Para este exemplo, o fator de áreas de atuação ficará assim:  $AA(X,Y) = (3 * p1) + (2 * p2)$ ,  $p2 > p1$ .

Para saber se os dois pesquisadores poderão ser recomendados ou não, deve-se calcular cada um dos fatores propostos na equação de recomendação e somá-los, conforme a seguir:

1) Para cada vizinho  $V_i$  de X em comum com Y, com  $i > 0$  e  $i <$  total de vizinhos em comum:

1.1) Calcule  $Compatibilidade(V_i, X)$  de acordo com Equação apresentada anteriormente.

$$\begin{aligned} I. \text{CompatibilidadeVizX} &= \\ &+ \text{CompatibilidadeVizX} \\ &+ \text{Compatibilidade}(V_i, X). \end{aligned}$$

1.2) Calcule  $Compatibilidade(V_i, Y)$  de acordo com Equação apresentada na anteriormente.

$$\begin{aligned} I. \text{CompatibilidadeVizY} &= \\ &+ \text{CompatibilidadeVizY} \\ &+ \text{Compatibilidade}(V_i, Y). \end{aligned}$$

2) Calcule  $Compatibilidade(X, Y) = (\text{CompatibilidadeVizX} + \text{CompatibilidadeVizY}) * a1$ .

3) Calcule  $AA(X, Y) = [(\text{NumAreasComunsCNPQ} * p1) + (\text{NumAreasComunsManuais} * p2)] * a2$ .

4) Calcule  $Pop(X, Y) = (\text{NumVizinhosX} * \text{NumVizinhosY}) * a3$ .

5) Calcule  $Score(X, Y) = \text{Compatibilidade}(X, Y) + AA(X, Y) + Pop(X, Y)$ .

## 6. CONCLUSÃO

Neste artigo apresentamos um novo método para recomendação de relacionamentos entre pesquisadores utilizando uma rede social científica heterogênea. Tal método leva em consideração diferentes tipos de relacionamento, tais como, coautoria, orientação, participação em projetos e participação em bancas, além de atributos como áreas de atuação, atuação profissional atual. Embora mais custoso computacionalmente, o uso de uma rede heterogênea melhora a acurácia da recomendação. Neste trabalho propomos um método de recomendação que varia de acordo com a expertise do pesquisador que está recebendo as recomendações. Caso o pesquisador seja júnior, o método recomenda pesquisadores seniores que sejam compatíveis com ele, a fim de ajudar o pesquisador a ampliar sua rede de relacionamentos. Já para pesquisadores seniores, o método recomenda pesquisadores que possuam grande compatibilidade com eles, independente da sua expertise.

Para implementar o método proposto foi utilizado o algoritmo das formigas. O algoritmo das formigas é usualmente utilizado para encontrar soluções de problemas computacionais que envolvem a busca de caminhos em grafos, tal como, uma rede social.

As próximas etapas deste trabalho será o desenvolvimento de um sistema de recomendação baseado no método proposto e a realização de experimentações.

## 7. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado com o auxílio da FAPERJ, CAPES e do CNPQ.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Arnet Miner RESTful API. Disponível em [http://arnetminer.org/RESTful\\_service](http://arnetminer.org/RESTful_service) - agosto, 2014.
- [2] Arnet Miner. Disponível em <http://arnetminer.org/> - março, 2014.
- [3] Brandão, M. A. e Moro, M. M. 2012. Recomendação de Colaboração em Redes Sociais Acadêmicas baseada na Afiliação dos Pesquisadores. In Proceedings of the 27th Brazilian Symposium on Databases.

- [4] Christakis, N.A e Fowler, J.H. 2012. Social contagion theory: examining dynamic social networks and human behavior. *Statistics in medicine*. DOI= 10.1002/sim.5408
- [5] Citeulike. Disponível em <http://www.citeulike.org/> - março.
- [6] Dblp - Base de dados. Disponível em <http://dblp.uni-trier.de/xml/> - agosto, 2014.
- [7] Dblp HTTP GET API. Disponível em <http://dblp.uni-trier.de/xml/docu/dblpxmlreq.pdf> - agosto, 2014.
- [8] Dblp. The DBLP Computer Science Bibliography. Disponível em <http://dblp.uni-trier.de/db/> - março, 2014.
- [9] Dorigo, M. e Blum, C. 2005. Ant colony optimization theory: A survey. In *Theoretical Computer Science*. 344, 2-3 (Novembro 2005), 243-278. DOI=[10.1016/j.tcs.2005.05.020](https://doi.org/10.1016/j.tcs.2005.05.020)
- [10] Dorigo, M. e Stutzle, T. 2004. *Ant Colony Optimization*, The MIT Press, Cambridge. DOI=[http://dx.doi.org/10.1007/b99492](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/b99492)
- [11] Heck, T. 2013. Combining social information for academic networking. In *Proceedings of the 2013 Conference on Computer Supported Cooperative Work*.
- [12] Hoonlor, A., Szymanski B. K. e Zaki, M. J. 2013. Trends in computer science research. In *Communications of the ACM*. 56, 10 (Outubro 2013), 74-83. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/2500892>
- [13] Lam, X. N, Vu, T., Le, T. D. e Duong, A. D. 2008. Addressing cold-start problem in recommendation systems. In *Proceedings of the 2nd international conference on Ubiquitous information management and communication (ICUIMC '08)*. ACM, New York, NY, USA, 208-211. DOI=10.1145/1352793.1352837
- [14] Lattes – Extração de Dados. Disponível em <http://www.cnpq.br/web/portal-lattes/extracoes-de-dados> - janeiro, 2014.
- [15] Lattes. Plataforma Lattes. Disponível em <http://lattes.cnpq.br/> - março, 2014.
- [16] Lee, J.B. e Adorna, H. 2012. Link Prediction in a Modified Heterogeneous Bibliographic Network. In *Proceedings of International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining*.
- [17] Liben-Nowell, D. e Kleinberg, J. 2007. The link-prediction problem for social networks. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* 58, 7 (Maio 2007), 1019-1031. DOI=10.1002/asi.v58:7 <http://dx.doi.org/10.1002/asi.v58:7>
- [18] Lopes, G. R. e Moro, M. M., Wives, L. K., de Oliveira, J., P. M. 2010. Collaboration Recommendation in Academic Social Networks. In *ER Workshops*. Vancouver, Canada, pp. 190-199, 2010.
- [19] Lu, L. e Zhou, T. 2010. Link prediction in complex networks: a survey. *Physica A: Statistical mechanics and its applications*. 390, 6 (Março 2011), 1150-1170. DOI=10.1016/j.physa.2010.11.027
- [20] Mendonça, L. F. 2014. An approach for personalized matching systems by using ant colony. *Social networking*. (Março, 2014), 102-107.
- [21] Menezes, V. S. A. 2012. *Análise de Redes Sociais Científicas*. Rio de Janeiro. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [22] Microsoft Academic Search API. Disponível em <http://academic.research.microsoft.com/about/Microsoft%20Academic%20Search%20API%20User%20Manual.pdf> – agosto, 2014.
- [23] Microsoft Academic Search. Disponível em <http://academic.research.microsoft.com> – março, 2014.
- [24] Monclar, R. S. 2008. *Análise e Balanceamento de Redes Sociais no Contexto Científico*. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
- [25] Myers, I. B. 1980. *Gifts Differing: Understanding Personality Type*. Palo Alto, Califórnia: DavisBlack Publishing, Reprint Edition (Maio, 1995).
- [26] Newman, M. E. 2001. The structure of scientific collaboration networks. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- [27] Newman, M. E. 2001. Clustering and preferential attachment in growing networks. In *Physical Review E*. 64, 2 (July. 2001), 025102-025106. DOI=<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.64.025102>
- [28] Oliveira, R. M. 2012. *Predição de Conexões Recorrentes em Redes Complexas*. Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, 2012.
- [29] Sie, R.L.L, Drachsler, H., Bitter-Rijpkema, M. e Sloep, P. 2012. To Whom and Why Should I Connect? Co-author Recommendation Based on Powerful and Similar Peers. In *International Journal of Technology Enhanced Learning*, pages 121-137. Inderscience Publishers.
- [30] Sun, Y., Barber, R., Gupta, M., Aggarwal, C. C. e Han, J. 2011. Co-author Relationship Prediction in Heterogeneous Bibliographic Networks. In *Proceedings of International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining*.
- [31] Toral, S.L., Bessis, N., Martinez-Torres, M.R., Franc, F., Barrero, F. e Xhafa, F. 2011. An Exploratory Social Network Analysis of Academic Research Networks. In *Proceedings of Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*.

# A relação entre o tamanho do grupo e a produção de mensagens de bate-papo

Edmilson Barcelos Rocha  
Universidade Federal do Estado do  
Rio de Janeiro (Unirio)  
Avenida Pasteur, 458 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
55 21 3323-8028 / 2530-8051  
edmilson.rocha@uniriotec.br

Mariano Pimentel  
Universidade Federal do Estado do  
Rio de Janeiro (Unirio)  
Avenida Pasteur, 458 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
55 21 3323-8028 / 2530-8051  
pimentel@uniriotec.br

Morganna Carmem Diniz  
Universidade Federal do Estado do  
Rio de Janeiro (Unirio)  
Avenida Pasteur, 458 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
55 21 3323-8028 / 2530-8051  
morganna@uniriotec.br

## ABSTRACT

The goal of the research presented in this article is to estimate how many users will participate in a chat session to try to ensure a minimum level of interaction. The indicator used to measure the level of interaction among users was the number of messages sent per user during the chat session. For this estimate, a mathematical model was developed and, to parameterize the model, studies on the behavior of users were realized when reading and writing messages in chat sessions. The model developed proved valid for the estimation of the expected number of messages depending on the number of users in chat session, allowing estimate how many users will participate in a chat session to ensure a minimum level of interaction.

## Categories and Subject Descriptors

I.6.5 [Simulation and Modeling]: Model Development – Modeling methodologies.

## General Terms

Measurement, Experimentation, Human Factors, Theory, Verification.

## Keywords

Chat, Group Size, Mathematical Modeling, Queuing Systems.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de bate-papo surgiram no início década de 1970 com o “*Part Line*” [12] e se tornaram um fenômeno social na década de 1990 com a popularização da Internet e o lançamento do IRC (*Internet Relay Chat*). No final da década de 1990, o IRC estava caindo em desuso [16]. Atualmente, os sistemas de bate-papo mais utilizados encontram-se integrados em sistemas de redes sociais. O uso de sistemas síncronos de comunicação, como o bate-papo, na educação é amplamente encorajado por pesquisadores para promover a participação dos alunos, pois proporcionam um espaço para emoções que diminuem a sensação de impessoalidade e isolamento [17]. No contexto empresarial, os sistemas de comunicação síncronos como: videoconferências, *Instant Messages*; assíncronos: correio-eletrônico, lista de

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

discussão, fórum usados para apoiar o trabalho em grupo [8].

A Comunicação Mediada por Computador (CMC), quando realizada nos contextos educacional e empresarial, necessita que os usuários acompanhem toda a conversação. Em sistemas assíncronos, esse problema é minimizado pela própria característica desses sistemas de permitirem que a informação permaneça disponível por longo período. Em sistemas síncronos, como o bate-papo, acompanhar a conversação não é problema caso a maioria dos usuários sejam apenas ouvintes, não precisam fazer parte do diálogo. No entanto, esses sistemas foram concebidos para promoverem a interação. Quando é dada a possibilidade de participar, uma quantidade muito grande de usuários pode ocasionar uma sobrecarga de informação, fazendo como que os usuários não consigam acompanhar a conversação. Saber se numa sessão de bate-papo podem participar ao mesmo tempo 100 ou apenas 10 usuários, tem um grande impacto no planejamento de grupos de trabalho. Essa informação é encontrada na literatura de forma pouco precisa e não leva em conta o contexto em que é realizada a sessão de bate-papo.

O objetivo da pesquisa descrita no artigo é estimar o tamanho máximo do grupo de usuários numa sessão de bate-papo, para um determinado contexto, de forma a garantir que façam parte da conversação. Para obter essa estimativa foi construído um modelo da interação entre usuários de bate-papo. Para desenvolver o modelo, foi usado o método formal de modelagem de sistemas com aplicação da Teoria de Filas [4]. A avaliação do modelo proposto foi feita por meio de comparação das estimativas produzidas pelo modelo com dados de *logs* reais de bate-papo.

Esse artigo encontra-se estruturado nas seguintes seções. A questão de pesquisa – quantos usuários devem participar de uma sessão de bate-papo? – é discutida na seção 2. Na seção 3, são descritas as ações realizadas pelos usuários durante uma sessão de bate-papo. A metodologia aplicada para o desenvolvimento do modelo é discutida na seção 4. Em seguida, na seção 5, são discutidos os resultados da avaliação do modelo elaborado. Com o modelo validado, foi possível responder à questão norteadora dessa pesquisa, seção 6. Por último, na seção 7, são apresentadas as considerações finais e trabalhos futuros.

## 2. QUANTOS USUÁRIOS DEVEM PARTICIPAR DE UMA SESSÃO DE BATE-PAPO?

A conversação por bate-papo deixou de ser aberta e realizada entre estranhos identificados por apelidos (*nickname*), como na

época do IRC, e se tornou uma conversa contextualizada em comunidades virtuais entre usuários identificados por um perfil no sistema de redes sociais [17]. Uma comunidade virtual pode ser uma turma de uma disciplina, uma equipe de trabalho, um grupo de amigos, ou um agrupamento de pessoas interessadas num tema. Desta forma, além da socialização e recreação, os sistemas de bate-papo passaram a ser usados para dar suporte a diferentes processos de trabalho em grupo: debates, reuniões, entrevistas etc.

O bate-papo é um meio de conversação síncrono em que são trocadas pequenas mensagens textuais publicadas para todos os conectados na mesma sala de bate-papo. Embora a troca de mensagens seja realizada por escrito, os usuários sentem como se estivessem conversando. Os interlocutores até modificam a linguagem formal escrita para torná-la mais parecida com a conversação face-a-face, por exemplo, fazendo uso de onomatopeias, alongamentos vocálicos e sobrecarga de pontuação. Esse fenômeno, denominado “re-oralização da língua escrita” [12], indica a ocorrência de características da conversação oral no texto produzido numa sessão de bate-papo.

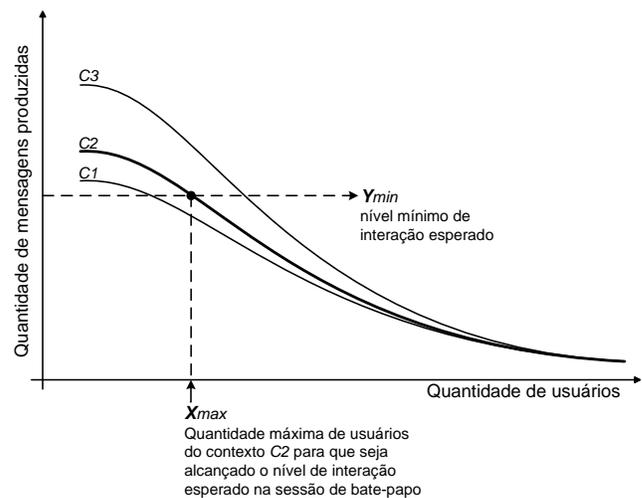
A grande popularidade e a reconhecida utilidade dos sistemas de bate-papo motivaram a realização da presente pesquisa. Buscou-se equacionar quantos usuários devem participar de uma sessão de bate-papo sem decair a qualidade de interação. Saber quantos usuários no máximo devem participar de uma sessão é importante, por exemplo, para planejar o tamanho do grupo de trabalho. Se o moderador da sessão de bate-papo puder agrupar de 100 em 100 usuários ou apenas de 5 em 5 tem um grande impacto no planejamento de horas de reuniões. Por exemplo, numa equipe de projeto com 500 usuários *online*, dependendo do tamanho do grupo definido para a realização de um debate síncrono, serão necessárias 100 sessões, 50, 33, 25, 10 ou apenas 5 sessões. Quanto maior o grupo de usuários numa sessão de bate-papo, menor o tempo gasto nessa atividade. Contudo, quantos mais usuários na sessão, menor a qualidade da interação no bate-papo.

Stahl [21] chama atenção para o impacto do tamanho do grupo sobre a eficácia dos diferentes meios de comunicação; ele defende que grupos pequenos, de três ou quatro usuários ativos, são mais complexos e interessantes do que uma dupla respondendo um ao outro. Contudo, se o grupo for grande demais ocorrerão problemas. A “confusão no bate-papo” [6] é definida quando os usuários não conseguem acompanhar a discussão pela ocorrência de fenômenos, como por exemplo, a sobrecarga de mensagens causada pela grande quantidade de mensagens postadas em um curto intervalo de tempo decorrente de um número excessivo de usuários na sessão de bate-papo. Alguns autores, a partir de dados empíricos e em contextos específicos, indicam que o número ideal de usuários num bate-papo é entre 4 e 5 pessoas [1], [2], [3]; há quem defenda que o bate-papo é mais produtivo com 7 ou mais usuários [16]; há quem defenda que o grupo deve ser inferior a 10 usuários [14]; há quem indique que 10 é um tamanho bom para o grupo de usuários [19]; e há quem indique que a quantidade de usuários deve estar entre 6 a 18 alunos [18]. Alguns sistemas de bate-papo limitam o número de usuários a 30 usuários por sessão, e há sistemas que não estabelecem limites. Com essa diversidade de sugestões não convergentes da quantidade de usuários que devem participar de uma sessão de bate-papo, foi identificada a necessidade de equacionar essa questão – objetivo dessa pesquisa.

Entende-se que deve existir um limite máximo de usuários, a partir do qual ocorre confusão na conversação, o que compromete a qualidade da interação na sessão de bate-papo. No “bate-papo

sério”<sup>1</sup> é importante que todos consigam ler todas as mensagens e que também possam enviar mensagens de vez em quando. Essas restrições não acontecem num bate-papo recreativo (para socialização ou namoro) em que o usuário não tem a necessidade de acompanhar a discussão nem se vê obrigado a escrever mensagens, não precisa ler tudo e pode manter-se calado. Numa sessão recreativa não há um fator limitante para a quantidade de pessoas no bate-papo. Só faz sentido discutir a quantidade máxima de usuários se for desejado um nível mínimo de interações entre os usuários, pois caso a participação possa ser zero (o usuário não precisa ler nem escrever mensagens), tal como ocorre na transmissão de um vídeo em *broadcasting*, então não há um limite máximo de usuários: um usuário pode conduzir a reunião por bate-papo para centenas de outros usuários conectados ao mesmo tempo desde que somente o condutor esteja digitando as mensagens e a quantidade de mensagens produzidas por usuário tenda a zero. O problema surge quando se dá a chance para os usuários interagirem entre si – e é para isso que serve o bate-papo. Desta forma, é desejável determinar a quantidade máxima de usuários numa sessão de bate-papo em que seja possível alcançar uma qualidade de interação definida em termos da quantidade de mensagens lidas e produzidas por usuário. Considerando que todos devem ler todas as mensagens, então a qualidade da interação irá variar em função da quantidade das mensagens produzidas.

Conforme aumenta a quantidade de usuários na sessão, mais mensagens são produzidas, o que demanda de cada usuário mais tempo para ler todas as mensagens e assim cada indivíduo tem menos tempo para enviar novas mensagens. Embora a produção total de mensagens aumente com a quantidade de usuários, também é fato que a produção individual de mensagens decai com o aumento do número de usuários. Na Figura 1 é ilustrado um modelo idealizado da interação entre usuários de bate-papo. O modelo representa a produção de mensagens em função da quantidade de usuários.



**Figura 1. Modelo Idealizado de Interação entre Usuários de Bate-papo**

<sup>1</sup> Cunhamos essa expressão baseada no termo "jogo sério" ("serious game"), que são os jogos que têm o objetivo de transmitir um conteúdo além do entretenimento.

No modelo da Figura 1 são apresentadas curvas diferentes – C1, C2 e C3 – que representam contextos distintos (grupos diferentes). Os contextos representam as características singulares de cada grupo tais como: idade média, nível de instrução, assunto debatido, protocolo da conversação etc. Na presente pesquisa, deseja-se determinar, para um dado contexto, qual a quantidade máxima de usuários ( $X_{max}$ ) que deve estar na sessão para que seja possível alcançar um determinado nível de interação, representado pela produção média de mensagens ( $Y_{min}$ )

### 3. AÇÕES REALIZADAS PELOS USUÁRIOS DURANTE UMA SESSÃO DE BATE-PAPO

Durante uma sessão de bate-papo, o usuário lê, escreve mensagens e também reflete sobre a discussão. Essas ações, descritas nas subseções a seguir, são os comportamentos elementares de qualquer usuário de bate-papo e constituem a base do modelo matemático apresentado na seção seguinte.

#### 3.1 Leitura

Uma pessoa não lê igual à outra pessoa; a velocidade de leitura depende do nível de escolaridade, da experiência em bater-papo, do grau de interesse e de conhecimento sobre o assunto em discussão, dentre outras características do indivíduo. O tempo de leitura também depende de fatores externos ao sujeito, como o tamanho da mensagem e a interface do sistema de bate-papo.

Para caracterizar a ação de leitura de mensagens de bate-papo, foram investigados quais fatores externos influenciam o processo de leitura. Foi realizado um experimento com 6 alunos de pós-graduação em Informática de uma Universidade Pública do Rio de Janeiro, sendo 4 homens e 2 mulheres com idade entre 24 e 55 anos. Para medir o tempo de leitura, cada indivíduo leu mensagem-a-mensagem de um *log* real de bate-papo pela tela do computador. Quando o indivíduo pressionava uma tecla, uma nova mensagem era apresentada e era registrado o tempo de leitura decorrido entre uma tecla e a seguinte. Buscou-se caracterizar como ocorre a leitura de mensagens entre diferentes indivíduos ao ler mensagens de diferentes tamanhos, em *logs* sobre diferentes assuntos e apresentados em diferentes interfaces de bate-papo. Foram testadas as 4 hipóteses a seguir:

- (i) Os usuários leem com velocidades significativamente diferentes;
- (ii) O tempo de leitura varia em função da quantidade de caracteres na mensagem;
- (iii) O tempo de leitura varia em função do assunto em discussão;
- (iv) A interface do sistema de bate-papo influencia o tempo de leitura das mensagens.

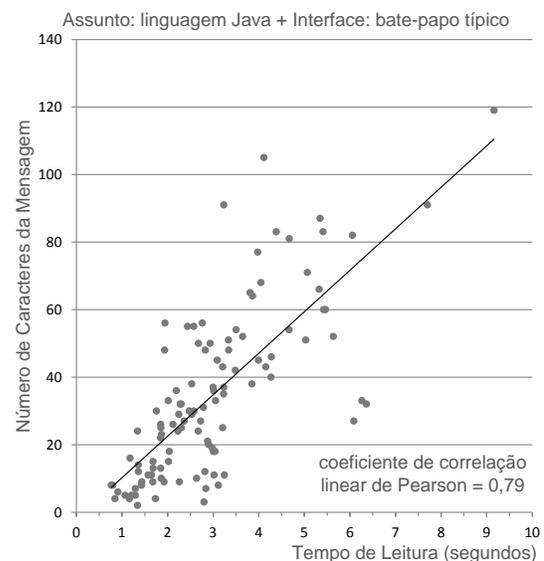
Para testar estas hipóteses, cada usuário deveria ler 3 *logs* reais de bate-papo, sendo: dois *logs* sobre um mesmo assunto e um

terceiro sobre assunto diferente; e dois desses *logs* foram apresentados num bate-papo típico e um deles foi apresentado numa interface de bate-papo com avatar. Após coletado o tempo de leitura de cada usuário de cada mensagem dos três *logs*, por meio de testes estatísticos, foi possível concluir quais dos fatores levantados de fato influenciam o tempo de leitura. Todas as análises foram realizadas com o uso do software estatístico R[11] e o nível de significância adotado foi o de 5%. Com a intenção de verificar qual melhor conjunto de testes a ser usado (paramétricos ou não paramétricos), testou-se inicialmente se os tempos de leitura seguiam a distribuição normal por meio do teste Shapiro-Wilk. Para esse teste, foi obtido um valor  $p < 0,05$ , o que rejeita a hipótese de os dados seguirem a distribuição normal. A partir desse resultado, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi usado para testar as hipóteses, para isso, foi verificado se havia diferença significativa entre os tempos de leitura obtidos entre os indivíduos em: todos os três *logs*; entre os *logs* 1 e 2 (se a interface do sistema influencia); e entre os *logs* 1 e 3 (se o assunto influencia).

Para inferir sobre a velocidade de leitura dos indivíduos (hipótese i), foi verificado se há diferença significativa na distribuição dos tempos que cada um dispendeu ao ler as mensagens do *log* 1. Os resultados obtidos pela aplicação do teste foi um  $p$ -valor  $< 0,001$ , o que possibilitou concluir que os sujeitos realmente leem de forma significativamente diferente, com diferentes velocidades.

Para testar a hipótese (ii), que o tempo de leitura é proporcional à quantidade de caracteres da mensagem, foi verificada a correlação entre a quantidade de caracteres das mensagens de cada *log* e os tempos de leitura de cada usuário. A média das correlações foi de 0,72, o que, de acordo com Shimakura [20], possibilita interpretar que a correlação entre essas variáveis é forte, possibilitando concluir que o tempo de leitura é realmente proporcional à quantidade de caracteres (ainda que cada sujeito tenha uma velocidade distinta de leitura). A correlação entre o tempo de leitura e o tamanho da mensagem é ilustrada para um dos usuários do estudo na Figura 2.

Para testar a hipótese (iii), que o tempo de leitura é proporcional à quantidade de caracteres da mensagem, foi verificada a correlação entre a quantidade de caracteres das mensagens de cada *log* e os tempos de leitura de cada usuário. A média das correlações foi de 0,72, o que, de acordo com Shimakura [20], possibilita interpretar que a correlação entre essas variáveis é forte, possibilitando concluir que o tempo de leitura é realmente proporcional à quantidade de caracteres (ainda que cada sujeito tenha uma velocidade distinta de leitura). A correlação entre o tempo de leitura e o tamanho da mensagem é ilustrada para um dos usuários do estudo na Figura 2.



**Figura 2. Correlação entre o tempo de leitura e o tamanho da mensagem de um dos usuários**

Sobre a influência do assunto (hipótese iii), o teste comparando os tempos de leitura dos *logs* 1 e 3 (em que foram abordados

assuntos diferentes) não apontou diferença significativa com  $p$ -valor  $> 0,05$ . Ao menos a partir desse experimento não foi possível concluir que assuntos distintos provocam diferenças significativas na velocidade de leitura dos indivíduos.

Sobre a hipótese (iv), concluiu-se que os sujeitos leem em tempos significativamente diferentes dependendo da interface do sistema de bate-papo.

Dado que a velocidade de leitura é uma característica individual e que depende da quantidade de caracteres a serem lidos, e considerando que não há diferença significativa na velocidade de leitura em função do assunto em discussão e que a interface do sistema é a mesma durante toda uma sessão de bate-papo - a partir desses resultados foi assumido, por simplificação, que o tempo de leitura pode ser modelado por uma equação linear em função da quantidade de caracteres da mensagem.

$$\bar{T}_L = 1 + (0,04 * \text{m\u00e9dia de caracteres por mensagem}) \quad (1)$$

A equação (1) representa o tempo m\u00e9dio, em segundos, que os sujeitos do experimento dispenderam para a leitura das mensagens daquelas sess\u00f5es de bate-papo (calculada a partir das linhas de tend\u00eancia linear da correla\u00e7\u00e3o entre o tempo de leitura e a quantidade de caracteres por mensagem por indiv\u00edduo). \u00c9 preciso ressaltar que essa equa\u00e7\u00e3o \u00e9 v\u00e1lida para o grupo de usu\u00e1rios do experimento e que para outro perfil de usu\u00e1rios os coeficientes dessa equa\u00e7\u00e3o s\u00e3o diferentes.

### 3.2 Escrita

Cada pessoa possui uma velocidade de digita\u00e7\u00e3o espec\u00edfica. N\u00e3o s\u00f3 a velocidade de digita\u00e7\u00e3o, mas tamb\u00e9m os padr\u00f5es de digita\u00e7\u00e3o diferem de um indiv\u00edduo para outro. O intervalo entre o pressionar de uma tecla e a outra, e o tempo em que uma tecla permanece pressionada, s\u00e3o caracter\u00edsticas \u00fanicas de cada indiv\u00edduo e corroboram para o estabelecimento de um padr\u00e3o de digita\u00e7\u00e3o individual [9], [10]. Esses padr\u00f5es s\u00e3o estudados na \u00e1rea de Biometria da Digita\u00e7\u00e3o.

Para o presente artigo, \u00e9 de interesse obter tempos m\u00e9dios de digita\u00e7\u00e3o de mensagens em sess\u00f5es de bate-papo, sendo preciso medir a velocidade de elabora\u00e7\u00e3o de mensagem dos usu\u00e1rios. Para efetivar essa medi\u00e7\u00e3o, foi desenvolvido um mecanismo que captura o tempo de cada tecla pressionada durante a digita\u00e7\u00e3o de uma mensagem de bate-papo. Foi realizado um estudo, com profissionais de computa\u00e7\u00e3o, em que os sujeitos digitaram algumas mensagens e o tempo de digita\u00e7\u00e3o foi registrado e posteriormente analisado. Nesse estudo, o tamanho m\u00e9dio das mensagens digitadas foi de 85 caracteres por mensagem e o tempo m\u00e9dio de digita\u00e7\u00e3o foi de 24 segundos por mensagem, resultando na velocidade m\u00e9dia de digita\u00e7\u00e3o de 1 caractere / 0,28 segundos. Verificou-se uma correla\u00e7\u00e3o muito forte (0,95) entre a quantidade de caracteres e o tempo de digita\u00e7\u00e3o da mensagem. A partir desse resultado foi assumido que o tempo de escrita ( $\bar{T}_E$ ) pode ser estimado por meio de uma equa\u00e7\u00e3o linear em fun\u00e7\u00e3o da quantidade de caracteres da mensagem.

$$\bar{T}_E = 0,28 * \text{m\u00e9dia de caracteres por mensagem} \quad (2)$$

A equa\u00e7\u00e3o (2) descreve o tempo m\u00e9dio de escrita de mensagens, medido em segundos, dispendido pelos sujeitos do grupo do experimento.

### 3.3 Reflex\u00e3o

O usu\u00e1rio de bate-papo n\u00e3o fica lendo e digitando mensagens o tempo todo. Ocorrem intervalos, por exemplo, entre o t\u00e9rmino da leitura das mensagens publicadas e a chegada de uma nova mensagem a ser lida, em que o usu\u00e1rio n\u00e3o est\u00e1 digitando nem lendo mensagens. Nestes momentos o usu\u00e1rio encontra-se refletindo sobre a discuss\u00e3o.

O tempo de reflex\u00e3o \u00e9 o tempo que sobra de uma sess\u00e3o de bate-papo desconsiderando o tempo em que o usu\u00e1rio fica escrevendo suas mensagens e o tempo em que fica lendo as mensagens. Assim, nesta pesquisa, o tempo de reflex\u00e3o foi estimado por meio da equa\u00e7\u00e3o (3).

$$T_R = \text{dura\u00e7\u00e3o da sess\u00e3o} - (\bar{T}_L * \bar{m} * p) - (\bar{T}_E * \bar{m}) \quad (3)$$

onde  $T_R$  \u00e9 o tempo total de reflex\u00e3o numa sess\u00e3o de bate-papo,  $\bar{m}$  \u00e9 o n\u00edvel de intera\u00e7\u00e3o que se espera representado pela quantidade m\u00e9dia de mensagens enviadas por usu\u00e1rio na sess\u00e3o, e  $p$  \u00e9 a quantidade de usu\u00e1rios na sess\u00e3o.

## 4. PROCESSO DE MODELAGEM

Para modelar intera\u00e7\u00e3o entre os usu\u00e1rios de bate-papo foi utilizada a Teoria de Filas [15] em que cada usu\u00e1rio foi representado como um servidor que precisa ler (atender) todas as mensagens (clientes) digitadas pelos demais usu\u00e1rios e enfileiradas na ordem em que s\u00e3o enviadas (publicadas na sala de bate-papo) – Figura 3.

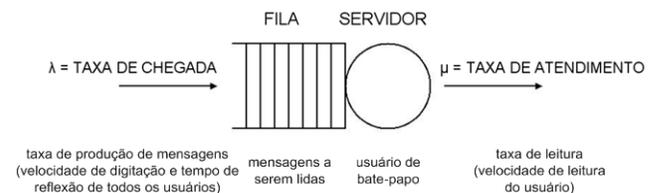


Figura 3. Teoria de Filas para modelar intera\u00e7\u00e3o em bate-papo

Cada usu\u00e1rio, al\u00e9m de ser um servidor, tamb\u00e9m desempenha o papel de uma fonte geradora de mensagens enviadas para a fila de todos os usu\u00e1rios da sess\u00e3o. A taxa de leitura de mensagens  $\mu$  \u00e9 o inverso do tempo m\u00e9dio de leitura  $\bar{T}_L$ , e a taxa de produ\u00e7\u00e3o de mensagens  $\lambda$  \u00e9 o que se deseja determinar dado o tamanho  $p$  do grupo de usu\u00e1rios. Os tempos de leitura e de produ\u00e7\u00e3o de mensagens foram considerados, na presente pesquisa, como exponencialmente distribuídos.

Para obter as estimativas de produ\u00e7\u00e3o de mensagem a partir dessa modelagem, o modelo foi implementado no Tangram-II [4], que \u00e9 um ambiente de modelagem baseado no paradigma orientado a objetos e que fornece uma variedade de *solvers* para obten\u00e7\u00e3o das medidas de interesse. As estimativas produzidas a partir do modelo elaborado na presente pesquisa, discutidas nas pr\u00f3ximas se\u00e7\u00f5es, foram obtidas a partir da Solu\u00e7\u00e3o Anal\u00edtica do Tangram-II.

### 4.1 Modelagem do comportamento de um usu\u00e1rio de bate-papo

Para modelar o comportamento de um usu\u00e1rio da sess\u00e3o de bate-papo, foi desenvolvido um diagrama de estados para representar as atividades elementares que o usu\u00e1rio realiza durante o bate-papo: ler e escrever mensagens — Figura 4. Nessa abordagem, o usu\u00e1rio permanece no estado Escrevendo por um determinado

tempo até que envia a mensagem aos demais usuários. Após enviar a mensagem, ele verifica se existem mensagens a serem lidas, e se houver passa para o estado Lendo. Enquanto o usuário está Escrevendo ou Lendo mensagens, outras mensagens podem chegar e essas são enfileiradas na ordem em que são enviadas pelos demais usuários em um Fila de Mensagens. A transição de estados é modelada em função de taxas. O usuário permanece Lendo uma determinada mensagem por um tempo médio de leitura ( $\bar{T}_L$ ), e a taxaLeitura é calculada como o inverso do tempo médio. Da mesma forma, o usuário permanece no estado Escrevendo durante um tempo médio de escrita ( $\bar{T}_E$ ), a partir do qual se calcula a taxa de escrita.

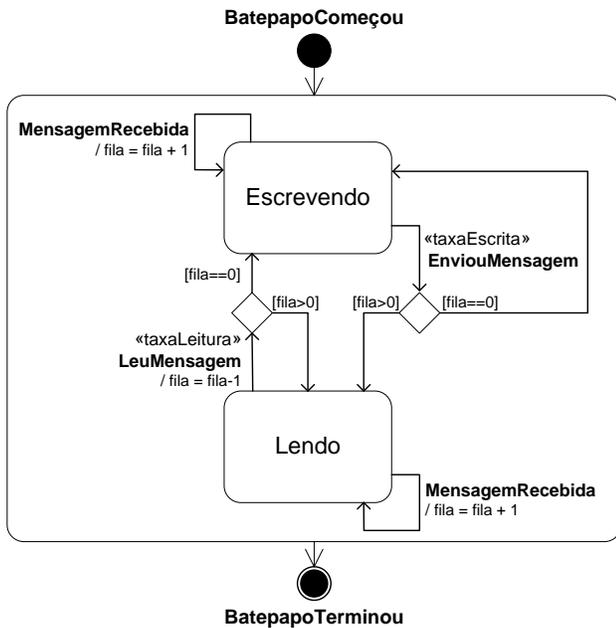


Figura 4. Diagrama dos Estados Lendo e Escrevendo

Representar um usuário de bate-papo por apenas dois estados é irreal, pois pressupõe que o usuário fica o tempo todo ou Lendo ou Escrevendo mensagens. Contudo, essa simplificação possibilita estimar um Limite Máximo de mensagens produzidas pelo usuário numa sessão de bate-papo pressupondo que esse sujeito se encontra o tempo todo ocupado lendo todas as mensagens publicadas e produzindo o máximo de mensagens que seria capaz. Esse limite máximo de mensagens por indivíduo é calculado pela equação (4).

$$m * \bar{T}_E + m * p * \bar{T}_L = T_{sess\tilde{a}o}$$

$$m = T_{sess\tilde{a}o} / (\bar{T}_E + p * \bar{T}_L) \tag{4}$$

onde  $m$  representa o número de mensagens produzidas por usuário em uma sessão de 60 minutos.

O Limite Máximo de produção de mensagens corrobora para a avaliação do modelo de participação, como será discutido na Seção 5.

O diagrama de estados apresentado na Figura 5 é mais próximo do comportamento real dos usuários, pois leva em conta que um usuário, além de ler e escrever mensagens, também reflete em alguns momentos. Nesse diagrama, o indivíduo vai para o estado Refletindo quando não tem mais mensagens a serem lidas, e fica refletindo por um tempo até que: chega uma nova mensagem a ser lida e, imediatamente, o usuário volta para o estado Lendo; ou fica

refletindo por algum tempo até que decide escrever uma nova mensagem, indo para o estado Escrevendo.

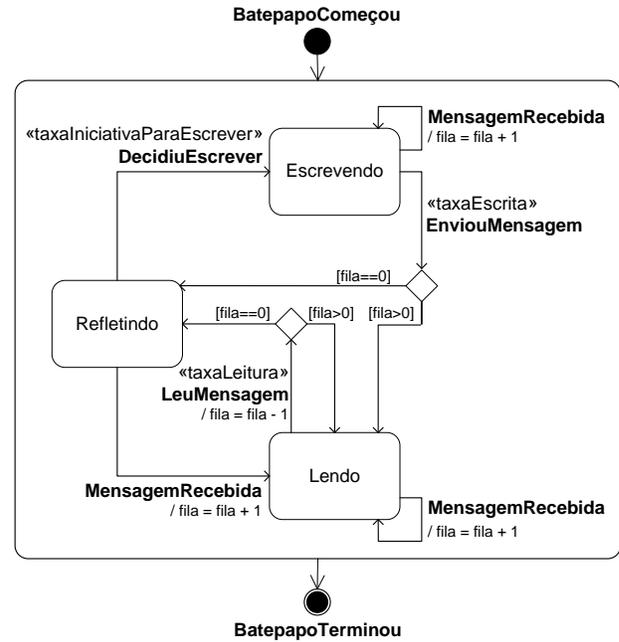


Figura 5. Representação gráfica das atividades realizadas durante o bate-papo de um usuário

Como discutido na Seção 5, esse diagrama com três estados foi implementado no modelo e mostrou-se adequado, pois foram produzidas estimativas compatíveis com os dados das sessões reais de bate-papo educacional.

## 4.2 Modelagem da interação entre usuários de bate-papo

Numa primeira estratégia de modelagem para a implementação do modelo no Tangram-II, foi definido um objeto para representar cada usuário individualmente, conforme ilustrado na Figura 6. Cada objeto Indivíduo realiza as atividades apresentadas no diagrama da Figura 5: lê e escreve mensagens, e fica refletindo. Cada Indivíduo também é caracterizado por suas taxas de leitura, escrita e iniciativa para escrever mensagens. Os usuários enviam mensagens uns para os outros e também leem as mensagens enviadas de acordo com suas respectivas taxas. As mensagens recebidas são enfileiradas para a posterior leitura caso o usuário esteja ocupado naquele momento lendo outras mensagens ou escrevendo uma nova mensagem.

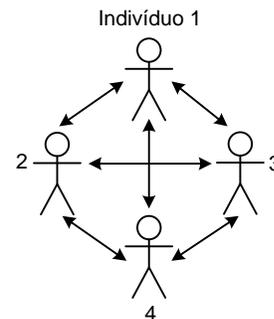
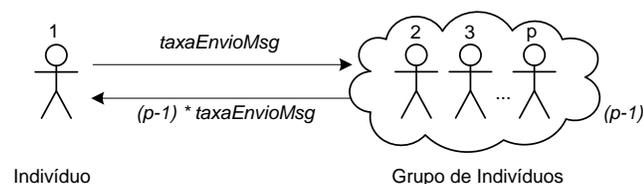


Figura 6. Estratégia de Modelagem: Interação entre Indivíduos

Nessa estratégia de modelagem, cada Indivíduo é representado por duas variáveis: Fila, que contém a quantidade de mensagens a serem lidas; e Estado, que representa a atividade realizada pelo Indivíduo em um determinado momento da sessão de bate-papo. O conjunto de todos os estados dos  $p$  indivíduos, bem como as transições possíveis entre os estados, são representados por uma Cadeia de Markov [5].

Seguindo o paradigma do Tangram-II, o objeto Indivíduo é replicado  $n$  vezes, um para cada indivíduo do grupo da sessão. Essa estratégia de modelagem, contudo, provoca uma explosão de estados da cadeia de Markov, o que impossibilita obter a medida de interesse pelo Tangram-II para grupos com 6 ou mais usuários.



**Figura 7. Estratégia de Modelagem: Interação Indivíduo-Grupo**

Para contornar a explosão de estados, uma segunda estratégia de modelagem foi elaborada – Figura 7. Nessa nova abordagem, aqui denominada Interação Indivíduo-Grupo, um único objeto Usuário interage com uma entidade única que representa os demais usuários do grupo produzindo mensagens.

Enquanto na estratégia Interação entre Indivíduos ocorre o aumento exponencial do número de estados conforme aumenta a quantidade de usuários da sessão de bate-papo, na estratégia Interação Indivíduo-Grupo apenas dois objetos interagem, não variando em função da quantidade de integrantes do grupo, e consequentemente não provocando a explosão dos estados, o que possibilitou obter pelo Tangram-II as estimativas de interesse dessa pesquisa.

Nessa estratégia, cada usuário do Grupo deve produzir mensagens numa taxa semelhante ao do indivíduo isolado, pois assume-se que todos os usuários do bate-papo tem um comportamento similar. Isto significa que a taxa de envio do Grupo dividida por  $(p-1)$  precisa ser próxima ao número de mensagens enviadas pelo indivíduo isolado. O valor da taxa de mensagens enviadas pelo indivíduo isolado é a medida de interesse que se quer encontrar. Para obter essa taxa, o primeiro passo é atribuir um valor aleatório para a taxa de produção de mensagens pelo grupo e, pelo Tangram-II, calcular a taxa de envio de mensagens do indivíduo isolado. Em seguida compara-se a taxa atribuída ao sujeito do grupo e a produzida pelo indivíduo isolado. A diferença entre as taxas deve ser a menor possível – nessa pesquisa, foi definido que a diferença deveria ser inferior a 1 mensagem. Em função do resultado obtido pelo Tangram-II, ajusta-se a estimativa da taxa de envio de mensagens do grupo até que a taxa dos indivíduos do grupo fique próxima da taxa do indivíduo isolado. Desta forma, iterativamente, obtém-se uma estimativa para a quantidade de mensagens produzidas por usuário dado um determinado tamanho do grupo – essa é a medida de interesse dessa pesquisa. Como exemplo, na Tabela 1 são exemplificados os passos realizados iterativamente para se obter a estimativa da produção individual de mensagens considerando que há 7 usuários na sessão (um indivíduo mais 6 integrantes no grupo).

**Tabela 1. Obtenção da estimativa de mensagens enviadas adotando a estratégia Interação Indivíduo-Grupo**

“Chute” inicial: Taxa de envio de mensagens do Grupo (e a respectiva quantidade de mensagens enviadas por cada usuário do Grupo) Mensagens por indivíduo do grupo durante sessão de 1h = taxa * 60min /6 usuários	Valor calculado pelo Tangram-II: quantidade de mensagens enviadas pelo Usuário Isolado durante 1h de bate-papo
3,3 (33,0)	34,4
<b>3,4 (34,0)</b>	<b>34,2</b>
3,5 (35,0)	34,0

Conforme apresentado na Tabela 1, foram testadas sucessivas taxas de envio de mensagens do Grupo. Dentre as taxas testadas, a que mais aproximou a quantidade de mensagens enviadas por cada indivíduo do grupo com a do indivíduo isolado foi 3,4. Para essa taxa, cada indivíduo do grupo teria produzido 34,0 mensagens, enquanto o Indivíduo Isolado, conforme o cálculo produzido pelo Tangram-II, teria enviado 34,2 mensagens durante 60 minutos. Essa diferença é inferior a 1 mensagem, e restringindo a precisão da taxa a uma casa decimal, essa é a taxa que mais se aproxima da produção do indivíduo isolado com a do indivíduo do grupo. Repetindo esse trabalho para diferentes quantidades de usuários no grupo, obtém-se a curva de interesse: quantidade de mensagens produzidas por um usuário da sessão de bate-papo em função dos diferentes tamanhos de grupo.

## 5. AVALIAÇÃO DO MODELO

Para avaliar a adequação do modelo elaborado nesta pesquisa, as estimativas produzidas pelo modelo foram comparadas com os dados reais obtidos de um *corpus* de análise. O *corpus* de análise utilizado é constituído de *logs* de sessões de bate-papo das turmas de uma disciplina lecionada totalmente a distância, denominada “Tecnologias de Informação Aplicadas à Educação” (TIAE) [7]. Ao todo foram obtidos 142 *logs* de bate-papo ocorridos em 18 turmas ministradas entre os anos de 1999 e 2008 (em cada turma foram realizadas, em média, 8 sessões de 1h de bate-papo).

### 5.1 Parametrização do modelo

Para se obter as estimativas de produção de mensagens por usuário dado um tamanho de grupo, é necessário realizar a parametrização do modelo. De acordo com a Figura 5, cada usuário pode estar, durante uma sessão de bate-papo, em um dos três estados: Lendo, Escrevendo ou Refletindo. A transição entre os estados ocorre conforme a ocorrência de Eventos que, por sua vez, ocorre seguindo as seguintes taxas: taxaLeitura, taxaEscrita e taxaIniciativaParaEscrever.

A maneira de se parametrizar o modelo é por meio da obtenção dos tempos médios de leitura, escrita e reflexão dos usuários em um determinado contexto. Como a avaliação do modelo foi realizada pela comparação das estimativas produzidas com os dados extraídos de *logs* reais, o modelo também foi parametrizado por meio de dados obtidos dos *logs*, tais como: duração das sessões de bate-papo, número de usuários em cada sessão, quantidade média de caracteres por mensagem e quantidade média de mensagens enviadas por usuário. Esses dados, em conjunto com as equações produzidas nos estudos sobre as ações dos

usuários durante o bate-papo (seção 3), se apresentaram como uma forma alternativa para a parametrização do modelo, já que não era possível ter acesso aos usuários que participaram das sessões de bate-papo das turmas TIAE.

Para estimar o parâmetro taxaLeitura, foi considerado o tamanho médio das mensagens produzidas em cada turma, sendo este um dado obtido dos logs. Na equação (5) é exemplificada a aplicação da equação (1) para estimar o parâmetro taxaLeitura dos usuários da turma TIAE2007.1 (primeiro semestre de 2007), onde:

$$\begin{aligned}\bar{T}_L &= 1 + (0,04 * \text{tamanho médio das mensagens}) \\ &= 1 + (0,04 * 94,1) = 1 + 3,76 = 4,76 \text{ seg} = 0,08 \text{ min} \\ \text{taxaLeitura} &= 1 / 4,76 = 0,21 \text{ msg/seg} = 12,6 \text{ msg/min} \quad (5)\end{aligned}$$

De forma similar, para estimar as taxas de escrita, considerou-se que a equação (2) e o tamanho médio das mensagens de cada turma TIAE (obtido dos logs reais). Na equação (6), é exemplificada a aplicação da equação (2) para estimar a taxaEscrita.

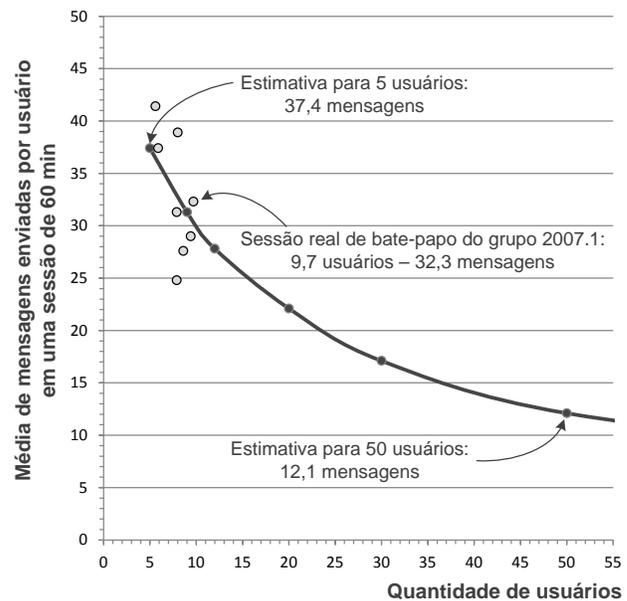
$$\begin{aligned}\bar{T}_E &= 0,28 * \text{média de caracteres por mensagem} \\ &= 0,28 * 94,1 = 26,3 \text{ seg} = 0,44 \text{ min} \\ \text{taxaEscrita} &= 1 / 0,44 = 2,3 \text{ msg/min} \quad (6)\end{aligned}$$

Para estimar as taxaIniciativaParaEscrever, foi primeiramente utilizada a equação (3) para estimar o tempo de reflexão total na sessão de bate-papo ( $T_R$ ) considerando: duração da sessão (obtida de cada log), a quantidade de usuários de cada turma TIAE; a média de mensagens enviadas por usuário; e os tempos de leitura e de escrita estimados de cada turma. Considerando-se que o usuário envia em média  $\bar{m}$  mensagens durante a sessão de bate-papo, então entre a escrita de uma mensagem e a outra esse usuário fica refletindo, em média,  $TR / \bar{m}$ . Optou-se em adotar esse valor como uma aproximação do tempo médio de iniciativa de escrita de mensagens ( $\bar{T}_{IE}$ ). A taxa de iniciativa para escrever é então obtida pelo inverso de  $\bar{T}_{IE}$ . O procedimento elaborado para a estimativa desses parâmetros na turma TIAE2007.1 é exemplificado na equação (7).

Além das taxas, é preciso especificar a função de distribuição de probabilidade dos eventos. Na presente pesquisa, optou-se por utilizar o modelo Poisson com a distribuição exponencial para representar a distribuição de todos os eventos do modelo já que essa distribuição representa um grande número de processos na natureza e é a distribuição mais comumente utilizada em processos modelados como fila. Além disso, de acordo com Fogliatti e Mattos [5], "sempre que possível, deve ser escolhida a distribuição exponencial mesmo que não seja o melhor ajuste, pois a sua utilização em muito facilita a obtenção das medidas de desempenho do sistema" (p.219).

Com as taxas usadas como parâmetros do modelo considerando os dados de cada turma TIAE, e especificadas as funções de distribuição de probabilidade dos eventos, o modelo pôde ser rodado no ambiente Tangram-II para obter o número de mensagens enviadas em função das seguintes quantidades de usuários: 5, 9, 12, 20, 30, 50 e 100 usuários. Com os valores calculados pelo modelo e interpolando os valores não calculados, é traçada a "curva de interação" estimada para cada turma TIAE. Como exemplo, na Figura 8 é apresentada a curva traçada a partir

dos resultados produzidos pelo modelo para a turma TIAE 2007.1.



**Figura 8. Curva de interação estimada pelo modelo e pontos representando a produção real obtida dos logs**

Aplicando-se os procedimentos aqui descritos, foi estimada uma curva de interação para cada turma TIAE. Essa estimativa foi utilizada para avaliar a precisão do modelo, como descrito a seguir.

## 5.2 Teorema Central do Limite para avaliar a precisão do modelo

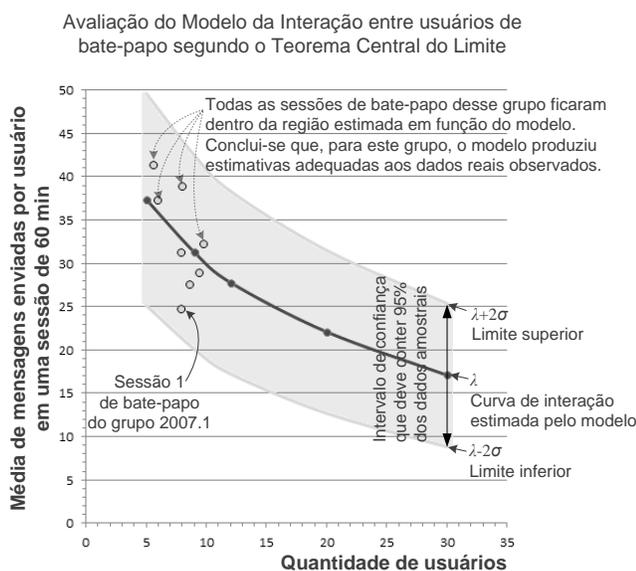
Para avaliar o modelo elaborado, as estimativas produzidas pelo modelo foram comparadas com os dados obtidos dos logs reais. Diferentemente do modelo que estima a produção média de mensagens para cada tamanho do grupo, nos dados reais ocorrem diferentes valores para um mesmo tamanho de grupo – por exemplo, numa turma com 10 usuários, em média cada um produziu 32 mensagens durante uma sessão, mas na sessão seguinte produziram em média 29 mensagens (conforme os dados extraídos da turma TIAE 2007.1 nas sessões 3 e 4). Portanto, se pudessemos realizar várias sessões com exatamente 10 usuários no grupo, seria possível estimar um valor médio de mensagens produzidas e um intervalo ao redor dessa média que abrigaria a maioria das ocorrências reais.

A precisão da estimativa do modelo em relação aos dados reais é fundamentada pelo Teorema Central do Limite. Pelo Teorema, conforme vai aumentando o tamanho da amostra (ocorrências reais), a distribuição amostral da média aproxima-se de uma distribuição Normal, e neste caso 95% dos dados amostrais ficam entre  $\mu - 2\sigma$  e  $\mu + 2\sigma$ , onde  $\mu$  é a média populacional e  $\sigma$  é o desvio padrão populacional. Optou-se por um intervalo de confiança de 95%, por ser o tradicionalmente adotado em pesquisa quantitativa [22]. Para usar o intervalo de confiança de 95%, usa-se a área entre  $\mu - 2\sigma$  e  $\mu + 2\sigma$ . Isso implica em verificar se 95% dos dados reais ocorridos nas sessões da turma TIAE

ficam dentro desses limites ao redor da média estimada pelo modelo.

Cada ponto da curva de participação obtida do modelo corresponde à estimativa da média de mensagens enviadas numa amostra ( $\bar{x}$ ) em função do tamanho do grupo de usuários. Falta definir o desvio padrão dessa média de mensagens produzidas na amostra ( $s$ ). Foram realizados testes estatísticos que possibilitaram concluir que o processo real de produção de mensagens nas turmas TIAE pode ser aproximado por uma Poisson. Assumindo essa distribuição amostral, o desvio padrão é calculado como sendo  $\sigma = \sqrt{\lambda}$  (na distribuição de Poisson, a média  $\mu$  é representada pela letra grega  $\lambda$  [lambda]).

A partir dessa abordagem, foi verificado se 95% dos dados reais ficavam dentro dos limites calculados em função das médias estimadas pelo modelo. Foram contabilizadas quantas sessões das turmas TIAE ficaram dentro da região estimada em função do modelo e quantos ficaram fora, como exemplifica o procedimento ilustrado Figura 9.



**Figura 9. Dados reais obtidos dos logs, curva de interação e região estimada em função do modelo**

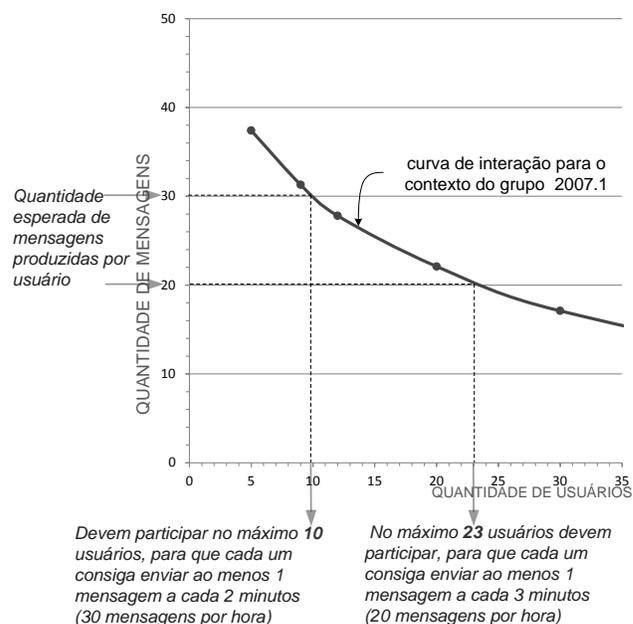
De todas as 142 sessões de bate-papo das turmas TIAE, 95,8% ficaram dentro da região estimada em função do modelo. Este valor está dentro dos limites definidos pelo Teorema Central do Limite (95,4%), o que possibilita concluir que o modelo de participação produz estimativas adequadas da média de mensagens enviadas por usuário em função do tamanho do grupo presente na sessão de bate-papo educacional.

## 6. QUANTIDADE DE MENSAGENS EM FUNÇÃO DO TAMANHO DO GRUPO

Uma vez que o modelo foi considerado válido, conforme a avaliação apresentada na seção anterior, foi possível buscar uma resposta para a pergunta inicial desta pesquisa: quantos usuários devem participar de uma sessão de bate-papo?

A primeira constatação sobre essa questão é que não existe uma resposta única, pois o limite de usuários depende do contexto de cada grupo de trabalho: do perfil dos usuários (velocidade de leitura e de digitação) e das características da sessão de bate-papo (interface do sistema, protocolo de conversação etc.). No modelo, essas características são encapsuladas nos parâmetros Tempo Médio de Escrita, Leitura e Reflexão. Estimados esses parâmetros para um contexto ou para o perfil médio de usuários de um grupo de trabalho, o modelo é usado para traçar a curva de interação como a ilustrada na Figura 10.

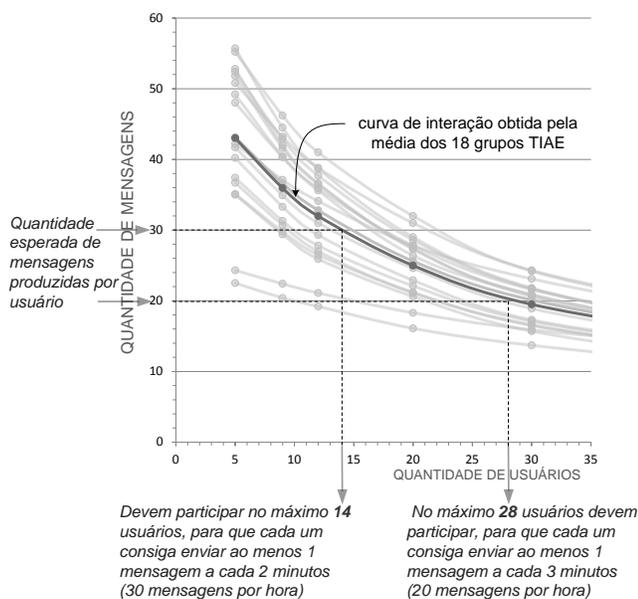
**QUANTIDADE DE MENSAGENS EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DE USUÁRIOS (EM SESSÃO DE BATE-PAPO COM DURAÇÃO DE 1 HORA)**



**Figura 10. Quantidade de mensagens em função do tamanho do grupo**

Além do contexto, o limite de usuários que podem participar da sessão de bate-papo também depende da expectativa do nível de interação (quantidade de mensagens) que cada usuário deve produzir durante a sessão. No exemplo apresentado na Figura 10, suponha que se espere que cada usuário envie, em média, 1 mensagem a cada 3 minutos de conversa, isto é, 20 mensagens durante uma sessão de 60 minutos. Pela curva identifica-se que esse mínimo de mensagens é alcançado quando se tem, no máximo, 23 usuários. Caso o nível de participação esperado seja de 1 mensagem a cada 2 minutos (30 mensagens por hora), naquele contexto, deveriam participar da sessão de bate-papo no máximo 10 usuários.

A estimativa precisa requer que sejam obtidos os parâmetros discutidos nesse artigo, como o tempo médio de leitura e de digitação dos alunos, no contexto que se deseja estimar, para cada turma específica. Contudo, conforme ilustrado na Figura 11, estudando as várias turmas de uma disciplina é possível obter uma curva média que serve para estimar a produção média de mensagens em qualquer turma daquela disciplina. Essa é uma curva útil para definir a quantidade de usuários que podem participar das sessões de bate-papo naquela disciplina (independentemente do contexto).



**Figura 11. Curva média de interação no contexto TIAE**

A partir dos resultados obtidos com a presente pesquisa, é possível discutir os resultados encontrados na literatura apresentados na seção 2. Não é possível enunciar um valor consensual sobre a quantidade de alunos que devem participar de uma sessão de bate-papo, pois depende do contexto e do nível de interação (produção de mensagens dos usuários ao longo da sessão de bate-papo) almejado. Os valores encontrados na literatura foram obtidos de contextos específicos e decorrentes da expectativa dos pesquisadores sobre a interação dos usuários.

O que se pôde concluir, em função dos estudos aqui apresentados sobre as sessões de bate-papo de um grupo de usuários em particular, foi: não é preciso constituir grupos muito pequenos de apenas 3 ou 4 alunos, como sugerem alguns autores; mas também não devem ser agrupados muitos alunos (os pesquisadores dos grupos estudados sugerem evitar grupos com mais de 18 usuários [18]) porque a confusão começa a se tornar crítica: os usuários não conseguem ler todas as mensagens; a produção individual de mensagens decai; e sobra pouco tempo para o usuário refletir sobre o que está sendo discutido na sessão.

## 7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

No presente artigo foi elaborado um modelo matemático para representar o comportamento de usuários em sistemas de bate-papo visando determinar qual o número máximo de usuários que devem participar de uma sessão de bate-papo. Os resultados produzidos pelo modelo elaborado mostraram-se adequados em comparação com os dados reais obtidos de 142 sessões de bate-papo realizadas em 18 turmas de uma disciplina a distância, e assim conclui-se que o modelo elaborado nessa pesquisa produz estimativas adequadas. O modelo é útil para subsidiar diferentes estudos, e nesse artigo mostrou-se a utilidade do modelo para apoiar o planejamento do tamanho do grupo de trabalho ao participar de uma sessão de bate-papo – esse resultado é de interesse tanto para as instituições que promovem educação *online* quanto para empresas que usam esses sistemas para apoiarem o trabalho em grupo.

Dentre as limitações dessa pesquisa estão os poucos dados obtidos dos experimentos sobre os processos elementares de interação em bate-papo – espera-se que os processos de leitura, escrita e reflexão sejam caracterizados com mais precisão e generalização em trabalhos futuros. Outra limitação da presente pesquisa é a concentração dos dados reais do *corpus* de análise ao redor de 10 usuários por sessão, com desvio padrão de 3,8 usuários. Essa concentração impossibilitou a avaliação do modelo em grupos pequenos (com 5 ou menos usuários) e também em grupos muito maiores (com 20 ou mais usuários) – em trabalhos futuros, espera-se avaliar o modelo considerando uma maior variação no número de usuários em um mesmo contexto. Também se espera, em trabalhos futuros, que sejam produzidas estimativas em outros contextos, como em uma equipe de desenvolvimento distribuído de software ou reuniões de tomada de decisão colaborativa.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Beauvois, M. H. 1992. Computer-assisted classroom discussion in the foreign language classroom: Conversation in slow motion. In *Foreign Language Annals*, 25, 455-464.
- [2] Böhlke, O. 2003. A comparison of student participation levels by group size and language states during chatroom and face-to-face discussions in German. *CALICO Journal*, 21 (1), páginas 67-83.
- [3] Bump, J. 1990. Radical changes in class discussion using networked computers. *Computer and the Humanities*, 24, 49-65.
- [4] De Souza e Silva, E., Figueiredo, D., Leão, R. 2009. The TangramII integrated modeling environment for computer systems and networks. In *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, 36(4): 64-69.
- [5] Fogliatti, M. C., Mattos, N. M. C. 2007. Teoria de filas. Rio de Janeiro: Interciência.
- [6] Fuks, H., Pimentel, M., Lucena, C.J.P. 2006. R-U-Typing-2-Me? Evolving a chat tool to increase understanding in learning activities. In *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, v. 1, p. 117-142, 2006.
- [7] Fuks, H., Gerosa, M. A., Lucena, C. J. P. 2002. The Development and Application of Distance Learning on the Internet. In *Journal of Open and Distance Learning*, Vol. 17, N. 1, ISSN 0268-0513, pp. 23-38.
- [8] Fuks, H., Gerosa, M.A., Pimentel, M. 2003. Projeto de Comunicação em Groupware: Desenvolvimento, Interface e Utilização. *XXII Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, v2, cap. 7, p. 295-338.
- [9] Gaines, R., Lisowski, W., Press, S. and Shapiro N. 1980. Authentication by keystroke timing: Some preliminary results. *Rand Report R-256-NSF*. Rand Corporation, Santa Monica, CA.
- [10] Garcia, J. 1986. Personal identification apparatus. Patent Number 4.621.334. U.S. Patent and Trademark Office, Washington, D.C.
- [11] Gentleman, R. , Ihaka, R. 2013. The R Project for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>, Acessado em 10 ago 2013.

- [12] Hilgert, J. G. 2000. A construção do texto “falado” por escrito na Internet. *Fala e escrita em questão*. Dino Preti (org). São Paulo: Humanistas/FFLCH/USP.
- [13] Hiltz, S.R. and Turoff, M. 1978. *The Network Nation: Human Communication via Computer*, Addison-Wesley, 1978.
- [14] Hrastinski, S. 2008. The potential of synchronous communication to enhance participation in online discussions: A case study of two e-learning courses. In *Information & Management*, 45, 499-506.
- [15] Kleinrock, L. 1975. *Queueing Systems - Theory*, Vol. I. Wiley-Interscience.
- [16] Löber, A., Schwabe, G., Grimm, S. 2007. Audio vs. chat: The effects of group size on media choice. *Proceedings of the 40th HICCS Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [17] Pimentel, M., Gerosa, M. A., Fuks, H. 2011. Sistemas de comunicação para colaboração. In *Sistemas Colaborativos*, cap.5. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [18] Pimentel, M., Lucena, C. J. P., Fuks, H. 2003. “Debate, debati... aprendi? Investigações sobre o papel educacional das ferramentas de bate-papo”. In *IX Workshop sobre Informática na Escola - WIE2003*. Agosto, 2003.
- [19] Piva, D. J., Pupo, R., Gamez, L., Oliveira, S. 2011. *EAD na Prática – Planejamento, métodos e ambientes de educação online*. Elsevier Editora Ltda. páginas 164-170.
- [20] Shimakura, S. 1990. CE003 - Estatística II. <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003> , acessado em 20 jul 2013., 24, 49-65, 1990..
- [21] Stahl, G. 2009. *Studying Virtual Math Teams*. New York, NY: Springer.
- [22] Wainer, J. 2007. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação, em *JAI 2007 - Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. p.221-262.

# A Influência da Diversidade de Conhecimento no Processo de Aprendizagem Colaborativa

Edmar Welington Oliveira  
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF  
Juiz de Fora, Brasil  
oliveira.edmar@ufjf.edu.br

Marcos Roberto da Silva Borges  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Rio de Janeiro, Brasil  
mborges@nce.ufrj.br

## ABSTRACT

Individuals have different cognitive abilities, although in some cases equivalents. That means, considering a learning context, that individuals learn differently, according to their interests, needs, capabilities etc., which are specific to each person. In learning environments, it is common to use the idea of collaboration as a strategy to instigate and encourage learning, mainly because of the difficulty that certain individuals have on learning individually. However, fostering the interaction between "homogeneous" individuals, with equivalent levels of knowledge, makes it difficult - and sometimes impossible - that collaboration achieves the desired objectives. This work aims to investigate the influence of diversity (difference) of knowledge in collaborative learning process. It was investigated whether students could learn more when they participate in collaborative environments where interactions take place between individuals with different levels of knowledge. An experiment was conducted in a class in order to evaluate whether knowledge diversity, in a learning collaborative process, is beneficial regarding knowledge acquisition.

## RESUMO

Indivíduos possuem capacidades cognitivas diferentes, ainda que, em alguns casos, equivalentes. Isso quer dizer, em um contexto de aprendizagem, que indivíduos aprendem de formas diversas, em função dos interesses, necessidades, habilidades etc. específicos de cada um. Em ambientes de aprendizagem, é frequente o uso da ideia de colaboração como estratégia para instigar e impulsionar o aprendizado, principalmente em virtude da dificuldade que certos indivíduos possuem em aprender individualmente. Entretanto, o fomento à interação entre indivíduos "homogêneos", com níveis de conhecimento equivalentes, acaba por dificultar – e por vezes, impossibilitar – que a colaboração atinja os objetivos pretendidos. O objetivo deste trabalho foi investigar a influência da diversidade (diferença) de conhecimento no processo de aprendizagem colaborativa. Buscou-se avaliar se alunos conseguem aprender mais quando participam de ambientes colaborativos onde as interações são realizadas entre indivíduos com diferentes níveis de conhecimento. Um experimento em um ambiente real de aula foi realizado de forma a analisar se, de fato, a diversidade de conhecimento, em um processo de aprendizagem colaborativa, é benéfica no que tange ao aprendizado.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

## Categorias e Descritores do Assunto

K.3.1 [Computadores e Educação]: Aprendizagem Colaborativa

## Termos Gerais

Experimentação, Fatores Humanos.

## Palavras-Chave

Aprendizagem Colaborativa, Diversidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução do conhecimento depende do trabalho coletivo, e não individual. Isso porque ele é visto como um construto social e está vinculado às relações humanas [9]. O conhecimento pode, sim, se desenvolver em nível individual, mas em um menor grau do que se fosse compartilhado. Mesmo resultando de ações individuais – já que aprendizado é específico de cada pessoa –, o conhecimento pode ser aprimorado e ampliado. Isso requer, contudo, interações entre pessoas [13]. É essencial que se promova o compartilhamento de ideias, saberes e opiniões [2]. O processo de desenvolvimento de conhecimento depende da contribuição individual e da interação que ocorre dentro de um grupo, através de processos comunicacionais.

Em um ambiente altamente competitivo, a vantagem do indivíduo reside em sua capacidade reativa de aprender – e tão importante quanto aprender rápido, é aprender de forma eficaz. Desse modo, verifica-se a adoção, cada vez maior, de práticas colaborativas no norteamento de processos educacionais, principalmente daqueles em que a complexidade ultrapassa as capacidades cognitivas individuais. Logo, permite-se que o conhecimento seja construído não apenas por meio de empenho individual, mas, principalmente, através do esforço de uma coletividade. É importante ressaltar que essa visão fomenta uma ressignificação do conceito de aprender. Trata-se, portanto, de compreender a educação como um processo de socialização, que oportunize a adoção de um fazer pedagógico dinâmico, fundamentado nas interações entre indivíduos e na sinergia de saberes [6].

Para a aprendizagem, interessam as condições necessárias à sua realização e à criação do conhecimento. Há, de certo modo, a concepção de que o foco está no indivíduo e na forma como este pode construir seu conhecimento. Entretanto, o senso, mesmo o individual, é, em parte, de fundo coletivo - visto que parte dos pressupostos de uma pessoa é fruto de uma cultura adquirida em um processo de socialização. Assim, quando indivíduos aprendem em conjunto, eles se desenvolvem de forma mais rápida do que se estivessem agindo isolados. Entende-se, portanto, que o processo de aprendizado depende de interação. Faz-se necessário, portanto, ponderar sobre a adoção de práticas visando à troca constante de conhecimentos e habilidades. É neste contexto que se questiona o modelo tradicional de aprendizagem, centrado no sujeito, em prol

de uma aprendizagem coletiva, fundamentada na interação entre indivíduos - uma ideia cada vez mais usada na esfera educacional [1] e cuja aprendizagem decorrente mostra-se particularmente benéfica [12].

Entretanto, embora se percebam as vantagens da interação para a aprendizagem, não raro os objetivos, quanto ao aprendizado, não são alcançados. São vários os fatores que, em um contexto de aprendizagem colaborativa, afetam a eficácia do aprendizado. No presente trabalho, interessa, especificamente, a questão da diversidade<sup>1</sup> de conhecimento - em um ambiente de interação - e seu impacto no aprendizado. [14] analisou a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real de um sujeito, determinado pela resolução independente de problemas, e o nível superior de desenvolvimento potencial, determinado pela resolução de problemas em colaboração com pares mais capazes. Verificou-se que aquilo que um aluno é capaz de realizar ao atuar em colaboração com um colega é mais favorável para seu próprio desenvolvimento do que seu desempenho analisado isoladamente. Portanto, neste trabalho, acredita-se que, quando indivíduos com níveis de conhecimento equivalentes atuam em conjunto, o aprendizado decorrente acaba não sendo tão eficiente quanto seria se a interação ocorresse entre indivíduos diversos (ou seja, com níveis de conhecimento diversos). Este trabalho propõe investigar a influência da diversidade em um contexto de aprendizagem colaborativa. Parte-se da hipótese de que, quando realizada entre indivíduos com diferentes níveis de conhecimento, a aprendizagem colaborativa possibilita um aprendizado individual em maior grau.

Além desta seção introdutória, este trabalho está organizado como descrito a seguir. Na seção 2, discorre-se sobre a abordagem de aprendizagem colaborativa. A seção 3 discute sobre a questão da diversidade. A seção 4 apresenta o experimento realizado para se verificar a validade da proposta de pesquisa. A seção 5 mostra e analisa os resultados obtidos. A seção 6 expõe as conclusões. Por fim, as referências bibliográficas são apresentadas na seção 7.

## 2. APRENDIZAGEM COLABORATIVA

Para [3], a aprendizagem colaborativa remete a uma situação de aprendizagem na qual duas ou mais pessoas aprendem ou tentam aprender algo juntas, sendo considerada uma proposta muito útil para apoiar processos educacionais. Segundo [5], em ambientes instrucionais centrados na aprendizagem colaborativa, observa-se uma centralização de esforços no sentido de prover uma interação entre os indivíduos, buscando transmitir conhecimento entre todos através de estratégias de colaboração. Para [8], o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos é muito beneficiado por processos de aprendizagem colaborativa. Embora seja possível encontrar várias definições para o conceito de aprendizagem colaborativa, pode-se dizer que a premissa dessa abordagem se baseia na construção do conhecimento através da cooperação, da interação entre sujeitos [11]. De maneira geral, espera-se que ocorra o aprendizado como consequência de uma interação entre pares que atuam em sistema de interdependência na resolução de problemas ou na realização de uma tarefa. A proposta de aprendizagem colaborativa, segundo [6], é a direção mais promissora no sentido do desenvolvimento do saber. Para [7], é uma pedagogia centrada no conceito de grupo e não nos indivíduos isoladamente.

Dentro do contexto da aprendizagem colaborativa, estimula-se o esforço coletivo, ao invés do envolvimento individual. Isso permite que haja troca de saberes entre os indivíduos, instigando neles a proposta de aprender com e para os outros, rompendo com os limites convencionais da aprendizagem. Verifica-se convergência para uma dinâmica de desenvolvimento compartilhado - onde há a interação de indivíduos, com habilidades complementares. Para o presente trabalho, interessa, justamente, essa proposta de troca de conhecimento entre indivíduos, de forma que seja possível a eles aprender em conjunto, aproveitando-se de eventuais diferenças no nível desse conhecimento. Parte-se do princípio de que, nesse tipo de aprendizagem, a interação em grupos realça o aprendizado, mais do que em um esforço individual. Uma aprendizagem mais eficiente, assim como um trabalho mais eficiente, é colaborativa e social, em vez de competitiva e isolada. A troca de ideias e saberes melhora o pensamento e aprofunda o entendimento [4].

## 3. DIVERSIDADE

A palavra diversidade possui diferentes conotações. Na maioria dos dicionários de língua portuguesa, as seguintes definições são encontradas: diferença, dessemelhança, variedade, multiplicidade, pluralidade etc. É possível verificar, portanto, dois sentidos bem distintos: diferença e variedade. No contexto deste trabalho, como mencionado, interessa a diversidade no sentido da diferença (de conhecimento) e o seu impacto no processo de aprendizagem. O intuito da pesquisa é verificar se a interação entre indivíduos com níveis diferentes de conhecimento promove um aprendizado em maior grau do que se as interações ocorressem entre indivíduos com níveis de conhecimento equivalentes. A intenção da pesquisa não foi analisar se o conjunto global de conhecimentos dos indivíduos tem influência sobre o aprendizado de novos conteúdos. Planeja-se isso como possível trabalho futuro desta pesquisa.

A análise sobre o aspecto de grupos homogêneos e heterogêneos se baseou em trabalhos [10] onde se afirma que grupos com maior diversidade apresentam melhor desempenho, especificamente no que tange às tarefas complexas, que grupos homogêneos - mesmo quando, individualmente, os integrantes dos grupos homogêneos eram pessoas com maior capacidade de solucionar problemas. De fato, nos grupos "homogêneos", os integrantes tendem a pensar de forma equivalente, propondo as mesmas soluções. Por outro lado, grupos heterogêneos possuem integrantes diversos, com perfis, formações e capacidades cognitivas diferentes - e, por essa razão, tendem a melhorar, substancialmente a capacidade de resolução de problemas. Embora a ideia de diversidade, neste trabalho, seja aplicada sob um aspecto mais restrito do que o considerado em [10], acredita-se que, assim como em [10], grupos heterogêneos, formados por indivíduos com diferentes níveis de conhecimento, apresentam melhor desempenho, em termos de aprendizado, do que grupos homogêneos (onde os indivíduos possuem níveis equivalentes de conhecimento). No presente trabalho, parte-se do princípio de que aprender é uma tarefa complexa.

## 4. EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em três aulas da disciplina de Orientação a Objetos - especificamente, na turma do 3º período do curso de Graduação em Ciências Exatas, da Universidade Federal de Juiz de Fora. Participaram os 24 alunos da turma. Optou-se pela escolha desse público pela razão discutida a seguir: segundo o professor da disciplina em questão, uma das grandes dificuldades dos alunos (independente da turma) sempre foi o

<sup>1</sup> Adotado, nesse trabalho, no sentido de disparidade, diferença - e não no sentido de pluralidade, multiplicidade ou variedade.

aprendizado do conceito de Tratamento de Exceção. Os alunos do curso de Ciências Exatas cursam essa disciplina ao ingressarem no terceiro período da graduação. Entretanto, a “bagagem” que esses alunos trazem dos dois períodos anteriores – no que diz respeito ao conhecimento sobre programação – é bastante limitada. Como a disciplina de Orientação a Objetos, em geral, aborda conceitos mais avançados sobre programação, os alunos acabam apresentando algumas dificuldades no aprendizado dos mesmos.

A adoção de práticas colaborativas (por exemplo, a realização de exercícios em grupos) é uma estratégia considerada pelo professor visando melhorias no processo de aprendizagem. Entretanto, ao longo dos períodos, observou-se que nem sempre o uso dessa proposta proporcionou uma melhoria no que tange à aquisição de conhecimento – ao menos para alguns alunos. Em outras palavras, o desempenho deles (verificado através de avaliações individuais), por vezes, não apresenta avanços. O tratamento de exceção, em especial, tem sido aquele no qual os alunos têm apresentado mais dificuldade, em muito pela complexidade inerente ao conceito. O problema de aprendizado em questão fomentou o interesse em se investigar as razões pelas quais, mesmo atuando em grupos, os alunos não conseguiram aprender de forma satisfatória. Em função disso, resolveu-se aplicar um experimento que permitisse explorar a influência da diversidade (sob uma conotação de diferença) de conhecimento entre os alunos, em um ambiente de interação, no aprendizado deles. O objetivo foi analisar se alunos com diferentes níveis de conhecimento, ao atuarem juntos, conseguiam aprender mais se comparado à interação entre alunos com níveis de conhecimento equivalentes.

Para minimizar eventuais ameaças ao experimento, buscou-se, ao máximo, limitar as interações entre os alunos e o responsável pela condução do experimento (professor). Ao professor, cabia separar os grupos e aplicar os exercícios do experimento, não podendo auxiliá-los na resolução. Para os alunos, fora dito que a atividade não seria diferente, em termos de avaliação, das demais atividades que o professor, frequentemente, aplicava. Buscou-se, com isso, não interferir na motivação dos alunos. Por fim, ao longo da realização do experimento, foram concedidos, entre a resolução dos exercícios, alguns minutos de descanso, buscando-se evitar que o cansaço dos alunos pudesse interferir no comportamento deles.

#### 4.1 Dinâmica do Experimento

Antes da realização do experimento, o professor ministrou uma aula (com duração de 2 horas) sobre o conceito de “Tratamento de Exceção”. Fora solicitado aos alunos que estudassem os conceitos vistos na aula, visando à realização de exercícios na aula seguinte. Essa é uma prática comum adotada pelo professor. Os alunos não foram informados sobre a realização do experimento. O objetivo foi seguir a prática pedagógica habitual do professor, buscando não influenciar na preparação dos alunos para o desenvolvimento dos exercícios. O experimento foi dividido em quatro etapas. Na primeira delas, foram aplicados dois exercícios de programação (PROG01 e PROG02), ambos relacionados ao conceito de “Tratamento de Exceção”. Fora definido que ambos os exercícios seriam realizados individualmente, mas com possibilidade de consulta ao material. Ademais, definiu-se um tempo para o desenvolvimento e entrega de cada exercício.

Optou-se pela execução individual dos exercícios tendo em vista o propósito de se verificar a assimilação do conteúdo pelo aluno. Não houve restrição de consulta, uma vez que o aprendizado – obtido pelos alunos durante a execução das atividades – era desejável. Para cada exercício, fora definido um tempo de 50

minutos para desenvolvimento e entrega (que deveria ser realizado via sistema Moodle). A duração foi estabelecida com base no tempo total disponível de 2 horas (tempo de uma aula). O primeiro exercício, PROG01, enfatizava o processo de tratamento de exceção (geração do objeto de exceção, lançamento, captura e tratamento). Para este exercício, os alunos deveriam usar exceções definidas na biblioteca da linguagem de programação Java. Já o segundo exercício, PROG02, embora envolvesse esse mesmo processo, impunha aos alunos a obrigatoriedade de criação de classes de erro. Isso lhes possibilitou explorar o conceito sob duas perspectivas. Para a realização dos exercícios, os alunos utilizaram o aplicativo BLUEJ. Entre os exercícios PROG01 e PROG02, foi definido um tempo de descanso – de 10 minutos – para os alunos. O propósito foi amenizar o cansaço dos alunos, uma ameaça que prejudicaria a etapa.

Já na segunda etapa do experimento, todos os exercícios foram corrigidos pelo professor da disciplina. Foram atribuídas notas para as soluções apresentadas pelos alunos. Com esses resultados, foi possível ranquear os alunos em ordem decrescente de notas. Um ranque (chamado de R01) foi criado com base nas notas do exercício PROG01 e, outro (chamado de R02), com base nas notas do exercício PROG02. Em ambos, os alunos foram classificados de A1 a A24, sendo A1 o aluno com a melhor nota e A24 o aluno com a pior nota. A partir dessas classificações, tornou-se viável verificar o nível de conhecimento dos alunos sobre os conceitos abordados. Dessa forma, tem-se uma noção acerca do conceito no qual o aluno estava mais/menos “preparado”. A tabela 4.1 ilustra o quantitativo para cada conceito<sup>2</sup> (nota) obtido pelos alunos, em ambos os exercícios. Pode-se observar que primeiro exercício - PROG01, sobre o processo de tratamento de exceção - exigiu conhecimentos, para sua resolução, que metade dos alunos não possuía (ou era insuficiente). Já o segundo exercício – PROG02, sobre o processo de tratamento de exceção com criação de classes de erro – cobrou conceitos mais familiares aos alunos. Além disso, é importante considerar a curva de aprendizado entre a resolução do exercício PROG01 e a resolução do exercício PROG02. O conceito aprendido com o primeiro exercício, presumivelmente, ainda que em parte, deve ter sido aplicado no desenvolvimento do segundo.

**Tabela 4.1. Quantidade de alunos para cada conceito (nota)**

	A	B	C	D	E
PROG01	4	8	1	4	7
PROG02	11	3	5	2	3

A terceira etapa foi dividida em quatro momentos. No primeiro (realizado extraclasse), os 24 alunos foram divididos em oito grupos (G1 a G8), de três alunos. Para essa divisão, utilizou-se o ranque R01. O grupo G1 foi formado pelos três primeiros alunos (A1, A2 e A3) do ranque. O grupo G2, pelos três alunos seguintes (A4, A5, e A6), e assim por diante. Dessa forma, o grupo G1 comportava os alunos com as três maiores notas no exercício PROG01. Em contrapartida, o grupo G8 comportava os alunos com as três piores notas. O propósito dessa divisão foi criar grupos cujos membros possuíssem conhecimento nivelado. A tabela 4.2 ilustra a divisão dos grupos, considerando-se os conceitos dos alunos.

<sup>2</sup> As notas foram definidas através de conceitos, cujos respectivos intervalos de valores foram definidos conforme a seguir: A (8.1 a 10), B (6.1 a 8), C (4.1 a 6), D (2.1 a 4), E (0 a 2).

**Tabela 4.2. Primeira divisão dos grupos**

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
AAA	ABB	BBB	BBB	CDD	DDE	EEE	EEE

No segundo momento, após a divisão dos grupos, fora planejado que estes deveriam realizar um exercício de programação (E01). Objetivava-se incentivar o processo de colaboração para a solução do exercício. Para a realização do exercício E01, fora definido um tempo de 25 minutos. Após o término do prazo, todos os alunos deveriam, individualmente, responder ao questionário Q01. Um prazo de 5 minutos foi estipulado para isso. No Terceiro momento dessa etapa, os grupos foram reorganizados – segundo um critério explicado a seguir. No quarto momento, um novo exercício de programação (E02) foi aplicado. Assim como o primeiro, este deveria ser realizado pelo grupo, dentro de um prazo de 25 minutos. No final, um questionário (Q02) foi aplicado, o qual deveria ser respondido por todos os alunos em um prazo de 5 minutos. A reorganização dos grupos foi realizada de forma a tornar os grupos mais diversos (mais heterogêneos). Em outras palavras, buscou-se criar grupos cujos membros, diferentemente dos grupos do primeiro momento, possuísem níveis de conhecimento díspares.

O critério utilizado para divisão dos grupos foi conforme descrito a seguir. Tomou-se como base o mesmo ranque R01. Os alunos com as oito piores notas nesse ranque (A24 a A17) encabeçaram os grupos G1 a G8. Assim, o aluno com a pior nota (A24) ficou no grupo G1. Já o aluno com a segunda pior nota (A23), ficou no grupo G2. O processo continuou até que esses oito alunos fossem distribuídos. Posteriormente, os alunos com as oito melhores notas (A1 a A8) foram inseridos nos grupos G1 a G8. Assim, o aluno com a melhor nota (A1) ficou no grupo G1, juntamente com o aluno com a pior nota (A24). Já o aluno com a segunda melhor nota (A2), ficou no grupo G2, e assim por diante. Para completar a divisão dos grupos, os demais alunos (A16 a A9) foram inseridos, respectivamente, nos grupos G1 a G8. Ao final do processo, o grupo G1, por exemplo, ficou com o aluno de maior nota (A1), com o aluno de menor nota (A24) e com um aluno (A16) cuja nota ficou entre as oito notas “intermediárias”. A tabela 4.3 ilustra a nova distribuição dos grupos, considerando-se as notas dos alunos.

**Tabela 4.3. Segunda divisão dos grupos**

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
ADE	ADE	ADE	ACE	BBE	BBE	BBE	BBD

Optou-se por essa estratégia de divisão, pois seria possível criar grupos em que, ao menos, um aluno considerado “bom” (média A ou B) estivesse presente. Em alguns casos, alguns grupos ficaram com dois alunos “bons” e um aluno “ruim” (média C, D ou E). O objetivo foi tornar o grupo, considerando os conceitos obtidos pelos alunos, o mais diverso possível. Ao fim dessa terceira etapa, os alunos tiveram 10 minutos de descanso. Novamente, o objetivo foi amenizar o provável cansaço físico e, principalmente, mental deles. Nessa terceira etapa, ambos os exercícios E01 e E02 cobravam os conceitos relacionados ao processo de tratamento de exceção.

A quarta etapa, a exemplo da terceira, também foi dividida em quatro momentos. No primeiro momento (realizado extraclasse), os 24 alunos voltaram a ser divididos em oito grupos, com três alunos. Contudo, para essa divisão, utilizou-se o ranque R02 (obtido a partir dos resultados – notas – do exercício PROG02).

Assim como na terceira etapa, o grupo G1 foi formado pelos alunos com as três melhores notas no ranque R02. A formação dos demais grupos seguiu a mesma estratégia. Objetivava-se obter grupos cujos membros possuísem níveis de conhecimento equivalentes. A tabela 4.4 ilustra a divisão dos grupos, considerando-se os conceitos dos alunos.

**Tabela 4.4. Terceira divisão dos grupos**

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
AAA	AAA	AAA	AAB	BBC	CCC	CDD	EEE

Como observado na tabela 4.4, o percentual de alunos com conceito A ou B é relativamente maior se comparado à tabela (4.1) resultante do exercício PROG01. Isso pode ser justificado, primeiro, pela curva de aprendizado. O exercício E02 cobrava os conceitos abordados no exercício E01, apenas acrescentando a abordagem de criação de classes de erro. Assim, ao fazerem o exercício E02, os alunos já haviam adquirido algum conhecimento resultado da resolução do exercício E01. Em segundo lugar, a turma pode, com base na aula do professor, ter entendido melhor e mais sobre a parte de criação de classes de erro, se comparado ao processo de tratamento de exceção.

No segundo momento, após a divisão dos grupos, fora planejado que estes deveriam realizar um exercício de programação (E03). Para a realização do exercício E01, fora definido um tempo de 25 minutos. Após o término do prazo, todos os alunos deveriam, individualmente, responder ao questionário Q03. Um prazo de 5 minutos foi estipulado para isso. No Terceiro momento, os grupos foram reorganizados. No quarto momento, um novo exercício de programação (E04) foi aplicado. Assim como o primeiro, este deveria ser realizado pelo grupo, dentro de um prazo de 25 minutos. Ao final, um questionário (Q04) foi aplicado, o qual deveria ser respondido por todos os alunos em um prazo de 5 minutos. A reorganização dos grupos buscou torná-los mais heterogêneos. Em outras palavras, buscou-se criar grupos cujos membros possuísem níveis de conhecimento díspares. O critério utilizado para divisão dos grupos foi idêntico ao adotado na terceira etapa. A diferença foi o ranque considerado (nesse caso, o R02). A tabela 4.5 ilustra como ficou a reorganização dos grupos – novamente, considerando-se as notas.

**Tabela 4.5. Quarta divisão dos grupos**

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
ACE	ACE	ABE	ABD	ABD	AAC	AAC	AAC

Em comparação à terceira divisão de grupos, observa-se que há, nessa quarta divisão, certa diversidade entre seus membros. Nesta quarta etapa, ambos os exercícios E03 e E04 envolviam a criação de classes de erros, embora também envolvessem o processo de tratamento de exceção. Neste caso, a programação envolvia tanto a geração de objetos de erro (instâncias das classes de erro criadas pelos alunos), como o lançamento, captura e tratamento dos mesmos.

O experimento, como um todo, foi realizado em três aulas da disciplina de Orientação a Objetos. Essas aulas ocorreram em dias distintos. Na primeira aula, como discutido, o professor ministrou aula sobre o conceito de tratamento de exceção. É possível denominar etapa como sendo a etapa de preparação. Já na segunda aula, fora realizado a primeira etapa do experimento, onde os alunos realizaram os exercícios PROG01 e PROG02, necessários para a geração das classificações. Na terceira aula, foram

realizadas a terceira e quarta etapas, onde os alunos se organizaram em grupos para resolver os exercícios E01, E02, E03 e E04 e responder aos questionários de avaliação Q01, Q02, Q03 e Q04. É importante enfatizar que a quarta etapa é uma mera repetição da terceira. A diferença está no fato de ambos os

exercícios E03 e E04 da quarta etapa cobrarem, além do processo de tratamento de exceção, a criação de classe de erro. Optou-se por essa “repetição” para que fosse possível comparar os resultados de ambas as etapas e analisar se seriam equivalentes. A figura 4.1 ilustra, graficamente, todas as etapas do experimento.

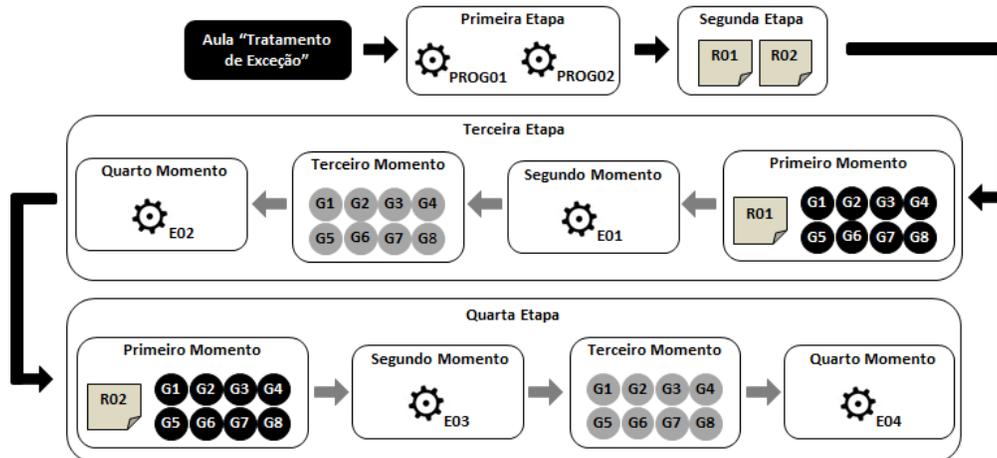


Figura 4.1. Representação das etapas do experimento

Na figura 4.1, a diferença de coloração entre os grupos (G1 a G8) do primeiro e terceiro momentos (para ambas a terceira e a quarta etapas) busca representar a reorganização dos grupos.

## 4.2 Questionários de Avaliação

Ao todo, foram aplicados quatro questionários de avaliação (Q01 a Q04), todos no último dia do experimento, cada um deles logo após os exercícios E01 a E04. Os questionários eram compostos de 4 (Q01 e Q03) ou 7 (Q02 e Q04) perguntas, todas de múltipla escolha. As quatro primeiras perguntas de cada questionário eram idênticas. Somente os questionários Q02 e Q04 continham três perguntas adicionais. Os questionários Q01, Q02, Q03 e Q04 foram aplicados imediatamente após os exercícios E01, E02, E03 e E04, respectivamente. A primeira pergunta solicitava ao aluno classificar (dentre as opções: muito alto, alto, médio, baixo, muito baixo) o nível de interação (troca de ideias/conhecimento, debate, etc.) entre os membros de seus respectivos grupos durante a realização do exercício. Optou-se pela palavra interação, ao invés de colaboração, pois os alunos poderiam entender esta última como sendo a contribuição efetiva individual na construção da solução e não a participação no processo. Em outras palavras, um aluno poderia participar, massivamente, do processo de resolução do exercício – explicando algum conceito aos colegas, discutindo o uso ou não de algoritmos, etc. –, mas não ter nenhuma de suas sugestões transformadas em código.

A segunda pergunta pedia ao aluno para classificar (dentre as opções: muito alta, alta, média, baixa, muito baixa) a eficiência da interação entre os membros de seus respectivos grupos – ou seja, o quanto a interação ajudou na resolução do exercício. A terceira pergunta solicitava ao aluno para classificar seu grupo (dentre as opções: muito forte, forte, médio, fraco, muito fraco) quanto ao conhecimento coletivo (conhecimento do grupo como um todo) em relação ao conceito de tratamento de exceção cobrado no exercício. A quarta pergunta pedia ao aluno para responder se a interação com os integrantes de seu grupo lhe ajudou (sim, não) no aprendizado do conteúdo. Outras três foram inseridas nos questionários Q02 e Q04 – os quais finalizavam a terceira e quarta etapas, respectivamente.

É importante ressaltar que todas as perguntas dos questionários Q01 e Q02 estavam relacionadas apenas à terceira etapa e todas as perguntas dos questionários Q03 e Q04 estavam relacionadas apenas à quarta etapa. Além disso, tanto na terceira etapa quanto na quarta, todos os 24 alunos participaram de dois grupos – um homogêneo (primeiro) e outro heterogêneo (segundo). Nos questionários Q02 e Q04, a quinta pergunta pedia ao aluno para dizer em qual dos dois grupos (primeiro ou segundo) dos quais ele participou a interação foi mais intensa. Dessa forma, no questionário Q02, por exemplo, o aluno deveria responder se a interação foi maior no grupo que resolveu o exercício E01 (primeiro grupo da terceira etapa) ou no grupo que resolveu o exercício E02 (segundo grupo da terceira etapa). A sexta pergunta pedia ao aluno para dizer em qual dos dois grupos (primeiro ou segundo) ele aprendeu mais. A sétima, e última, pergunta pedia ao aluno para comparar o nível de dificuldade do segundo exercício de cada etapa em relação ao primeiro. No questionário Q02, comparava-se a dificuldade do exercício E02 em relação ao E01. No questionário Q04, comparava-se a dificuldade do exercício E04 em relação ao E03.

## 5. RESULTADOS

Nessa seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação dos questionários Q01, Q02, Q03 e Q04. Os resultados são apresentados separadamente para a terceira e quarta etapas.

### 5.1 Terceira Etapa

No início da terceira etapa, os alunos foram separados em grupos homogêneos para resolver o exercício E01. Após a atividade, todos responderam o questionário Q01. Depois, foram separados em novos grupos, heterogêneos, para resolver o exercício E02. Após a atividade, todos responderam o questionário Q02. Isso quer dizer que os resultados referentes ao questionário Q01 estão relacionados à dinâmica realizada com os grupos homogêneos e os resultados referentes ao questionário Q02 estão relacionados com a dinâmica realizada com os grupos heterogêneos. Os resultados dessa subseção comparam as respostas dos questionários Q01 e Q02.

A figura 5.1 apresenta os resultados relativos à pergunta 1: avaliação do nível de interação entre os participantes dos grupos.

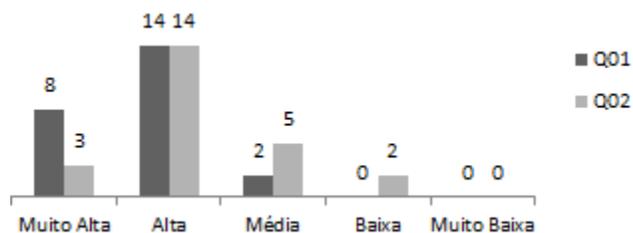


Figura 5.1. Resultados da pergunta 1

Dos 24 alunos, para 8 (33%), a interação nos grupos homogêneos foi muito alta. Para 14 (58%), a interação foi alta. Para 2 (8%), a interação foi média. Já na avaliação dos grupos heterogêneos, 3 alunos (12%) consideraram a interação muito alta, 14 (48%) alta, 5 (21%) média e 2 (8%) baixa. Dos 24 alunos, 22 (91%) acharam que a interação nos grupos homogêneos foi muito alta ou alta. Já para os grupos heterogêneos, a proporção foi de 17 (71%) alunos. O resultado indica que a interação foi maior no grupo homogêneo. Acredita-se que, ao participar de um grupo homogêneo – onde o aluno verifica que seu nível de conhecimento é equivalente aos dos demais membros do grupo – talvez ele se sinta mais à vontade para interagir (discutir, trocar ideias/saberes, etc.). Por outro lado, ao verificar que ele faz parte de um grupo onde alguns membros possuem maior conhecimento sobre o assunto (no caso dos grupos heterogêneos), talvez o aluno se sinta pouco à vontade, assumindo uma postura mais passiva (de ouvir) do que ativa (discutir) – seja por achar que não oferecerá contribuições úteis ao grupo, ou receio de ser retaliado, etc.

A figura 5.2 apresenta os resultados relativos à pergunta 2: nível de eficiência da interação – o quanto ela ajudou na resolução do exercício.

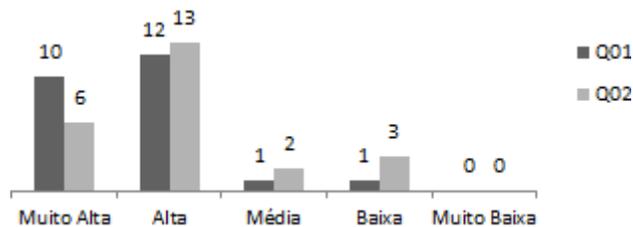


Figura 5.2. Resultados da pergunta 2

Dos 24 alunos, 10 (41%) avaliaram que a interação nos grupos homogêneos teve eficiência muito alta. Para 12 (50%), alta. Para 1 (4%), média. Para 1 (4%), baixa. As repostas do questionário Q02 mostram que 6 (25%) alunos avaliaram a eficiência da interação nos grupos heterogêneos como muito alta, 13 (54%) alta, 2 (8%) e 3 (12%) baixa. Dos 24 alunos, 22 (92%) consideraram a eficiência da interação nos grupos homogêneos como muito alta ou alta. Já no contexto dos grupos heterogêneos, a eficiência foi muito alta ou alta para 19 (79%) alunos. O resultado indica que a eficiência da interação foi maior nos grupos homogêneos. Como a interação foi considerada mais intensa nesses grupos, acredita-se que essa intensidade tenha se transformado, na visão dos alunos, em resultado útil: resolução do exercício. Além disso, dos 8 grupos homogêneos, 4 eram formados por alunos com conceitos A ou B – e, em 1 dos 4 demais grupos, havia um aluno com conceito C, mas cuja nota foi muito próxima do conceito B. Portanto, pode-se dizer que mais da metade dos grupos homogêneos possuía alunos com nível de conhecimento de moderado a alto. Acredita-se que

os grupos formados por alunos mais “capacitados” tendem a ser mais eficientes na resolução do exercício, já que contam com um nível de conhecimento coletivo mais alto. Observa-se, entretanto, que mesmo nos grupos heterogêneos, a interação contribuiu para a resolução do exercício – ainda que sua intensidade não tenha sido tão alta como a observada nos grupos homogêneos.

A figura 5.3 apresenta os resultados relacionados à pergunta 3: classificação dos grupos considerando-se o conhecimento coletivo.

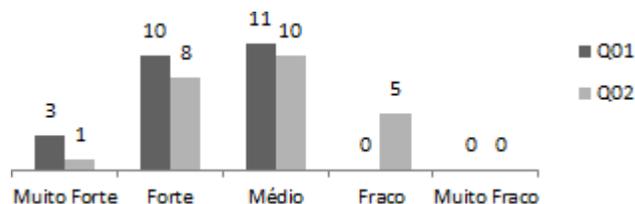


Figura 5.3. Resultados da pergunta 3

Dos 24 alunos, para 3 (12%), o grupo homogêneo do qual participaram eram muito fortes. Para 10 (41%), era forte. Para 11 (46%), era médio. Dos 24 alunos, apenas 1 (4%) considerou seu grupo heterogêneo muito forte. 8 (33%) avaliaram como forte, 10 (41%) como médio e, 5 (21%), como fraco. Dos 24 alunos, 13 (54%) consideram o grupo homogêneo como muito forte ou forte. Já no contexto dos grupos heterogêneos, 9 alunos (37%) avaliaram-nos como sendo muito fortes ou fortes. O resultado indica que os grupos homogêneos foram considerados mais fortes. Como esses grupos tiveram maior intensidade de interação e, além disso, foram mais eficientes, acredita-se que isso tenha proporcionado aos alunos a sensação de esses grupos serem mais fortes (possuírem um conhecimento, coletivo, “maior”). Convém destacar que até a aplicação do experimento, os alunos, ao menos no que tange à disciplina em questão (Orientação a Objetos) não possuíam conhecimento da competência de seus pares (visto que o professor não havia liberado qualquer nota referente a avaliações e exercícios realizados pelos mesmos). Portanto, acredita-se ser pouco provável que o fato de os alunos se conhecerem tenha tido incisiva influência na classificação dos grupos.

A figura 5.4 apresenta os resultados relacionados à pergunta 4: se a interação com os membros do grupo ajudou no aprendizado do aluno. É importante ressaltar que não foi solicitado aos alunos, nesta pergunta, para comparar os grupos homogêneos com os grupos heterogêneos. A pergunta 4 procurou saber do aluno se a interação no grupo lhe ajudou no aprendizado.

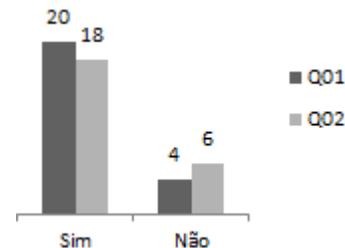
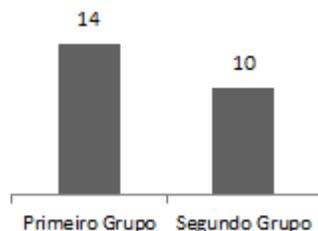


Figura 5.4. Resultados da pergunta 4

Dos 24 alunos, para 20 deles (83%), a interação nos grupos homogêneos ajudou em seus processos de aprendizagem. Já para 4 (16%), essa interação não ajudou o aprendizado. As respostas do questionário Q02 mostram que para 18 alunos (75%), dos 24, a interação nos grupos heterogêneos os ajudou no aprendizado. Já para 6 (25%), essa interação não ajudou. O resultado indica que a

interação nos grupos homogêneos foi mais benéfica no que tange ao aprendizado dos alunos. Como esses grupos foram avaliados como os com maior nível de interação, e os com maior eficiência, acredita-se que o aprendizado seja uma consequência direta disso. É possível observar, entretanto, que as interações no contexto dos grupos heterogêneos também contribuíram para o aprendizado dos alunos, ainda que em menor nível se comparado aos grupos homogêneos. Acredita-se que isso seja consequência da interação dos alunos com maior nível de conhecimento com aqueles com menor nível.

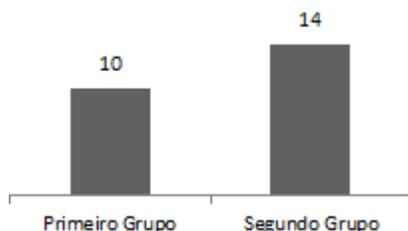
Na figura 5.5, são apresentados os resultados obtidos na pergunta 5: considerando os dois grupos, primeiro e segundo, em qual deles a interação foi mais intensa.



**Figura 5.5. Resultados da pergunta 5**

Dos 24 alunos, 14 (59%) consideraram que a interação entre os alunos foi mais intensa nos grupos homogêneos. Já para 10 alunos (41%), a interação foi mais intensa nos grupos heterogêneos. Esse resultado é condizente com o resultado obtido com a pergunta 1 (figura 5.1).

A figura 5.6 apresenta os resultados da pergunta 6: em qual dos dois grupos – primeiro ou segundo – o aluno acredita ter aprendido mais. Nessa pergunta, ao contrário da pergunta 4, foi solicitado aos alunos para compararem os grupos homogêneos com os heterogêneos, indicando em qual deles o aprendizado foi maior.

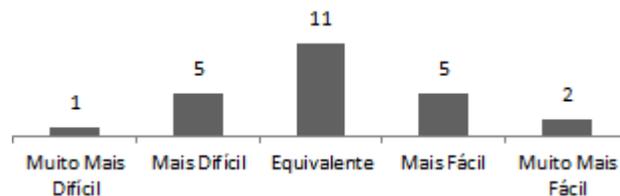


**Figura 5.6. Resultados da pergunta 6**

Dos 24 alunos, 14 (59%) afirmaram que aprenderam mais ao participar do segundo grupo (heterogêneo). Já para 10 (41%), esse aprendizado foi maior ao participarem do grupo homogêneo. O resultado acima indica o que se queria, de fato, demonstrar com o experimento: grupos heterogêneos (diversos) são mais eficazes do que grupos homogêneos para o aprendizado em um ambiente de aprendizagem colaborativa. Nos grupos homogêneos, os alunos possuíam níveis de conhecimento equivalentes. Assim, ainda que tenha sido observada uma maior interação entre eles, contribuindo para aquisição de novos conhecimentos, acredita-se que essa contribuição seja menor, se comparada aos grupos heterogêneos – afinal, o mesmo saber que um dos membros do grupo homogêneo possui, provavelmente, os outros integrantes do grupo também possuem. Em contrapartida, nos grupos heterogêneos, alguns alunos possuíam maior conhecimento que outros (já que obtiveram maior nota, individualmente, nos exercícios da segunda etapa). Assim, é presumível que esse conhecimento, em função da

interação entre os alunos, fosse compartilhado. Como consequência, os alunos que não o possuíam antes da interação, provavelmente, passaram a tê-lo após. Acredita-se que, embora ocorra aprendizado nos grupos homogêneos, uma vez que há troca de saberes, discussão, etc., a tendência é que esse aprendizado seja mais intenso (ao menos para alguns alunos) nos grupos heterogêneos.

Por fim, a pergunta 7 questionou os alunos no que tange o nível de dificuldade do exercício E02 em comparação o E01. O resultado é apresentado na figura 5.7.



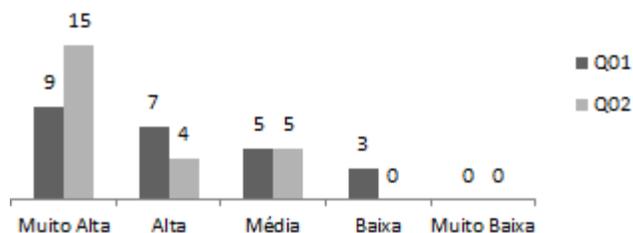
**Figura 5.7. Resultados da pergunta 7**

Dos 24 alunos, 1 (4%) afirmou que o exercício E02 estava muito mais difícil que o exercício E01. Para 5 alunos (21%), E02 estava mais difícil que E01. Para 11 (46%), E02 e E01 eram equivalentes em termos de dificuldade. Para outros 5 (21%), E02 era mais fácil que E01 e, para 2 (8%), o exercício E02 era muito mais fácil que o E01. Acredita-se, pelo resultado, que uma eventual diferença no nível de dificuldade entre os exercícios não tenha influenciado os resultados obtidos na terceira etapa do experimento.

## 5.2 Quarta Etapa

A quarta etapa ocorreu de forma idêntica à terceira, inclusive com relação à aplicação dos questionários. A única diferença estava no conteúdo dos exercícios cobrados. Além do conhecimento sobre o processo de tratamento de exceção, os exercícios da quarta etapa cobravam dos alunos conhecimentos sobre a criação de classes de erro. No início da quarta etapa, os alunos foram organizados em grupos homogêneos para resolver o exercício E03. Ao final da atividade, eles responderam o questionário Q03. Em seguida, os alunos foram separados em grupos heterogêneos, que resolveram o exercício E04. Em seguida, os alunos responderam o questionário Q04. Os resultados referentes ao questionário Q03 estão associados à dinâmica realizada com grupos homogêneos. Já os resultados referentes ao questionário Q04 estão associados à dinâmica realizada com os grupos heterogêneos. Os resultados desta subseção comparam as respostas dos questionários Q03 e Q04.

A figura 5.8 apresenta os resultados relativos à pergunta 1: avaliação do nível de interação entre os participantes dos grupos.



**Figura 5.8. Resultados da pergunta 1**

Dos 24 alunos, para 9 (37%), a interação nos grupos homogêneos foi muito alta. Para 7 (30%), foi alta. Para 5 (21%), foi média. Para 3 (12%), foi baixa. Já com a dinâmica realizada com os grupos heterogêneos, 15 alunos (62%) avaliaram a interação

nesses grupos como muito alta, 4 (17%) alta e 5 (21%) média. Dos 24 alunos, 19 (79%) consideraram que a interação nos grupos heterogêneos foi muito alta ou alta. Já para os grupos homogêneos, a proporção foi de 16 alunos (66%). O resultado indica que a interação foi maior no grupo heterogêneo. Nota-se que esse resultado é contrário ao observado na terceira etapa, onde os alunos responderam que o nível de interação foi maior nos grupos homogêneos.

No início da quarta etapa, os alunos foram organizados em grupos homogêneos (assim como na terceira etapa). Como a divisão dos grupos baseou-se nas notas obtidas pelos alunos (individualmente) no exercício PROG02, alguns que haviam formado um dos oito grupos homogêneos na terceira etapa, voltaram, na quarta etapa, a participar de um mesmo grupo. Dos oito grupos homogêneos da quarta etapa, em cinco deles verificou-se repetição de alunos. Mais especificamente, em quatro desses cinco grupos, dois de seus três alunos integrantes haviam participado de um mesmo grupo homogêneo na terceira etapa. Um desses cinco grupos era formado pelos mesmos alunos que, na terceira etapa, formaram um dos grupos homogêneos. Desse modo, pode ser que alguns alunos não tenham se motivado para discutir outro exercício com as mesmas pessoas de antes. Acredita-se que isso seja justificativa para, na quarta etapa, o nível de interação nos grupos homogêneos ter sido menor, se comparado ao nível de interação desses grupos na terceira etapa.

Os exercícios E03 e E04 – quarta etapa – cobraram o mesmo conhecimento (sobre processo de tratamento de exceção) exigido pelos exercícios E01 e E02 – terceira etapa. Em ambos (E03 e E04), acrescentou-se somente a exigência de criação de classes de erro. Dessa forma, os grupos homogêneos da quarta etapa resolveram um exercício semelhante, conceitualmente, ao exercício da terceira etapa. É provável que, nesses grupos homogêneos da quarta etapa (alguns deles formados por alunos que participaram de um mesmo grupo homogêneo na terceira etapa), os alunos não tenham sentido muita necessidade de voltar a discutir um assunto já discutido (ao menos em parte) na etapa anterior. Deve-se considerar, ainda, o fator aprendido, ocorrido entre uma etapa e outra. É possível que os alunos tenham aprendido o assunto tratado nos exercícios anteriores a ponto de não sentirem necessidade de discussões mais intensas, de troca de conhecimento, de ideias, etc. ao resolverem o exercício E03. Além disso, mesmo os exercícios da quarta etapa exigindo, de novidade, a parte de criação de classes de erro, é preciso considerar que esse foi um tema que grande parte dos alunos demonstrou dominar. De fato, 18 (75%) dos 24 alunos conseguiram médias acima de 6 ao resolverem o exercício PROG02. O exercício E03, provavelmente, não desafiou os alunos a ponto de fomentar neles a necessidade de discussões.

Por outro lado, os grupos heterogêneos sempre foram formados por alunos distintos, em todas as etapas. Assim, um aluno sempre esteve diante de pessoas diferentes, com níveis de conhecimento diferentes. O fato de os alunos formarem grupos com colegas com os quais não haviam formado grupos nas etapas anteriores pode ter fomentado a interação nos grupos heterogêneos. Além disso, pode-se considerar a curva de aprendizado dos alunos ao longo de todo o experimento, fazendo com que eles se sentissem mais à vontade (menos inibidos) e mais seguros para, mesmo em um grupo heterogêneo, discutir, defender suas ideias, propor soluções, etc. – ainda que o exercício proposto (E04) tenha sido conceitualmente similar aos exercícios aplicados antes. Há de se considerar, ainda, a questão motivacional: talvez os alunos

tenham se motivado a mostrar os conhecimentos adquiridos com as interações passadas.

A figura 5.9 apresenta os resultados relativos à pergunta 2: nível de eficiência da interação – o quanto ela ajudou na resolução do exercício.

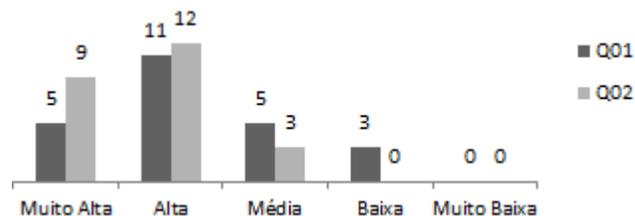


Figura 5.9. Resultados da pergunta 2

Dos 24 alunos, 5 (21%) avaliaram que a interação nos grupos homogêneos teve eficiência muito alta. Para 11 (46%), alta. Para 5 (21%), média. Para 3 (12%), baixa. As repostas do questionário Q02 mostram que 9 alunos (37%) avaliaram a eficiência da interação nos grupos heterogêneos como muito alta, 12 (50%) alta e 3 (12%) média. Dos 24 alunos, 21 (87%) consideraram a eficiência da interação nos grupos homogêneos como muito alta ou alta. Já no contexto dos grupos homogêneos, a eficiência foi muito alta ou alta para 16 alunos (66%). O resultado indica que a eficiência da interação foi maior nos grupos heterogêneos. Como a interação foi considerada mais intensa nos grupos heterogêneos, acredita-se que essa intensidade tenha se transformado, na visão dos alunos, em um resultado útil: resolução do exercício. Esse resultado foi o contrário do obtido na terceira etapa, mas pode ser justificado pela intensidade da interação, que, como observado, foi maior nos grupos heterogêneos. Além do mais, com as interações passadas, provavelmente os alunos adquiriram novos conhecimentos, que acabaram sendo utilizados na resolução do exercício E04, dando a sensação de que a eficiência, no contexto dos grupos heterogêneos, foi maior.

A figura 5.10 apresenta os resultados da pergunta 3: classificação dos grupos considerando-se o conhecimento coletivo.

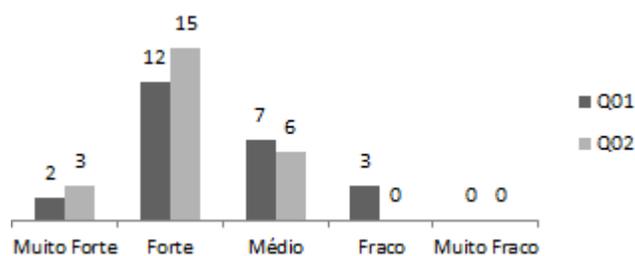
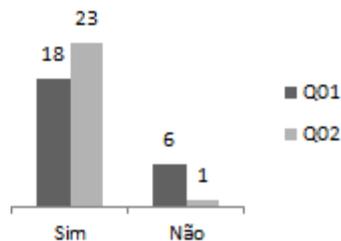


Figura 5.10. Resultados da pergunta 3

Dos 24 alunos, para 2 (8%), o grupo homogêneo dos quais eles participaram eram muito fortes. Para 12 (50%), forte. Para 7 (30%), médio. Para 3 (12%), fraco. Os 24 alunos, 3 (12%) consideraram seu grupo heterogêneo muito forte. 15 (62%) avaliaram como forte e, 6 (25%), como médio. Dos 24 alunos, 18 (75%) consideraram o grupo heterogêneo muito forte ou forte. Já no contexto dos grupos homogêneos, 14 alunos (58%) avaliaram tais grupos como sendo muito forte ou forte. O resultado indica que os grupos heterogêneos foram considerados mais fortes. Esse, também, foi um resultado contrário ao obtido na terceira etapa. Como os grupos heterogêneos tiveram maior intensidade de interação e foram mais eficientes, acredita-se que isso tenha proporcionado aos alunos a sensação de esses grupos serem mais fortes. Além disso, há a curva de aprendizado dos alunos. Com

isso, é provável que os grupos heterogêneos da quarta etapa, na visão dos alunos, sejam mais fortes que os da terceira etapa – e mesmo mais fortes que os grupos homogêneos da própria etapa (porque os grupos homogêneos da quarta etapa eram, em pelo menos 5 deles, quase os mesmos grupos homogêneos da terceira etapa).

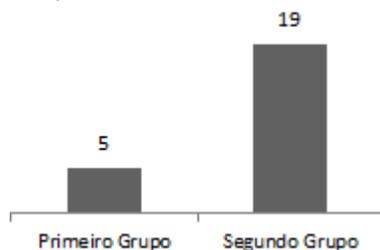
A figura 5.11 apresenta os resultados relacionados à pergunta 4: se a interação com os membros do grupo ajudou no aprendizado do aluno. Não foi solicitado aos alunos para comparar os grupos homogêneos com os grupos heterogêneos. Assim como na terceira etapa, a pergunta 4 da quarta etapa procurou saber se a interação ajudou no aprendizado (ou seja, se houve aprendizado).



**Figura 5.11. Resultados da pergunta 4**

Dos 24 alunos, para 23 (96%) a interação nos grupos heterogêneos ajudou em seus processos de aprendizagem. Já para 1 (4%), essa interação não ajudou no aprendizado. As respostas do questionário Q01 mostram que para 18 dos 24 alunos (75%), a interação nos grupos homogêneos os ajudou no aprendizado. Já para 6 (25%), essa interação não ajudou. O resultado indica que a interação nos grupos heterogêneos ajudou os alunos a aprender. Como os grupos heterogêneos foram considerados os com maior nível de interação e os com maior eficiência, acredita-se que o aprendizado seria uma consequência direta. Além disso, devem-se considerar, novamente, os novos conhecimentos que esses alunos adquiriram ao longo do experimento. É provável que esses novos conhecimentos tenham sido compartilhados em maior intensidade nesses grupos heterogêneos e, consequentemente, tenham sido absorvidos pelos membros do grupo. Percebe-se que, nesse caso, há mais saberes sendo compartilhados.

Na figura 5.12, são apresentados os resultados obtidos na pergunta 5: considerando os dois grupos, primeiro e segundo, em qual deles a interação foi mais intensa.

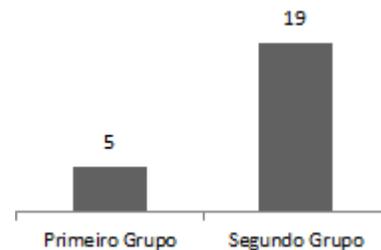


**Figura 5.12. Resultados da pergunta 5**

Dos 24 estudantes, 19 (79%) consideraram que a interação entre os alunos foi mais intensa nos grupos heterogêneos. Para 5 (21%), a interação foi mais intensa nos grupos homogêneos. Esse resultado confirma as repostas obtidas na pergunta 1, onde a interação nos grupos heterogêneos foi considerada muito alta ou alta por 87% dos alunos. Porém, esse resultado foi contrário ao obtido na terceira etapa, onde a interação foi dita ser maior nos grupos homogêneos. Novamente, acredita-se que o fato de os alunos adquirirem novos conhecimentos, participar de grupos formados

por pessoas diferentes, etc. tenha fomentado neles o desejo pela interação, de mostrar o que foi aprendido, de tentar contribuir para a resolução do exercício, etc.

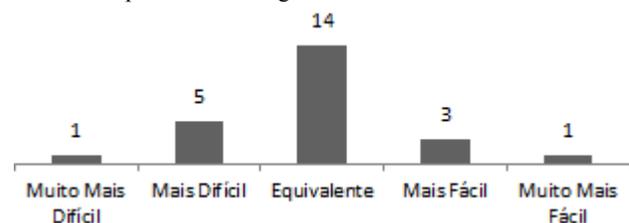
A figura 5.13 apresenta os resultados da pergunta 6: em qual dos dois grupos – primeiro ou segundo – o aluno acredita ter aprendido mais.



**Figura 5.13. Resultados da pergunta 6**

Dos 24 alunos, 19 (79%) afirmaram que aprenderam mais ao participar do segundo grupo (heterogêneo). Já para 5 (11%), esse aprendizado foi maior ao participarem do grupo homogêneo. O resultado acima indica o que se queria, de fato, demonstrar com o experimento: que os grupos heterogêneos (diversos) são eficazes na aprendizagem colaborativa. Esse foi o mesmo resultado obtido na terceira etapa (onde os alunos afirmaram terem aprendido mais ao participarem de grupos heterogêneos, mesmo esses grupos não terem tido uma interação tão intensa e eficiente como os grupos homogêneos). Acredita-se que os alunos disseram ter aprendido mais nos grupos heterogêneos, primeiro, pelo fato de os níveis de conhecimento ser diferentes e, segundo, pelo fato de o próprio conhecimento em si ser diferente em cada pessoa (por exemplo, um aluno X pode saber um conceito que o outro Y não sabe, mas, ao mesmo tempo, Y pode conhecer algum conceito que X não sabe). Acredita-se que, ao formarem novos grupos heterogêneos, os alunos tinham novos conhecimentos (adquiridos nas etapas anteriores) que puderam ser compartilhados com os demais membros do grupo. Em outras palavras, é provável que houvesse mais conhecimento diverso a ser compartilhado nesses grupos heterogêneos.

Por fim, a pergunta 7 questionou os alunos no que tange o nível de dificuldade do exercício E04 em comparação o E03. O resultado é apresentado na figura 5.14.



**Figura 5.14. Resultados da pergunta 7**

Dos 24 alunos, 1 (4%) afirmou que o exercício E04 estava muito mais difícil que o exercício E03. Para 5 (21%), E04 estava mais difícil que E03. Para 14 (58%), E04 e E03 eram equivalentes em termos de dificuldade. Para outros 3 (12%), E04 era mais fácil que E03 e, para 1 (4%), o exercício E04 era muito mais fácil que o E03. Acredita-se, pelo resultado, que uma eventual diferença no nível de dificuldade entre os exercícios não tenha influenciado os resultados obtidos na terceira etapa do experimento.

### 5.3 Análise dos Resultados

Verifica-se, da análise e comparação dos resultados da terceira e quarta etapas, indícios de que o aprendizado – considerando-se um contexto colaborativo – ocorre em maior grau quando pares, com diferentes níveis de conhecimento, colaboram entre si, atuam em conjunto. A terceira etapa mostrou que os grupos homogêneos fomentaram uma maior intensidade na interação entre pares, além de terem sido considerados mais eficientes no desenvolvimento do exercício e mais fortes (com um maior nível de conhecimento, do ponto de vista do coletivo). Além disso, esses grupos ajudaram mais os alunos no processo de aprendizado.

Na comparação direta entre grupos homogêneos e heterogêneos, viu-se que, embora a interação tenha sido maior nos primeiros, o aprendizado foi maior nos últimos. Acredita-se que isso ocorreu, basicamente, devido à diversidade de conhecimento existente entre os alunos dos grupos heterogêneos. No contexto da terceira etapa, é provável que essa diversidade tenha fomentado a troca de saberes, já que alunos com maior nível de conhecimento repassavam esse conhecimento para os alunos com menor nível. Ao se considerar grupos homogêneos, percebe-se um nível de aprendizado menor, visto que – embora haja troca de saberes – o conhecimento que é compartilhado os alunos, de certa forma, já possuem.

A quarta etapa mostrou que os grupos heterogêneos – e não os homogêneos – fomentaram uma maior intensidade na interação entre pares, além de terem sido considerados mais eficientes no desenvolvimento do exercício. Além disso, esses grupos ajudaram mais os alunos no processo de aprendizado. Na comparação direta entre grupos homogêneos e heterogêneos, viu-se que tanto a interação quanto a aprendizagem foram maiores nos últimos. Pelo que foi discutido nos resultados da quarta etapa, acredita-se que a maior interação seja consequência de mudança na postura dos alunos (é provável que, com maior conhecimento – obtido pelas várias interações, eles tenham se sentido mais seguros, mais propensos à discussão, à troca de ideias etc.). Acredita-se que o aprendizado em maior grau seja consequência da diversidade: os grupos heterogêneos da quarta etapa eram constituídos de alunos que haviam adquirido conhecimentos em virtude das interações passadas e que desejavam compartilhar esse conhecimento (o que pode ser comprovado pelo maior nível de interação entre pares nesses grupos).

Os resultados obtidos com o experimento indicam, portanto, que a diversidade de conhecimentos, em um ambiente de aprendizagem colaborativa, fomenta o aprendizado. Ao promover a colaboração entre pares com níveis diferentes de conhecimento, a tendência é que ocorra aprendizado em maior grau se comparado ao aprendizado resultante da colaboração entre pares com níveis de conhecimento equivalentes.

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou investigar a influência da diversidade de conhecimento em um processo de aprendizagem colaborativa. Buscou-se analisar se a diferença de conhecimento entre pares, em um contexto de colaboração, visando à aprendizagem, é benéfica no que tange à aquisição de conhecimento (ao aprendizado). Um experimento foi realizado com uma turma de graduação, de forma a tentar validar a hipótese de que alunos tendem a aprender mais quando, em um processo de aprendizagem colaborativa, a colaboração ocorre entre pares com diversidade de conhecimento - ou seja, entre pares heterogêneos, com níveis de conhecimento

diferentes. Os resultados obtidos com essa pesquisa apresentam indícios para a validade da hipótese.

Como possíveis trabalhos futuros, propõe-se reaplicar o experimento em outros ambientes: por exemplo, em um ambiente de aprendizagem organizacional. Outro possível trabalho seria considerar a questão da diversidade sob um aspecto mais amplo, considerando o sentido de multiplicidade, de variedade – e, com isso, analisar como o aprendizado pode ser aperfeiçoado a partir da análise dos perfis cognitivos (preferências, interesses, habilidades etc.) dos alunos.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Bacon, D.; Stewart, K.; Stewart-Belle, S. Exploring Predictors of Student Project Performance. In: *Journal of Marketing Education*, v. 20, pp. 63-71, 1998.
- [2] Correa, C. H. W. Comunidades Virtuais Gerando Identidades na Sociedade em Rede. In: *Revista do Programa de Pós-Graduação em Comunicação da Universidade Federal Fluminense*, v.13, 2004.
- [3] Dillenbourg, P. et al. The evolution of research on collaborative learning. In: SPADA, E.; REIMAN, P. (Ed.) *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*. Oxford: Elsevier, 1996. p. 189-211.
- [4] Gerdy, Kristin B. If Socrates Only Knew: Expanding Law Class Discourse. *J Reuben Clark Law School, Brigham Young University. Lawyering Skills Section 9*, 1998.
- [5] Kumar, V. S. Computer-Supported Collaborative Learning: Issues for research, In *8th Annual Graduate Symposium on Computer Science*, University of Saskatchewan, Canada, 1996.
- [6] Levy, P. *Cibercultura*. São Paulo, SP: Editora 34, 264p, 1999.
- [7] Minhoto, P.; Meirinhos, M. As Redes Sociais na Promoção da Aprendizagem Colaborativa: Um Estudo no Ensino Secundário. In: *Educação, Formação e Tecnologias*, v. 4, n. 2, pp.25-34, 2011.
- [8] Miyake, N. Constructive Interaction and the Iterative Process of Understanding. *Cognitive Science*, Vol. 10, 1986, pp. 151-177.
- [9] Nonaka, I.; Takeuchi, H. *Criação do Conhecimento na Empresa*. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 358p. 1997.
- [10] Page, S. E. *The Difference: How The Power of Diversity Creates Better Groups, Firms, Schools, and Societies*. Princeton University Press, 456p, 2008.
- [11] Panitz, T.; Panitz, P. Ways to Encourage Collaborative Teaching in Higher Education. In *University Teaching: International Perspectives*, James J. F. Forest Edition, Garland Publishers: New York, pp. 167-202, 1998.
- [12] Schaffer, C. The Use of the Team Learning Approach in Marketing Courses. *Marketing Education Review*, v. 5, pp. 41-50, 1995.
- [13] Terra, J. C. C.; Gordon, C. *Portais Corporativos: A Revolução na Gestão do Conhecimento*. São Paulo, SP: Negócio, 480p, 2002.
- [14] Vygotsky, L. *Psicologia Pedagógica*. Traduzido por Paulo Bezerra. Editora WMF Martins Fontes, 576p, 2010

# Avaliação de Comunicabilidade em Ambientes Colaborativos Tridimensionais: Estudo de Caso no Sloodle

Adriana Dantas  
UFAM – ICOMP - PPGI  
dricadoroteu@gmail.com

David Lima  
UFAM – CMZL  
david.lima@icomp.ufam.edu.br

Thaís Castro  
UFAM - ICOMP  
thais@icomp.ufam.edu.br

Lucilene Maciel  
UFAM – ICOMP - PPGI  
lucilene.maci31@gmail.com

Isomar Lima  
UFAM – ICOMP - PPGI  
isomar.lima@gmail.com

Antônio Neto  
UFAM – PROEN  
ded\_proen@ifam.edu.br

## ABSTRACT

*In recent years, collaborative systems are being used on a large scale, primarily for academic purposes, is the convenience that they bring or involve several students in the same environment remotely. In order to improve these systems, evaluations of these environments become important for both researchers and developers. Today, there are few evaluation methods for these environments. Communicability Evaluation Method for Collaborative Systems (CEM-g) is based on the Semiotic Engineering for HCI Theory. This article presents an evaluation using CEM in Sloodle, which is a virtual environment for teaching and learning in 3D virtual environments derived from two others, Moodle and Second Life. The findings contribute for the improvements of these scenarios, thus identifying advantages and disadvantages of these uses, and contribute to new perspectives for this teaching-learning model used.*

## Categories and Subject Descriptors

*H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Collaborative computing and Evaluation/methodology.*

## General Terms

*Design and Human Factors.*

## Keywords

*Semiotic Engineering, Second Life, 3D virtual environment.*

## 1. INTRODUÇÃO

A falta de tempo é uma problemática crescente entre vários indivíduos e a necessidade de obter conhecimento para ser aproveitado pelo mercado de trabalho tão competitivo se torna imprescindível na vida das pessoas.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

Baseado nessa problemática, o ensino à distância surgiu como uma oportunidade de levar educação onde quer o aluno esteja, dando a ele a possibilidade de gerenciar o seu tempo [1].

No contexto educacional, Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) podem ampliar as possibilidades de interação e colaboração entre os estudantes e professores, permitindo novas práticas pedagógicas. TICs podem ser usadas tanto no apoio a aulas na modalidade presencial, quanto na modalidade à distância [1, 2].

De acordo com a pesquisa apresentada em [3], o Ambiente Virtual de Aprendizagem, (AVA) é uma plataforma que dispõe de um ambiente com aparatos pedagógicos e educacionais que são integrados a práticas de ensino que são disponibilizados por professores que interagem com os alunos de forma prática.

Segundo [4], várias empresas e instituições de ensino já utilizam essa modalidade de ensino, que traz vários benefícios tanto para os alunos e professores que não precisam está presencialmente na sala, como para a instituição que não precisa dispor de um local físico para alocar os alunos.

Na Educação à Distância (EaD), a mediação é um fator chave e o uso de recursos multimídia muda o conceito de presença, tanto do professor quanto do estudante [1].

As TICs devem então dar suporte a mediação e prover um ambiente onde estudantes e professores podem estabelecer uma presença social.

Um dos ambientes utilizados na EaD é o *Sloodle*, que tem como objetivo aumentar e melhorar a interação, comunicabilidade e aprendizagem dos alunos em um ambiente tridimensional onde eles serão os principais personagens de um jogo de aprendizagem da vida real [5].

A principal contribuição deste artigo é identificar as vantagens e desvantagens do ambiente *Sloodle* e demonstrar a utilização do método de avaliação de comunicabilidade MAC-g. Através desta avaliação será possível verificar a possibilidade de melhorar o MAC-g para ambientes em três dimensões.

## 2. MUNDOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Ambientes Virtuais Colaborativos (*Collaborative Virtual Environments - CVE*) são considerados espaços onde ocorrem simulações de mundos reais ou imaginários, sendo formados pelo próprio espaço virtual, através do qual seus participantes podem interagir, compartilhar informações, colaborar no desenvolvimento de atividades e fazer uso de artefatos disponíveis neste ambiente [6].

Esses ambientes surgem como importantes espaços para a colaboração, exploração e interação, permitindo a realização de uma série de atividades, entre elas, atividades de cunho educacional e de treinamento [2]. Esses mundos combinam gráficos 3D interativos, tecnologia de simulação, realidade virtual e mídia digital para fornecer aos usuários, habilidades para se comunicar, colaborar e explorar [7,8].

Esse conjunto de tecnologias fornece uma interface para um mundo tridimensional, de modo que o usuário acredita estar realmente nesse mundo e, intuitivamente, passa a interagir com esse ambiente imersivo e dinâmico [2].

Os motivos para a adoção e para a manutenção de atividades educacionais em mundos virtuais, destacadas por [9], são as seguintes: (a) apoia a aprendizagem à distância, flexível e *blended learning*; (b) permite o aprendizado através da imersão; (c) promove a aprendizagem dialógica; (d) ofusca as relações de poder no aprendizado; (e) apoia a criatividade e a diversão em aprender; (f) induz a reconsideração da identidade na aprendizagem; e (g) encoraja a exploração da emoção na aprendizagem.

Assim, instituições acadêmicas e empresas têm explorado os benefícios de ambientes imersivos onde os participantes podem interagir uns com os outros, bem como, com o professor, mesmo que estejam fisicamente a milhares de quilômetros de distância [10].

O Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) foi criado em 1999 com base pedagógica da abordagem social-construcionista da educação [11].

Segundo [12], a proposição de práticas pedagógicas para o desenvolvimento de comunidades virtuais contribui para a construção de ações colaborativas, cooperativas e construtivistas. Pois passa pela concepção do pensamento sistêmico, onde “identifica-se como algo maior do que o somatório de suas relações individuais e estabelece um compromisso de longo prazo com o bem-estar”.

Já o SecondLife tem como objetivo imitar o mundo real através do uso de avatares que simulam pessoas reais, de regiões que simulam cenários reais. Essa imersão em um contexto virtual através do uso de avatares facilita o processo de interação e comunicação em ambientes 3D [13].

A comunicação fomentada pelo SecondLife, através das ferramentas de chat, *voice*, mensagens privadas e gestos, permite leccionar remotamente, reunindo, num mesmo local, estudantes de diferentes países, o que se revela uma mais-valia indescritível para a percepção da multiculturalidade. Por outro lado, este ambiente possibilita a resposta imediata aos problemas colocados pelo aluno, independentemente do local ou da hora, o que não é possível com as ferramentas assíncronas que se utilizam regularmente na educação. Embora muitos professores já recorram

a ferramentas síncronas, o SecondLife tem a vantagem de permitir a demonstração dos conteúdos em tempo real [4].

Uma das principais vantagens do SecondLife é o envolvimento, estimulando os alunos a vivenciarem exaustivamente uma dada experiência. Esta envolvimento deve-se, em grande medida, ao sentido de presença e à interação, potenciando, conseqüentemente a formação de comunidades [14].

O Moodle adiciona ao SecondLife objetos existentes em uma sala de aula real como cadeiras, quadros, salas entre outros. Gera também interações existentes em um ambiente de aprendizagem presencial como: quiz, provas, perguntas e respostas, avatar levantando o dedo entre outras formas [15]. Com isso pretende-se não simplesmente replicar o modelo ultrapassado de sala de aula convencional mas potencializá-lo a partir de elementos conhecidos, possibilitando outras interações.

## 3. ENGENHARIA SEMIÓTICA

A Engenharia Semiótica é uma teoria explicativa da Interação Humano-Computador (IHC) que nos permite entender os elementos abrangidos no processo de *design*, do uso e da avaliação de um sistema interativo [16, 17].

Na Engenharia Semiótica, o sistema é analisado como um elemento de metacomunicação. Na Figura 1 é mostrado o modelo de abordagem da Engenharia Semiótica, na qual o *designer* envia para os usuários uma mensagem por meio da interface, cujo conteúdo é o modelo conceitual da aplicação.



Figura 1. Modelo de abordagem da Engenharia Semiótica.

A mensagem do *designer* é por acepção, interativa e dinâmica, pois é formada por um conjunto de signos, ou seja, palavras, gráficos, figuras, e sons, trocados entre o sistema e o usuário durante todo o processo de interação.

Ao se construir ambientes computacionais, em especial Ambientes de Realidade Virtual, é necessário observar os aspectos meta-comunicacionais da interface com o usuário.

Os ambientes de realidade virtual utilizam elementos gráficos em 3D, logo, geralmente requerem uma compreensão do usuário quanto aos modelos reais que representam. Além da compreensão do usuário, esses sistemas permitem a interação entre usuários e objetos, possibilitando uma alta qualidade de interação e comunicação Usuário-Sistema-Usuário [5, 7].

Para avaliar como é a comunicabilidade dos sistemas computacionais, a Engenharia Semiótica propõe dois métodos [16, 17, 18], o Método de Inspeção Semiótica (MIS) e o Método de Avaliação da Comunicabilidade (MAC). Já para apoiar o projetista

na reflexão e definição da comunicação entre usuários através do sistema e o impacto que esta comunicação pode ter sobre os usuários foi criada a proposta de projeto de sistemas colaborativos chamada MANAS, permitindo que o projetista descreva o modelo de comunicação usuário-sistema-usuário pretendido para o sistema [18].

### 3.1 Método de Avaliação de Comunicabilidade – MAC

O Método de Avaliação de Comunicabilidade – MAC é um dos métodos propostos pela Engenharia Semiótica para avaliar a comunicabilidade de um sistema. Esse é um método qualitativo, que envolve a observação de usuários por especialistas, que analisam a interação do usuário com o sistema e identificam as rupturas por ele vivenciadas [16, 17].

De acordo com [19] o MAC se concentra em como a metamsagem está sendo recebida pelo usuário. As etapas de preparação do MAC envolvem a seleção dos participantes e geração do material para a avaliação. A aplicação é feita em um ambiente controlado e requer a gravação da interação do usuário com o sistema. Esta gravação é fundamental para a etapa de análise, é recomendável que os avaliadores façam anotações durante a execução de ações dos usuários que após a execução dos testes, passa-se então para a etapa de análise dos dados, que é dividida em três passos:

1. Etiquetação: gravações da interação são vistas pelos avaliadores e expressões (selecionadas a partir de um conjunto pré-definido de treze expressões) são associadas aos momentos de ruptura de comunicação, simulando a comunicação do usuário para o designer sobre a interface;
2. Interpretação: com base na etiquetação, identifica-se classes de problema de comunicação projetista-usuário ou interação considerando a classificação das expressões que caracterizam a ruptura quanto ao tipo de falha (completas, parciais ou temporárias) que representam na comunicação entre o sistema e usuário, a frequência e o contexto em que ocorrem as rupturas, a identificação de padrões de sequências de expressões e o nível da ação em que ocorre a ruptura (operacional, tático ou estratégico);
3. Geração do perfil semiótico: realiza-se a reconstrução da meta-mensagem sendo transmitida pelo projetista ao usuário através da interface, e à medida que o avaliador vai fazendo tal reconstrução, ele deve endereçar os desencontros entre o que o projetista pretendia dizer e as evidências de como os usuários estão interpretando o que ele diz.

### 3.2 Método de Avaliação de Comunicabilidade em Sistemas Colaborativos – MAC-G

O MAC-g consiste em uma extensão do MAC original, voltada especificamente para sistemas colaborativos [19, 20]. Tendo em vista que o MAC visa avaliar apenas a interação do usuário com sistema, o MAC-g o complementa por considerar a utilização do sistema pelo usuário para interagir com outros usuários.

As etapas de coleta e análise dos dados do MAC-g são as mesmas do MAC original, no entanto, o MAC-g possui novas etiquetas que abrangem diferentes tipos de rupturas específicas de Sistemas Colaborativos – SiCo's). Visando facilitar a aplicação do método, foi proposto que essas etiquetas sejam mapeadas a partir de uma combinação de valores correspondentes a quatro dimensões descritas que são relevantes para a interação de SiCo's e representam assim, as possibilidades de rupturas de comunicabilidade [19].

A finalidade de caracterizar as rupturas que ocorrem em ambientes de grupo em função de dimensões que as descrevem é permitir que o avaliador faça uma associação direta entre problemas e expressões, com base no contexto de ocorrência da ruptura [19]. No MAC-g, tais dimensões são usadas na formação de uma tupla, que caracteriza de maneira completa a ruptura. Desse modo, cada combinação de valores corresponde a uma nova etiqueta. Depois de formada, a tupla poderá ser utilizada de forma associativa com uma tabela que contenha todas as expressões de comunicabilidade para ambientes de grupo, oferecendo ao avaliador acesso às regras de formação das expressões, que continuariam a identificar de forma única cada problema.

A explicação de [19] sobre as dimensões está bem clara: primeira dimensão considera o **nível de interação** em que pode ocorrer uma ruptura. Em sistemas colaborativos, uma ruptura pode ocorrer no nível individual, interpessoal ou de grupo. Rupturas no nível individual são aquelas que ocorrem quando o usuário interage apenas com a sua parte privada da aplicação, com o objetivo de executar alguma tarefa individual que lhe foi conferida. Apesar de nesse caso a interação do usuário ser exclusivamente com o sistema, rupturas que acontecem nesse nível podem ser repercutidas para os demais membros do grupo de forma direta ou indireta.

A segunda dimensão [19] afirma que se trata dos **aspectos colaborativos** necessários para o suporte às atividades de comunicação, coordenação e colaboração entre os membros de sistemas colaborativos e sobre os quais pode ocorrer uma ruptura. Esses aspectos podem assumir os valores artefato, local, visão,



Figura 2. As quatro dimensões do MAC-g com os valores que cada uma pode receber.

audição e fala (habilidades comunicativas) ou ação. Nesse contexto, artefato é tudo aquilo que faz parte da aplicação e sobre o que o usuário pode aplicar transformações arbitrárias e manipular atributos, como por exemplo, um documento compartilhado. Locais são partes do ambiente que os membros ou subgrupos podem “frequentar”, “dentro” da virtualidade criada pela aplicação. Habilidades comunicativas são as formas que os membros do grupo têm disponíveis para se comunicarem sobre os objetos e outros elementos na aplicação.

Essas habilidades podem ser classificadas como visão, audição e fala, sendo que visão se refere às questões de permissão de acesso aos elementos presentes no sistema, e audição e fala tratam da possibilidade de que donos e não donos de um artefato possam conversar sobre o mesmo. O último aspecto colaborativo é a ação, que diz respeito às ações que os usuários podem executar no sistema e que não estão incluídas dentro das classificações anteriores [19, 20].

A terceira dimensão de acordo com [19] considera o **tempo** em que a ruptura ocorre. Em sistemas monousuário, as expressões apresentadas estão todas no presente. Em sistemas colaborativos algumas rupturas são geradas por eventos que ocorreram ou irão ocorrer durante o trabalho do grupo.

Pode-se então dividir a ocorrência dos eventos em três momentos: o passado, para o caso de rupturas associadas a eventos que ocorreram em um intervalo de tempo definido no passado; o presente, para rupturas sobre eventos que estão ocorrendo neste momento e o futuro, para representar as opções futuras possíveis para o grupo, como, por exemplo, uma ruptura que ocorre quando o usuário altera a permissão de acesso de determinado artefato, mas não consegue descobrir quem passa a ter acesso a ele.

De acordo com [19], a quarta dimensão considera as **rupturas de comunicabilidade** do MAC original, e logo as treze etiquetas são usadas para caracterizá-las, tendo em vista que, apesar das particularidades existentes em SiCo's, as mesmas rupturas que ocorrem entre usuário e sistema também podem ocorrer nesse tipo de aplicação.

No entanto, como o conjunto original de etiquetas não inclui aspectos da interação específicos de trabalho em grupo, como a atuação de diferentes membros, a comunicação entre eles e os diversos espaços em que podem atuar, é necessário complementá-lo com as demais dimensões de interação de SiCo's, acima descritas para formar a tupla que caracteriza cada ruptura.

Um exemplo seria a tupla formada pelos valores (Interpessoal, Ação, Presente, “O que é isso?”) em suas quatro dimensões, que remete à expressão “O que é isso que você está fazendo?”, e que representa uma ruptura que ocorre quando o usuário não sabe ou não entende o que o outro membro está fazendo e o pergunta diretamente.

Além das treze etiquetas do MAC original, tendo em vista que em SiCo's a falta de percepção da presença de outros membro pode gerar rupturas [19,20], foi adicionada a etiqueta “quem?”, específica de sistemas colaborativos, posto que podem surgir rupturas relativas à identificação de quem executou ou está executando determinada ação.

A Figura 2 feita por [19] mostra as quatro dimensões consideradas pelo MAC-g e os possíveis valores que cada uma pode assumir na formação das tuplas que caracterizam a ruptura. Na etapa de interpretação, rupturas identificadas são associadas a problemas.

Para isso, categorias de problemas de interação em grupo são adotadas [19, 21].

A primeira é a **Falta de percepção de fenômenos de discurso**, que inclui falta de informações sobre as respostas e reações dos outros membros em relação à comunicação, e também da inexistência dos processos e protocolos de comunicação.

A segunda categoria é a **Falta de percepção do espaço virtual**, que categoriza a falta de informações sobre os outros membros do grupo ou da interação deles com o espaço de trabalho em que atuam na aplicação como uma falta de conhecimento do espaço virtual.

A terceira categoria é a **Falta de percepção das possibilidades de coordenação**, para as situações de problema geradas quando o usuário não tem informações suficientes sobre os mecanismos para dar apoio à coordenação do grupo.

Por fim, ainda há o problema da **Falta de percepção da tecnologia** que trata da falta de informações que permitam ao usuário levantar hipóteses apropriadas relativas a problemas com a tecnologia, que é o caso, por exemplo, de quando uma falha na conexão com a internet não é percebida pelo usuário, o que pode a pensar que não recebe resposta de outro usuário por estar sendo ignorado. Em [19], além da apresentação do método em questão, foi mostrada a sua aplicação para analisar aspectos de interação síncrona e assíncrona dos usuários, em uma ferramenta de colaboração em grupo, tendo permitido a identificação de problemas de interação do usuário tanto com o sistema quanto com outros usuários através do sistema.

## 4. APLICANDO O MAC-G NO SLOODLE

O objetivo da avaliação é tentar melhorar o MAC-g, adequando-o ao ambiente em três dimensões, uma vez que imersão do ambiente tras para o aluno uma forma diferente de interação e comunicação. A contribuição para o ensino à distância é tentar prender a atenção do aluno tornando o ambiente interessante, diminuindo assim o índice de evasão dos cursos à distância.

### 4.1 Preparação do Ambiente

Para o processo de avaliação várias etapas foram realizadas, como a preparação do ambiente com a instalação do Sloodle. Além da etapa de instalação foram introduzidos os principais recursos para desenvolvimento de mundos virtuais utilizando estas ferramentas. Foram realizadas três etapas para instalação do Sloodle:

1. Instalação das ferramentas Moodle, *SecondLife* e *OpenSim*.
2. Instalação de recursos do Sloodle no Moodle e no *OpenSim*.
3. Construção do ambiente virtual no *OpenSim*.

O *OpenSim* foi utilizado por ser uma plataforma de código livre que permite a criação e edição de ambientes em 3D [22] e pode ser executado em dois modos, *StandAlone* e *Grid* [23]. O *OpenSim* foi utilizado para importação de ambientes disponibilizados gratuitamente (denominados ilhas) e os dois modos de execução foram testados.

É possível registrar atividades do *Second Life* no Moodle e importar recursos do Moodle para o *Second Life*. Através do *OpenSim* importou-se ambientes contendo prédios, auditórios etc, em formato *oar* (formato para importar ilhas inteiras) ou no formato *iar* (formato para objetos desde cadeiras a prédios).

Para a modelagem virtual da ilha foram utilizados os seguintes recursos criados pelo Sloodle no Moodle: *Controller*, *Choice Vertical*, *Choice Horizontal*, *Prindrop*, *Quizpile*, *Lite Toolbar* e *Login Zone*.

O *Controller* é um objeto do ambiente virtual 3D que faz conexão da disciplina do Moodle com a região da disciplina na ilha do Second Life. Este elemento é responsável por criar e controlar os demais objetos na ilha, tais como: o *Choice Vertical*, *Choice Horizontal* e *Prindrop*.

O *Choice Vertical* e *Choice Horizontal* são objetos do ambiente virtual 3D que representa o *Quiz*, recurso que simula uma pesquisa de opinião sobre determinado assunto do Moodle no Second Life.

## 4.2 Cenários dos Testes

Foram apresentados aos alunos dois ambientes distintos para cada atividade: um para atividade individual, outro para reunião.

O ambiente para atividade individual foi uma sala de aula convencional, onde os alunos podiam ver as atividades propostas, como mostra a Figura 3.



Figura 3. Sala de aula no ambiente Sloodle.

O segundo ambiente apresentado aos alunos foi uma sala de reuniões onde um pequeno grupo se reuniu para realizar uma atividade do problema de raciocínio lógico.

## 4.3 Perfil dos Participantes

Os participantes foram alunos do Instituto Federal do Amazonas – IFAM, que cursavam a disciplina Introdução à Informática no Curso de graduação em Engenharia Civil. A turma é formada por 30 alunos com idade entre 18 a 39 anos e sem nenhuma experiência na utilização do ambiente de aprendizagem Sloodle.

## 4.4 Execução da Avaliação

O teste foi realizado em abril de 2014, no laboratório de Informática do IFAM, onde cada participante estava em uma máquina e não poderia ter nenhum tipo de comunicação no ambiente real, apenas no virtual.

Foram formados seis grupos de cinco pessoas para a conclusão das atividades, onde primeiro foram realizadas as atividades em grupo

e posteriormente as atividades individuais para que fossem analisadas.

Vale ressaltar que antes dos testes os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que descrevia o processo da pesquisa, o objetivo e a importância da veracidade da resposta de cada participante para a pesquisa.

Foram gravadas as interações de todos os participantes para que posteriormente fossem analisadas e etiquetadas. Durante o processo de avaliação os usuários foram instruídos a realizarem algumas atividades específicas de uma sala virtual comum ao Moodle, porém em um ambiente 3D utilizando o Sloodle. No próprio ambiente, os alunos pediam instruções das atividades que sentiam dificuldades de realizar. Isso ficava por conta de um avatar na sala de aula.

O processo de avaliação durou aproximadamente duas horas e cinquenta minutos para todas as equipes, todas elas realizaram as atividades simultaneamente. As atividades foram divididas em duas fases: atividades individuais e atividades em grupo.

### 4.4.1 Atividades Individuais

Os alunos acessaram o ambiente e realizaram as atividades que estavam expostas para eles, sendo:

1. Responder a um questionário onde as respostas estavam em um texto disponibilizado na sala onde eles deveriam fazer o *download* do arquivo para responder as perguntas.
2. Fazer o *upload* do arquivo com as respostas.
3. Responder no fórum a respeito do texto lido.
4. Enviar uma mensagem dizendo que terminou a avaliação.

### 4.4.2 Atividades em Grupo

Os alunos foram divididos em grupos obedecendo ao critério da ordem alfabética, sendo:

1. Resolver um problema de raciocínio lógico entre os membros do grupo. Para cada grupo foi distribuído uma dica diferente no intuito de ajudá-los a resolver o problema.
2. Para resolver o problema, os membros do grupo deveriam interagir usando o chat como meio de comunicação.
3. Enviar uma mensagem dizendo que terminou a avaliação.

### 4.4.3 Etiquetagem

Para a avaliação, participaram três avaliadores, sendo dois com pouca experiência e um com muita experiência em avaliar o MAC-g. Para tentar diminuir o viés pela diferença da experiência dos avaliadores, foi realizada uma capacitação com os três avaliadores com o intuito de mostrar o processo de avaliação do MAC e do MAC-g. A avaliação consistiu em uma aula sobre os métodos, leitura de artigos e um teste piloto com os dois métodos.

Para realizar a etiquetagem, os avaliadores assistiram aos vídeos que foram gravados, onde mostra a interação dos usuários, identificando pontos negativos de rupturas na comunicação do ambiente.

Nas tuplas de ruptura de nível de interação individual houve uma menor incidência com relação às rupturas de interação de nível colaborativo.

Segundo [19] uma ruptura é classificada como individual quando o usuário interage exclusivamente com o sistema, o que inclui os casos em que as rupturas possam ter repercussões para os demais membros do grupo e as situações em que para a realização da tarefa tenham sido usadas informações do trabalho de outros membros.

Na segunda dimensão relacionada a aspectos colaborativos de ação, as rupturas encontradas foram maiores, os membros dos grupos sentiram dificuldades na comunicação e colaboração para resolver o problema da atividade em grupo.

Na terceira dimensão, todas as rupturas foram relacionadas ao tempo presente, pois estavam voltadas a interação do usuário com a plataforma Sloodle.

Com relação a ações executadas no passado, não foram encontradas rupturas, assim como também não foram encontradas rupturas do futuro, pois os alunos tinham acesso irrestrito às atividades que foram passadas. Esse aspecto foi visto antes da avaliação para que não afetasse o resultado.

#### 4.4.4 Interpretação

Com relação às etiquetas, foram encontradas falhas de comunicabilidade com relação à execução de atividades. A etiqueta “**Cadê**” foi muito utilizada, pois os participantes procuravam itens que tinham no Moodle que foi confundido ou interpretado de outra forma pelo Sloodle.

A etiqueta “**O que é isso**” teve a segunda maior ocorrência, já que alguns alunos tinham a curiosidade de ver do que se tratava determinada atividade no Sloodle. A Tabela 1 mostra a incidência das etiquetas.

**Tabela 1. Incidência das etiquetas do MAC.**

Etiqueta	Quantidade de Ocorrências
Cadê	49
Para mim está bom	23
Assim não dá	19
Ué, o que houve?	09
Por que não funciona?	07
O que é isso?	34
Epa!	21
Onde Estou	03
E agora?	11
Vai de outro jeito	08

Na atividade individual 1, os participantes sentiram um pouco de dificuldade com relação ao download do arquivo devido a problemas técnicos, como a velocidade da internet, e também foram encontradas algumas rupturas nessa atividade por eles não entenderem qual dos questionários seria utilizado.

Na atividade individual 2, muitos participantes não entenderam que era para enviar na própria atividade o exercício, que era concluir o upload do arquivo com as respostas. Muitos alunos pensaram que tinham concluído a atividade quando na verdade não tinham terminado, a maioria dos alunos não atentaram para a conclusão do upload completo da atividade e clicavam em

concluir, por conta disso ficou claro a predominância da etiqueta “**Para mim está bom**” na atividade.

Na atividade individual 3, os alunos tiveram muita facilidade em realizar a tarefa, uma vez que era apenas a resposta ao fórum sobre o texto que foi lido e tirado as questões.

Na atividade individual 4, os participantes responderam sobre questionamentos feitos sobre a utilização da ferramenta. As respostas eram dissertativas e foram feitas na própria ferramenta.

Nas atividades em grupo 1 e 2, os participantes interagiram bastante trocando mensagens via *chat* até resolver o problema de raciocínio lógico. Apenas uma única equipe teve dificuldade em resolver o problema em questão e demorou um pouco mais de tempo que as outras equipes.

#### 4.4.5 Interpretação do Perfil Semiótico

Na descrição do perfil semiótico foram analisadas as rupturas de comunicação das etiquetas, e foi feita a reconstrução da meta-mensagem passada do *designer* para o usuário através dos signos.

Na fase de reconstrução da meta-mensagem foram encontradas algumas falhas de comunicação entre as intenções do projetista e a interpretação de sua mensagem por parte do usuário. Verificou-se que algumas dessas intenções não estão claras no sentido do que realmente querem passar na interface, como exemplo a ação “envio de mensagens” não ficou clara para os alunos, onde eles poderiam encontrar na “visualização da sala”.

Apesar do Sloodle apresentar funcionalidades onde permitem que o usuário entenda suas expectativas no que diz respeito a um ambiente virtual de aprendizagem, foi percebido que a partir da interação do usuário com a plataforma, alguns elementos disponíveis na interface não correspondiam a suas funcionalidades. Talvez a falta de experiência dos usuários com o ambiente tenha sido um fator determinante para que essa dificuldade ocorresse. Esse fato fez com que alguns participantes demorassem mais tempo para realizar algumas atividades.

Algumas tarefas específicas não foram concluídas como a atividade individual 2, onde os participantes tinham que responder um questionário e fazer o upload do arquivo, pois muitos usuários pensaram que tinham conseguido terminar a atividade, mas não conseguiram concluí-la.

Na parte das atividades em grupo onde todas as atividades contavam com a comunicação dos usuários com seus respectivos grupos não foram encontradas muitas rupturas durante a execução da atividade embora um dos grupos tenha demorado muito tempo para executar a atividade que mais deu trabalho a eles, com isso alguns participantes não responderam adequadamente como deveriam a algumas perguntas pertinentes depois das atividades individual e em grupo.

Na atividade de envio de mensagens aos avaliadores os usuários sentiram um pouco de dificuldade em encontrar o percurso para realizar tal atividade. Os usuários não sabiam que precisavam clicar em participantes e depois clicar no número dos usuários para enviar as mensagens.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO MAC-g

O MAC-g foi aplicado no Sloodle e permitiu aos avaliadores a identificação de diversos problemas de interação, o principal deles

é falta de visualização de ferramentas necessárias para a comunicação entre os participantes do grupo.

Algumas dificuldades foram encontradas por parte dos usuários, embora não tenham causado tantos prejuízos na interação do usuário com a plataforma, mas que atrasaram de uma certa forma a realização de algumas atividades, pois alguns alunos perderem muito tempo tentando encontrar o que queriam. Lembrando que todas as atividades realizadas pelos alunos eram feitas por intuição pois, todos eles não tinham experiências na utilização do Moodle, eles tinham apenas experiência no Moodle, o que tornou mais interessante a aplicação do MAC-g em um ambiente totalmente novo para os alunos.

Acredita-se que a pequena quantidade de rupturas encontradas e classificadas no grupo de atividades individuais está atrelada a pequena quantidade de atividades sugeridas para os participantes realizarem.

Um fato importante é que a maioria das tuplas encontradas foram relacionadas a atividades individuais e no nível de interação, ação é presente em suas três primeiras dimensões. Confirmando as rupturas ficaram por conta das etiquetas do MAC original na quarta dimensão.

Os avaliadores tiveram trabalho para etiquetar as atividades devido a grande quantidade de participantes. De acordo com [16], o número de participantes ideal é que seja de 6 a 10. Durante a fase de etiquetagem foram percebidas necessidades de inserir outras etiquetas para que a pesquisa ficasse mais completa, ou até colocar uma das treze etiquetas com um significado semelhante porém com um olhar diferenciado.

Foi percebido que alguns alunos não participaram mais efetivamente da avaliação por terem medo de mexer na ferramenta e acabar atrapalhando o grupo. Alguns alunos sentiram muita necessidade de interagir fisicamente com o intuito de resolver logo o problema proposto para o grupo, já outros terminavam suas atividades e continuavam no ambiente tentando aprender mais sobre ele e suas especificidades.

## 6. DISCUSSÃO DO COMPORTAMENTO NAS ATIVIDADES EM GRUPO

Foram divididos seis grupos de cinco pessoas, onde cada grupo recebeu parte diferenciada de dicas para a resolução do problema. Para a realização da atividade em grupo os alunos utilizaram basicamente o chat, mas também foram utilizadas muitas mensagens. Alguns grupos conseguiram concluir as atividades mais rapidamente que outros, e devido a essa grande diferença de tempo ao realizar as atividades foram feitos alguns questionamentos relacionados a organização de cada grupo para concluir a atividade, lembrando que essa é a visão do avaliador a partir dos vídeos de cada grupo:

*Sobre a coordenação para realizar as atividades.*

Foi percebido que apenas dois grupos dos seis seguiram estratégias de coordenar as atividades e com isso concluiu mais rápido o problema, um exemplo disso foi o grupo 02, onde um dos alunos liderou o grupo dando e pedindo sugestões de todos participantes durante toda a resolução do problema.

No grupo 01 também houve um participante que se destacou ao relatar tudo o que ele fazia, foi o grupo que concluiu com mais rapidez o problema, embora não tenha tido muita comunicação e

colaboração entre os participantes do grupo. No grupo 03 houve divisão de liderança entre dois participantes do grupo. Nos demais grupos não houve muita organização por parte dos membros do grupo ao conduzir a realização do problema.

*Sobre a cooperação dos membros do grupo para a realização da tarefa.*

A grande maioria dos grupos não cooperou como deveria na conclusão do problema, mas houve muita comunicação entre os membros do grupo no sentido de instruir a realização das atividades, um exemplo disso foi a descrição passo-a-passo do uso do chat por um dos participantes para todo o grupo, assim o grupo não precisava perder tempo para pedir algum tipo de instrução do professor em sala, representado por um avatar.

No grupo de número 02 pôde ser percebido uma troca maior de mensagens por *chats* que nos demais grupos, isso mostra que embora todos os grupos tenham resolvido o problema em questão a maioria deles não cooperou como deveria para a realização da mesma, dando destaque a participação de um ou no máximo dois membros de cada grupo, isso aconteceu com a maioria dos grupos.

*Sobre a comunicação através de chat ter sido suficiente para resolução do problema.*

Para o grupo 01 a interação via *chat* foi boa, embora o número de mensagens tenha sido o menor de todos os grupos, a maioria dos membros da equipe não entenderam que precisavam colaborar e interagir para resolver o problema, e também não entenderam como poderia ser resolvido o problema proposto, por isso teve pouca colaboração entre os participantes, o líder do grupo teve destaque por conseguir sozinho ter a visão geral do problema e resolvê-lo de forma rápida, foi percebido que ele ainda enviou para o grupo três mensagens via chat, perguntado se alguém havia entendido do problema e todos responderam que não, ele sugeriu ao grupo que eles lessem novamente o problema proposto e perguntou novamente se o grupo havia entendido e depois de um tempo ele respondeu que já estava resolvendo o problema sozinho, pois apenas uma pessoa tinha interagido com ele para resolução do problema.

O grupo 02 interagiu de forma mais intensa tanto por via chat como por mensagens, a troca de mensagens entre eles foi muito elevada em relação aos outros grupos, dois membros do grupo relataram sobre a demora na velocidade do protocolo de comunicação. Os grupos 03 e 04 sentiram a necessidade de discutir o problema ao-vivo fora do ambiente para concluir a atividade com mais rapidez, pois a maioria estava preocupada em realizar também a atividade individual que seria feita após a atividade em grupo.

Os grupos 05 e 06 foram os grupos que mais demoraram a concluir a resolução do problema embora tenham usado bastante o chat foi percebido que em ambos os grupos não tinham trabalho muito bem a organização e a liderança dentro do grupo, por isso demoraram na conclusão do problema.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Para um ambiente 3D a aplicação do método MAC-g pôde identificar vários problemas, como melhorar a visualização de ferramentas necessárias para a comunicação entre os membros do grupo dentro do ambiente, sendo esse, um *feedback* da avaliação para o design.

Durante a avaliação foi percebida a necessidade de inserir outras etiquetas para complementar e enriquecer o MAC-g, talvez seja necessário fazer uma extensão do método para ambientes tridimensionais. Um exemplo de etiqueta que seria muito bem colocada é “o que isso faz?”. Seria semelhante a atual etiqueta do Mac-g “o que é isso?”, no entanto, com um olhar diferenciado, enquanto no Mac-g o significado para a etiqueta é “o usuário não entende um signo da interface e procura por esclarecimentos lendo o *tool tip* do sistema ou examinando o signo”. Para a etiqueta “o que isso faz”, o usuário também não entende o signo, mas ele interage diretamente com o objeto.

No ambiente em três dimensões o aluno não dispõe de qualquer tipo de esclarecimento do signo, a utilização de elementos gráficos possibilita ao aluno a interação com objetos, essa comunicação se torna de alta qualidade aguçando assim a curiosidade do aluno na utilização total do ambiente e isso se torna relevante em um espaço de aprendizagem porque será uma forma do aluno se comunicar seja com o professor, com outros alunos ou mesmo com o ambiente.

Para trabalhos futuros, verificou-se que é necessário fazer mais avaliações de ambientes 3D no intuito de melhorar as ferramentas já existentes, assim como melhorar o método MAC-g para ambientes em três dimensões. Seria interessante também realizar pesquisa utilizando os logs dos usuários, executar mais experimentos com poucas pessoas e com mais atividades para os alunos sentirem a comunicação do ambiente. Talvez fosse importante também avaliar o nível de satisfação da utilização do Sloodle como apoio a EaD, ou também fazer um experimento comparando qual a maior satisfação dos alunos na utilização das duas formas de interação, no Sloodle e no Moodle e ver em qual dos ambientes eles interagem de forma mais prática e rápida, ou ainda fazer a mesma avaliação com participantes com e sem experiência na utilização das duas ferramentas.

Na discussão das atividades em grupo no item 6, foram levantados alguns questionamentos sobre o comportamento dos grupos, essas observações foram descritas a partir dos vídeos e olhar do avaliador e não do aluno, para trabalhos futuros seria importante fazer um estudo de caso com questões respondidas pelos próprios alunos, dessa forma o trabalho ficaria mais completo com a visão real do participante das vantagens e desvantagens do ambiente avaliado.

Há necessidade de fazer mais avaliações com outras ferramentas que também utilizam os ambientes tridimensionais para comunicação e colaboração de atividades ou ainda utilizar versões mais novas da mesma ferramenta, vale ressaltar que o Moodle instalado para os testes dessa pesquisa foi a versão 2.6 e que uma nova versão do ambiente foi lançada recentemente.

## 8. AGRADECIMENTOS

Esse trabalho recebeu apoio financeiro da FAPEAM e do IFAM – CMZL. Agradecemos aos alunos de Engenharia Civil que participaram das atividades propostas e aos avaliadores pela parceria.

## 9. REFERÊNCIAS

1. Tori, R. Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem. São Paulo: Senac, 2010.
2. Valente, C. e Mattar, J. Second Life e web 2.0 na educação: o potencial revolucionário das novas tecnologias. São Paulo: Novatec, 2007.
3. Legoinha, P., Pais, J. e Fernandes, J. O Moodle e as comunidades virtuais de aprendizagem. VII Congresso Nacional de Geologia de Portugal (2006), 1-4.
4. Mattar, J. O uso do Second Life como ambiente virtual de aprendizagem. Rev. Fonte, n. 8. (2008), 88-95.
5. Cheng, K-H. e Tsai, C-C. Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education Technology, Springer* 22, 4 (2013), 449-462. DOI=<http://link.springer.com/10.1007/s10956-012-9405-9>
6. Raposo, A. B. Ambientes Virtuais Colaborativos. In: Sistemas Colaborativos (Org. Pimentel, M; Fuks, H). Rio de Janeiro: Elsevier (2011), 94-109.
7. Bainbridge, W. S. Online worlds: convergence of the real and the virtual. London: Springer, 2010.
8. Hodge, E., Collins, S. e Giordano, T. The virtual worldsh: how to use Second Life and other 3D virtual environments. Sudbury: Jones and Bartlett, 2011
9. Savin-Baden, M. A practical guide to using Second Life in higher education. New York: McGraw-Hill, 2010.
10. Wankel, C. e Kingsley, J. Higher education in virtual worlds. Bingley: Emerald, 2009.
11. Douguimas, M. Reading and Writing for Internet Teaching, 1999.
12. Palloff, R. M. e Pratt K. Construindo Comunidades de Aprendizagem no Ciberespaço. Porto Alegre: Artmed, 2002.
13. Rymaszewski, M. Second Life: The Official Guider. New Jersey: Wiley publishing, 2007.
14. Delwiche, A. Massively multiplayer online games (MMOs) in the new media classroom. *J. Educational Technology & Society* 9, 3 (2006), 160–172.
15. Sloodle. Sloodle About It. [http://www.sloodle.org/blog/?page\\_id=2](http://www.sloodle.org/blog/?page_id=2)
16. de Souza, C. S.. The semiotic engineering of human computer interaction. *MIT Press*, 2005.
17. de Souza, C.S. e Leitao, C.F. Semiotic Engineering Methods for Scientific Research in HCI. *Morgan & Claypool*, 2009. DOI=<http://www.morganclaypool.com/doi/abs/10.2200/S00173ED1V01Y200901HCI002>
18. Castro, T. e Fuks, H. Inspeção Semiótica do ColabWeb: Proposta de Adaptações para o Contexto da Aprendizagem de Programação”. *RBIE* 17, 1 (2009), 71-81.
19. Villela, M. L. B.; Xavier. S.; Prates, R. O. "Métodos de Avaliação de Comunicabilidade para Sistemas Colaborativos: Um Estudo de Caso”. SBCSC, 2013.
20. Prates, R. O., de Souza, C. S., Barbosa, S. D. J., 2000. A method for evaluating the communicability of user interfaces. In *Interactions*, v. 7, n. 1, p. 31-38
21. Prates, R. O. ; Barbosa, S. D. J. Introdução à Teoria e Prática da Interação Humano-Computador fundamentada na Engenharia Semiótica. Em: T.Kowaltowski e K. K. Breitman (Org.). In JAI 2007.

22. Mattos, B. Uma Extensão do Método de Avaliação de Comunicabilidade para Sistemas Colaborativos. 150 p. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação. DCC/UFMG, 2010.
23. Mattos, B., Santos, R. L. e Prates, R. O. Investigating the Applicability of the Semiotic Inspection Method to Collaborative Systems. *Brazilian Symposium of Collaborative Systems*, 2009, 53-60. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/SBSC.2009.28>
24. Lima, D. e Castro, T. Music spectrum: A collaborative immersion musical system for children with autism. *In IX SBSC, IEEE CS* (2012), 53–58. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/SBSC.2012.33>
25. Lima, D. e Castro, T. Music Spectrum: A Music Immersion Virtual Environment for Children with Autism. *J. Procedia Computer Science 14* (2012), 111-118. DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2012.10.013>

# CollabCumulus: Uma Ferramenta de Apoio à Análise Colaborativa de Proveniência em *Workflows* Científicos

Guilherme Miranda, João A. de Souza, Vanessa Braganholo, Daniel de Oliveira

Universidade Federal Fluminense

Niterói – Rio de Janeiro

{guilhermecvm, joavianna}@id.uff.br, {vanessa, danielcmo}@ic.uff.br

## ABSTRACT

*In silico* scientific experiments usually demand high performance execution environments, and consume and produce an overwhelming quantity of data. Workflow Management Systems support the execution of this kind of experiment in high performance environments, but fail to support the analysis of the experiments results. In fact, analyzing these large amounts of data to prove or refute an experiment's hypothesis is a very time consuming task, which demands a large team of scientists that may be geographically dispersed. Additionally to the fact that the Workflow Management Systems do not support the analysis phase of the experiment, existing analysis tools fail in allowing data that was captured during the experiment execution to be shared and analyzed by the scientists. This kind of data is crucial to the analysis process. To overcome this limitation, in this paper we present CollabCumulus, a tool that allows scientists to share data about the execution of their experiments, and analyze them together with colleagues, even when they are physically distributed. CollabCumulus uses the concept of social networks to make collaborative analysis of scientific experiments a reality.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Group and Organization Interfaces]: Computer supported cooperative work.

## General Terms

Documentation, Experimentation, Human Factors.

## Keywords

Provenance Data, *Workflows*, SciCumulus, Collaboration.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o processo de experimentação científica vem sendo modificado de forma drástica. Diferentemente dos experimentos científicos tradicionais, como aqueles clássicos de química e física onde os cientistas realizam suas pesquisas em laboratórios, os experimentos atuais não se resumem mais somente à pesquisa laboratorial [1]. A evolução da ciência da computação e da engenharia nas últimas décadas permitiu a exploração de novos tipos de experimentos científicos baseados em simulação [2,3]. Dessa forma, os experimentos atuais passaram a possuir uma forte dependência em relação a um

aparato tecnológico que engloba o uso de ambientes de processamento de alto desempenho, redes de sensores, etc.

Esses experimentos se caracterizam pelo uso intenso de simulações que são baseadas em modelos computacionais complexos. Em geral, esses modelos se referem ao encadeamento de um conjunto de programas, formando um fluxo. A modelagem desse fluxo de maneira estruturada é denominada *workflow* científico [2]. Um *workflow* é um arcabouço funcional que modela um conjunto de atividades (que podem ser invocações de programas, serviços *Web*, etc.) e a dependência de dados entre as atividades (i.e. uma atividade consome os dados produzidos pela atividade imediatamente anterior). Os *Workflows* são executados em mecanismos complexos chamados de Sistemas de Gerência de *Workflows* Científicos (i.e. SGWfC).

Devido à complexidade dos modelos associados aos experimentos científicos, eles comumente necessitam execuções em paralelo usando ambientes de Processamento de Alto Desempenho (PAD) como os *clusters* computacionais [4], as grades computacionais [5] e mais recentemente as nuvens de computadores [6]. Em especial, as nuvens de computadores oferecem a computação como um serviço que pode ser adquirido sob demanda por diferentes tipos de usuários (inclusive cientistas), seguindo um modelo pague-pelo-uso (do inglês *pay-per-use*) [7].

Como a complexidade dos *workflows* vem aumentando exponencialmente (seja em relação à quantidade de parâmetros explorados ou à quantidade de atividades que compõem o *workflow*), executar esses *workflows* exige uma capacidade de processamento que só pode ser oferecida pelos ambientes de nuvem, uma vez que seus recursos são elásticos, i.e. o cientista pode requisitar recursos de uma forma teoricamente infinita (apesar de os provedores imporem um limite, ele é relativamente grande). Dessa forma, a computação em nuvem vem alavancando o desenvolvimento de experimentos científicos baseados em simulação uma vez que cientistas que antes não possuíam acesso a ambientes de processamento de alto desempenho agora podem criar *clusters* virtuais na nuvem e executar seus *workflows* em paralelo.

Porém, a execução do *workflow* em paralelo em ambientes de alto desempenho não é o único aspecto importante. Mesmo que um *workflow* seja executado da melhor forma possível, seus resultados devem ser passíveis de avaliação e reprodução. Desta forma, para validar e reproduzir um *workflow* necessita-se possuir dados descritores tanto do ambiente em que o *workflow* foi executado quanto dos próprios *workflows* que estão sendo executados. Esse tipo de dado é denominado “Dado de Proveniência” [8], e contém o histórico de toda a execução do *workflow*, desde os tempos de execução de cada atividade até os arquivos que foram produzidos. Este tipo de dado deve ser analisado de forma que se possa verificar se a hipótese científica

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

que o *workflow* apoia foi confirmada ou refutada, *i.e.* para que cheguemos a conclusões científicas.

O grande problema é que essa análise não é uma tarefa trivial de ser desempenhada. Muitas vezes ela deve ser realizada em conjunto com diversos especialistas de domínio da aplicação que podem estar geograficamente dispersos. Além disso, o volume de dados produzidos pode chegar a uma escala que torna impossível que eles sejam avaliados por uma pessoa isoladamente. Essa necessidade de avaliação colaborativa dos dados, aliada ao volume de dados produzidos pela execução de *workflows* de larga-escala em ambientes de alto desempenho, nos leva a uma situação onde o processo de análise dos dados e validação do experimento passa a ser um ponto crítico, enquanto que anos atrás o gargalo estava em prover uma execução paralela eficiente. Esse é um cenário clássico em problemas de *Big Data* [9].

De acordo com Winslett *et al.* [10], a maioria dos SGWfC existentes apoiam bem a execução e o monitoramento dos *workflows* em ambientes distribuídos, e também a captura e armazenamento dos dados de proveniência. Porém, nenhum deles oferece funcionalidades para análise e para a exploração da proveniência. Muitas vezes os cientistas tem que analisar manualmente os dados ou utilizar ferramentas de terceiros (não os SGWfC) para fazê-lo. Alguns SGWfC como o VisTrails [11] e o SciCumulus [12] fornecem funcionalidades para navegar na definição do *workflow*, porém não oferecem apoio para análise dos resultados. Portanto, as soluções que visam apoiar a análise (intrinsecamente colaborativa) da proveniência são plausíveis e necessárias.

Ao mesmo tempo, as tecnologias de redes sociais têm possibilitado a inserção de novos costumes e práticas em nossa sociedade [13]. Por meio de redes sociais, seus membros podem trocar informações, promover eventos e debates, *etc.* Acreditamos que este tipo de tecnologia pode ser utilizado para apoiar a análise e compartilhamento de resultados de experimentos científicos modelados como *workflows*. De fato, já existem soluções para compartilhamento de *workflows* baseadas em redes sociais como o myExperiment [14] e o CrowdLabs [15]. Entretanto, as mesmas têm um foco maior no compartilhamento dos arquivos de definição dos *workflows* (em geral um arquivo XML) do que na análise dos resultados das execuções. Por mais que a definição do *workflow* em uma linguagem seja importante, acreditamos que a análise dos resultados produzidos pode se beneficiar muito mais de uma abordagem colaborativa.

Assim, no sentido de auxiliar os cientistas a analisar os dados de proveniência de *workflows* científicos executados em ambientes de computação de alto desempenho, este artigo propõe o CollabCumulus. O CollabCumulus é uma ferramenta baseada em redes sociais que visa apoiar a análise de dados de proveniência de forma colaborativa e ao mesmo tempo ajudar os cientistas a compartilhar seus experimentos e resultados. No CollabCumulus, cada cientista pode autorizar o acesso à sua base de dados de proveniência de forma que terceiros possam analisar os seus resultados e reutilizar experimentos já executados. Em sua versão atual, o CollabCumulus apoia os *workflows* executados pelo SGWfC SciCumulus [12], mas extensões são possíveis.

Este artigo está dividido em 4 seções, além desta introdução. Na Seção 2 são apresentados conceitos básicos de experimentação científica, *workflows* científicos e da máquina de execução SciCumulus que é a base do CollabCumulus. Na Seção 3 apresentamos trabalhos relacionados. Na Seção 4 apresentamos o CollabCumulus e suas principais características. Na Seção 5

apresentamos um estudo preliminar da ferramenta e finalmente na Seção 6 concluímos o artigo e discutimos trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção discute conceitos importantes que servem de base para a abordagem CollabCumulus. Em especial, são apresentados os conceitos de *workflow* científico e proveniência de dados na Seção 2.1 e nuvens de computadores na Seção 2.2. Finalmente, a Seção 2.3 apresenta o SGWfC SciCumulus, que é base da proposta aqui apresentada.

### 2.1 Workflows Científicos

Podemos definir um experimento científico como "um teste executado em condições controladas, que é realizado para demonstrar uma verdade conhecida, examinar a validade de uma hipótese, ou determinar a eficácia de algo previamente não explorado" [16]. Apesar da abrangência da definição, no contexto desse artigo consideraremos uma categoria de experimentos científicos em especial chamada de experimentos *in silico* (ou baseados em simulação) [17]. Dessa forma, deste ponto em diante, sempre que mencionarmos o termo "experimento científico" estaremos nos referindo aos experimentos *in silico*.

Este tipo de experimento é encontrado em uma gama grande de domínios, que variam desde a bioinformática [18–20] ao mapeamento dos corpos celestes [1], passando por experimentos de engenharia como os de dinâmica de fluidos computacional [21,22]. Independente do domínio em que se encontra, cada experimento desses geralmente envolve múltiplas execuções, sendo que cada uma delas pode demandar um conjunto de recursos computacionais (processamento, armazenamento, *etc.*) durante um longo período de tempo. Devido à sua larga escala, esses experimentos necessitam técnicas de paralelismo e execuções em ambiente de PAD como os *clusters*, as grades, e mais recentemente as nuvens de computadores.

Essas execuções comumente envolvem o encadeamento de programas que consomem um grande volume de dados e requerem grande capacidade de processamento (*i.e.* intensivos em computação e dados). Nesse contexto, o produto de dados (*i.e.* arquivos, parâmetros, tabelas em bancos de dados, *etc.*) gerado por um programa é utilizado como entrada pelo programa seguinte, e assim sucessivamente. Esse encadeamento pode ser modelado como um *workflow* científico, que é uma abstração para modelar o fluxo de atividades e de dados em um experimento. Cada atividade é implementada por um programa ou um serviço que é invocado e cada invocação de serviço é chamada de *cloud activity* no contexto desse artigo. Esses *workflows* são controlados e executados pelos Sistemas de Gerência de *Workflows* Científicos (SGWfC), que têm como objetivo especificar, executar e monitorar a execução de *workflows* nos mais variados ambientes. Há muitos SGWfC disponíveis, como o VisTrails [11], o Swift/Turbine [23], o Chiron [24] e o SciCumulus [12]. Cada um tem suas próprias características. No entanto, todos esses citados fornecem apoio fundamental a execuções em ambientes de PAD, mas nenhum apoio à etapa de análise.

Como o CollabCumulus é baseado em uma arquitetura em nuvens de computadores, a seguir apresentamos o conceito para um melhor entendimento.

### 2.2 Nuvens de Computadores

A computação em nuvem [6,7] é um modelo de computação cujo objetivo é fornecer acesso a diferentes tipos de recursos de *software* e *hardware* por meio da Web. Assim, os programas,

plataformas e os dados passaram dos *desktops* para a nuvem. Conceitos como a elasticidade [6] (capacidade de fornecer recursos sob demanda, teoricamente de forma “infinita”) fazem da nuvem um ambiente propício para a execução de *workflows* em paralelo com capacidade de PAD. A natureza das necessidades dos *workflows* científicos se encaixa bem com a flexibilidade e a elasticidade, sob demanda, oferecida pelas nuvens. De acordo com Simmhan *et al.* [25] o uso efetivo de nuvens pode reduzir o custo real com equipamentos e sua consequente manutenção, além da questão das atualizações constantes de *software* e *hardware*. As nuvens permitem que o cientista crie um ambiente totalmente virtual (*i.e.* cluster virtual) e utilize esses recursos de forma reservada durante uma janela de tempo. Além disso, com o uso das nuvens, os grandes conjuntos de dados utilizados e gerados pela execução dos *workflows* podem ser mais facilmente compartilhados para a análise, dentro ou fora da nuvem, democratizando o acesso aos resultados científicos.

Desta forma, as nuvens proporcionam um ambiente adequado para a execução paralela de *workflows* científicos que demandem PAD. Entretanto, apesar de muitos SGWfC apoiarem a execução paralela de *workflows* em nuvens, nenhum deles se preocupa com a questão da análise dos resultados que se encontram dispersos em múltiplas máquinas virtuais e múltiplos provedores de nuvens (*e.g.* Amazon EC2, Microsoft Azure, *etc.*). Desta forma, novas propostas são necessárias para fornecer uma solução transparente para os cientistas analisarem os resultados dos seus *workflows* de forma sistemática e colaborativa. A seguir, de forma a explicar melhor o cenário do CollabCumulus, apresentamos o SGWfC SciCumulus que foi o escolhido como primeiro SGWfC a ser apoiado pelo CollabCumulus.

### 2.3 SciCumulus

O SciCumulus é um SGWfC que gerencia a execução paralela de *workflows* científicos em ambientes de nuvem. Com base na especificação do *workflow* e do conjunto de dados de entrada fornecidos pelos cientistas, o SciCumulus é capaz de distribuir as execuções de atividades (que não possuem dependência entre si) em um conjunto de Máquinas Virtuais (MV), aumentando assim o paralelismo e reduzindo o tempo que o cientista deve esperar pelo resultado do *workflow*. O SciCumulus permite que o cientista informe suas preferências para a execução, como por exemplo, o tempo de execução máximo ou o custo financeiro máximo. Dessa forma, SciCumulus distribui as execuções das diversas atividades respeitando a dependência entre elas, e de acordo com seu tempo de execução estimado. Estas estimativas são fornecidas por meio de consulta a um repositório de proveniência baseado no modelo PROV-WF [26]. Diferentemente de outros SGWfC, o SciCumulus pode aumentar ou diminuir a quantidade de MVs envolvidas na execução para atender às necessidades dos cientistas. O SciCumulus é capaz de adicionar (ou remover), de forma automática, MVs a partir do conjunto de MVs disponíveis para a execução. O SciCumulus também possui um mecanismo de notificação [27] que identifica alguns eventos pré-definidos e notifica cientistas por meio de serviços de dispositivos móveis do SO Android.

O SciCumulus também possui um rico repositório de proveniência que armazena as informações de grão fino sobre o experimento que está sendo executado e sobre o próprio ambiente de nuvem. As informações existentes nesse repositório podem ser classificadas de duas formas: proveniência prospectiva e retrospectiva [8]. A proveniência prospectiva está interessada em capturar e armazenar os dados relativos à estrutura do *workflow* que levou à geração de um determinado produto de dados. No

contexto de *workflows* científicos, a proveniência prospectiva está preocupada em capturar os dados relativos à estrutura do *workflow*. Por outro lado, a proveniência retrospectiva foca na captura dos produtos de dados e seus descritores produzidos a partir da execução de um determinado *workflow*. Dados de proveniência retrospectiva englobam tempos de início e fim de execução, arquivos consumidos e produzidos, erros que ocorreram, informações de desempenho de atividades, entre outros. Assim, o repositório de proveniência contém informações sobre elementos que representam: (i) *workflows* executados na nuvem; (ii) os produtos de dados consumidos e produzidos pela execução do *workflow*, e (iii) informações sobre o ambiente de nuvem. Todas essas informações garantem a validação e a reprodução do *workflow* e comumente são analisadas por um grupo de cientistas que pode estar geograficamente disperso. Essa distância pode ser um problema, uma vez que o SciCumulus (e também nenhum outro SGWfC) oferece apoio computacional para a etapa de análise dos resultados dos *workflows*.

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

De acordo com Winslett *et al.* [10], o uso de ferramentas independentes de SGWfC para prover a capacidade de análise de proveniência é necessário, uma vez que os SGWfCs existentes não proveem essa capacidade. A seguir, apresentamos algumas das abordagens existentes para análise de proveniência, sendo esta análise colaborativa ou não.

A abordagem pioneira em termos de compartilhamento de *workflows* para análise foi o myExperiment [14]. O myExperiment é uma abordagem que apoia o compartilhamento de *workflows* modelados utilizando o SGWfC Taverna [28]. Ele atua como um repositório público de definições de *workflows* (em XML) que serve como base para que terceiros possam reutilizar *workflows* previamente modelados. Os cientistas podem compartilhar seus *workflows* entre si, comentar a modelagem e enviar mensagens pessoais, formando comunidades virtuais. Entretanto, o myExperiment não permite que o cientista analise os resultados de um experimento, faça *download* de resultados ou acesse repositórios de proveniência diretamente. Toda essa análise é realizada externamente à ferramenta, fazendo com que esse conhecimento continue sendo tácito.

Similar ao myExperiment, o grupo do SGWfC VisTrails propôs o CrowdLabs [15]. Apesar do propósito equivalente, no CrowdLabs os cientistas são capazes de fazer o *upload* dos seus conjuntos de dados de entrada para a plataforma, de forma que os mesmos possam ser analisados e reutilizados por terceiros. Além disso, eles possibilitam que o usuário utilize um dos *mashups* [29], que se encontram embutidos no próprio portal e executem seus *workflows* utilizando o VisTrails *server*. Entretanto, o CrowdLabs também não oferece apoio à análise da proveniência retrospectiva (resultados, produtos de dados, *etc.*) dos *workflows* já executados. Para realizar tal atividade, o cientista tem que realizar o *download* do XML que contém os dados de proveniência retrospectiva.

Outras abordagens visam fornecer um arcabouço para análise de dados de proveniência, mas não necessariamente de dados gerados por *workflows* científicos. Um exemplo desse tipo de abordagem são os *NanoCubes* (<http://www.nanocubes.net/>). A ideia dos *NanoCubes* é permitir que os cientistas possam visualizar e interagir com grandes massas de dados de forma eficiente em sua própria estação de trabalho. O projeto *NanoCubes* é de código aberto e está disponível para *download* no GitHub. Para gerar a visualização, o usuário necessita informar um conjunto de dados em formato CSV ou uma tabela em um banco de dados que contenha informações de latitude, longitude e

data. Apesar de muito interessante e promissora, essa ideia está desconectada do conceito de *workflow* científico.

#### 4. COLLABCUMULUS

O CollabCumulus foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar a análise e consulta de dados de proveniência produzidos pela execução de *workflows* em ambientes distribuídos, ou seja, ajudar os cientistas na fase de análise do experimento científico. Atualmente, essa função é desempenhada a partir da manipulação direta do banco de dados, o que quer dizer que os pesquisadores necessitam de conhecimento prévio da estrutura do repositório e da linguagem de consulta utilizada pelo mesmo. Assim, a ideia por trás do CollabCumulus é retirar esse ônus do cientista, criando um ambiente baseado no conceito de redes sociais para apoiar a análise de dados de proveniência de forma colaborativa e ao mesmo tempo ajudar os cientistas a compartilhar seus

experimentos e resultados. O CollabCumulus foi projetado de forma que fosse independente de SGWfC adotado e pudesse ser integrado a qualquer SGWfC, contanto que um cartucho [30] específico fosse desenvolvido.

Nesse artigo nós apresentamos como o CollabCumulus foi utilizado integrado ao SciCumulus e seu repositório de proveniência. A arquitetura do CollabCumulus consiste de 3 componentes principais: (i) o portal CollabCumulus, (ii) os cartuchos para acesso aos repositórios de proveniência e (iii) o repositório do CollabCumulus. Optamos por separar o CollabCumulus em três camadas por diversos motivos, entre eles: simplificar o desenvolvimento inicial visto que, durante este período, não é necessário a comunicação entre o cartucho e o portal; facilitar a manutenção, e possibilitar a criação de novos serviços que utilizam os cartuchos desenvolvidos (Figura 1).

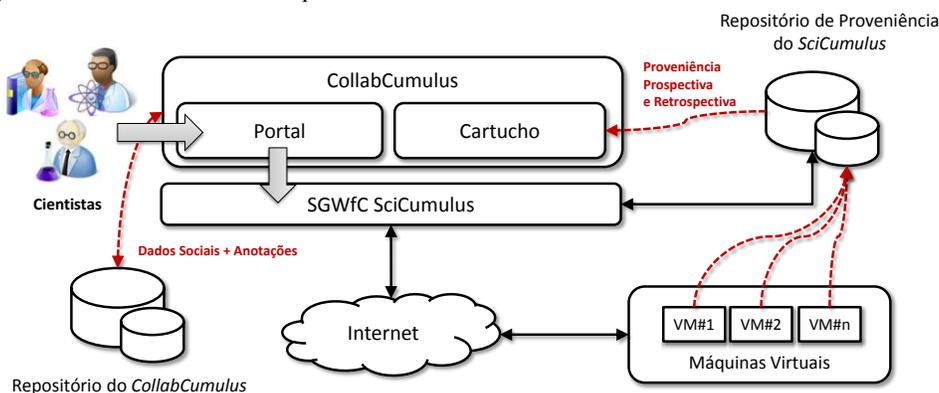


Figura 1. Arquitetura do CollabCumulus

##### 4.1 O Portal CollabCumulus

Um dos componentes principais do CollabCumulus é o seu portal. É através desse portal que os diversos cientistas têm acesso ao conteúdo dos repositórios de proveniência de forma a realizar a análise dos dados gerados/consumidos. Neste portal, cada cientista tem um usuário associado que tem acesso a um conjunto de repositórios de proveniência, e pode comentar, criar tópicos de discussão e analisar colaborativamente os resultados com seus parceiros de pesquisa. Além disso, o portal provê uma busca facetada de todas as informações relativas aos *workflows*, atividades, ativações e arquivos que já foram executados. Essas características não só criam um ambiente propício para discussões e interação para gerar conclusões de melhor qualidade, como permite que muitos dos problemas possam ser solucionados a partir dos comentários dos múltiplos usuários.

O desenvolvimento do portal foi realizado utilizando o Bootstrap (<http://getbootstrap.com/>) e o AngularJS (<https://angularjs.org/>). O Bootstrap é um arcabouço que facilita o desenvolvimento de uma interface gráfica responsiva, ou seja, que pode ser visualizada por diversos dispositivos como computadores, *tablets* e celulares. É baseado em HTML5, CSS3 e jQuery. O AngularJS é um framework MVC que auxilia na criação de páginas *Web* dinâmicas. Ele elimina a necessidade de manipulação do DOM (*Document Object Model*) pelo desenvolvedor, ou seja, a inclusão e atualização de conteúdo da página *Web* (*view*) a partir de código JavaScript. As informações são obtidas diretamente do *model*, e por isso, quando este é atualizado, a *view* é modificada automaticamente. O mesmo acontece inversamente devido à ligação direta e bidirecional dos dados (*two-way data binding*).

##### 4.2 Cartuchos para Acesso aos Repositórios

Os cartuchos desempenham um papel fundamental no CollabCumulus. Se considerarmos que o CollabCumulus pode capturar dados de proveniência de diferentes SGWfCs, a gerência desses dados de proveniência torna-se um desafio uma vez que cada SGWfC possui seu próprio modelo de proveniência associada, que pode ser implementado em diferentes tecnologias. Por exemplo, o repositório de proveniência do SciCumulus utiliza o modelo relacional, o do VisTrails utiliza um dialeto XML e o do Taverna utiliza RDF. Dessa forma, faz-se necessário o uso de um componente com uma assinatura pré-definida, que possa ser acessado pelo portal, mas que implemente as consultas de acordo com cada tipo de repositório utilizado.

Os cartuchos desempenham exatamente essa função. Além disso, cada cartucho tem como objetivo “normalizar” os dados para que os mesmos possam ser exibidos, uma vez que cada SGWfC captura a proveniência em diferentes granularidades e nem sempre recolhe todos os dados disponíveis. No caso do SciCumulus, cada cartucho tem métodos pré-definidos, os quais são implementados através de uma classe que executa consultas em SQL. Assim, o portal solicita um recurso ao cartucho que implementa uma API. Só terão acesso à API os usuários autenticados, e para consumir um recurso o usuário deve ter autorização. Para cada operação executada, a API retorna para o portal os dados no formato JSON (*Javascript Object Notation*) ([www.json.org/](http://www.json.org/)), um formato leve para troca de dados entre as duas aplicações. Por exemplo, no método *RetrieveActivation* é esperado que se informe a *tag* do *workflow* (*i.e.* seu nome) e sua *execTag* (seu identificador de execução). A partir dos dados informados, são retornadas as

informações completas do *workflow*, de cada uma de suas atividades e de cada uma das execuções das atividades por meio da seguinte consulta em SQL. Note que, nessa consulta, assume-se que o usuário informou a *tag* “SciPhy” e a *executag* “SciPhy03”.

```
SELECT w.*, a.*, ac.*
FROM hworkflow w, hactivity a,
      hactivation ac
WHERE w.wkfid = a.wkfid
AND a.actid = ac.actid
AND w.tag = 'SciPhy'
AND w.tagexec = 'SciPhy03'
```

Além da função de consulta, a API deve persistir informações de usuários, permissões, comentários e outras informações no repositório do CollabCumulus (apresentado na Seção 4.3) e salvar imagens dos perfis dos usuários. Utilizamos o módulo PDO (*PHP Data Object*) do PHP, que tem como objetivo fornecer uma estrutura que facilita a integração da aplicação com o banco de dados. O módulo, além de prover segurança à aplicação, facilita a conexão com diferentes tipos de bancos de dados.

### 4.3 Repositório do CollabCumulus

Conforme mencionado anteriormente, o objetivo do CollabCumulus é acessar repositórios de terceiros para que se possa realizar análise da proveniência de forma colaborativa. Entretanto, além de acessar os repositórios de proveniência já existentes, o CollabCumulus possui um repositório próprio de forma que possa armazenar informações da rede social como usuários, grupos de pesquisa, comentários, dúvidas e questionamentos. No contexto desse artigo, os modelos do SGWfC SciCumulus e do CollabCumulus foram inseridos em um mesmo modelo conceitual apresentado na Figura 2. Na Figura 2, as classes na cor branca são relativas ao modelo do SciCumulus, enquanto que as classes em cinza são relativas ao CollabCumulus.

Inicialmente, detalhamos as classes que representam informações relativas ao *workflow* executado, ou seja, sua estrutura. A classe *Workflow* possui os atributos *tag*, que serve para classificar um determinado experimento e *tagExecução*, que identifica unicamente uma tentativa de execução do experimento. A classe *Atividade* possui um atributo *tag* que identifica a atividade de um determinado *workflow*. Os atributos início e fim contêm, respectivamente, a informação do tempo de início da execução da primeira *cloud activity* desta atividade e a informação do tempo de término da execução da última *cloud activity* desta atividade. A classe *CloudActivity* possui os atributos número e comando que representam, respectivamente, o identificador da *cloud activity*, bem como o número de identificação da linha de execução. O atributo *workspace* indica o local em que a *cloud activity* consumiu e produziu os seus dados. O atributo estado e log são importantes para armazenamento de proveniência referente aos dados de execução da *cloud activity*. Os atributos início e fim contêm, respectivamente, a informação do início e término da execução desta *cloud activity*. A classe *Arquivo* é usada para coletar as informações de todos os arquivos consumidos e produzidos durante a execução de uma *cloud activity*, ou seja, nome, data e tamanho.

Além das informações do *workflow*, o CollabCumulus adiciona suas próprias informações. Essas informações são relativas ao *Repositório* que é registrado nos sistemas. Cada *Repositório* está associado a um *Usuário* e um *Grupo de Pesquisa*. *Usuários* só têm acesso aos repositórios caso estejam cadastrados e autorizados. Um *Workflow* está cadastrado em um repositório e os

cientistas podem adicionar *Comentários* para os *Workflows*, *Atividades*, *Cloud Activities* e *Arquivos*. Assim, as classes do CollabCumulus enriquecem o banco de proveniência previamente existente. Ao mesmo tempo, usuários vinculados a um mesmo *workflow* podem trocar comentários da mesma forma que o fazem em uma rede social. Aqui, a interação se dá no contexto de um *workflow*. Para melhor ilustrar essas ideias, a seguir apresentamos um estudo de caso do uso do CollabCumulus em um *workflow* de bioinformática chamado SciPhy [19].

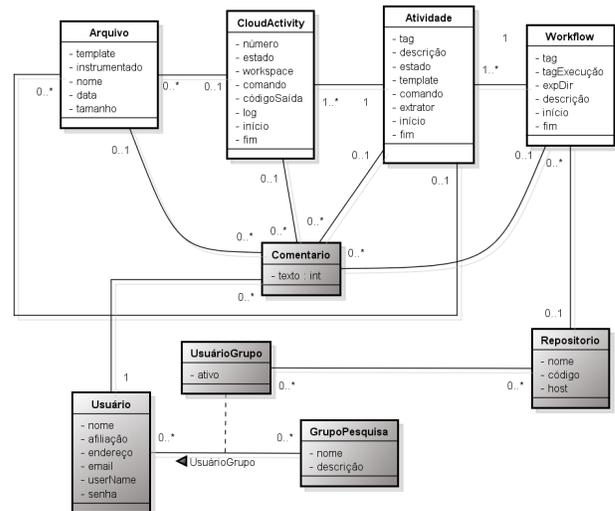


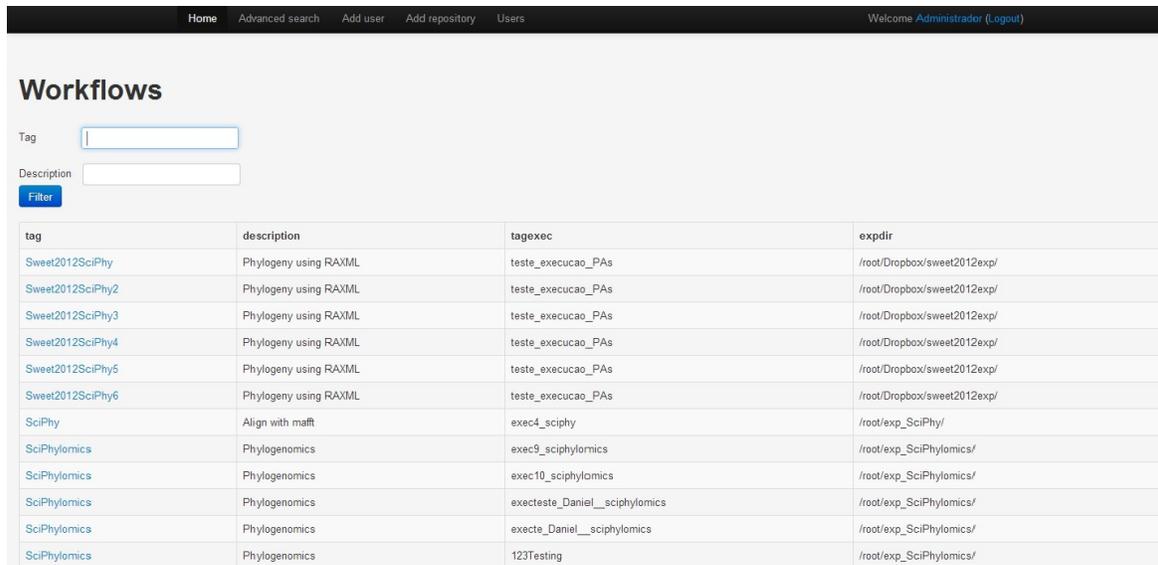
Figura 2 Modelo de dados do CollabCumulus

## 5. ESTUDO DE CASO

Nesta seção apresentamos um estudo de caso do CollabCumulus com um *workflow* real de bioinformática chamado SciPhy [19]. O SciPhy foi projetado para gerar árvores filogenéticas que são estruturas hierárquicas que exibem a relação evolutiva entre organismos. O SciPhy recebe como entrada sequências de aminoácidos, porém seu uso pode ser extrapolado para outros tipos de sequências biológicas. O *workflow* SciPhy é composto por quatro atividades principais que são: (i) a construção do alinhamento genético (MSA); (ii) a conversão de formato do alinhamento; (iii) a escolha do melhor modelo evolutivo a ser usado e (iv) a construção da árvore filogenética. Estas atividades, respectivamente, executam as seguintes aplicações de bioinformática: MAFFT, ReadSeq, ModelGenerator e RAxML.

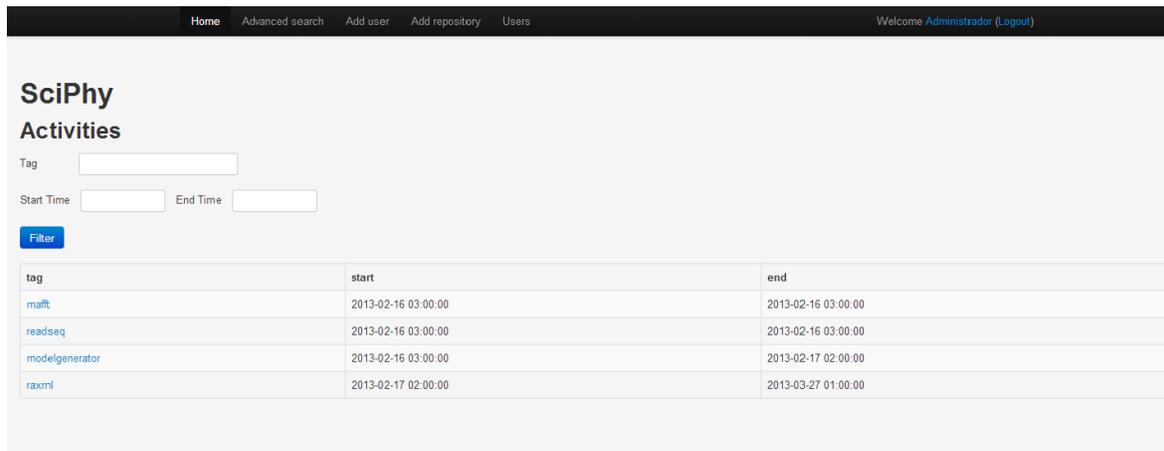
Neste estudo de caso, iniciamos com uma busca pelos *workflows* existentes como apresentado na Figura 3. Essa primeira tela do CollabCumulus permite que o usuário liste todas as execuções dos *workflows* existentes, além de possibilitar buscas pelo nome do *workflow* ou por palavras que façam parte da sua descrição.

Uma vez selecionado o *workflow* SciPhy, basta que o cientista selecione a execução desejada e o detalhamento do *workflow* é apresentado de acordo com a Figura 4. Na Figura 4 podemos perceber que são exibidas as atividades do SciPhy, aqui representadas pelos nomes dos programas que as implementam. Nesse momento já podemos analisar alguns resultados, como os tempos de início e fim de atividade. Além disso, o CollabCumulus permite que sejam filtradas atividades de acordo com seu nome (*tag*) e suas datas de início e fim (essa funcionalidade é útil para *workflows* com muitas atividades). No estudo de caso selecionamos a atividade *raxml* para fornecer um detalhamento.



tag	description	tagexec	expdir
Sweet2012SciPhy	Phylogeny using RAXML	teste_execucaao_PAs	/root/Dropbox/sweet2012exp/
Sweet2012SciPhy2	Phylogeny using RAXML	teste_execucaao_PAs	/root/Dropbox/sweet2012exp/
Sweet2012SciPhy3	Phylogeny using RAXML	teste_execucaao_PAs	/root/Dropbox/sweet2012exp/
Sweet2012SciPhy4	Phylogeny using RAXML	teste_execucaao_PAs	/root/Dropbox/sweet2012exp/
Sweet2012SciPhy5	Phylogeny using RAXML	teste_execucaao_PAs	/root/Dropbox/sweet2012exp/
Sweet2012SciPhy6	Phylogeny using RAXML	teste_execucaao_PAs	/root/Dropbox/sweet2012exp/
SciPhy	Align with mafft	exec4_sciphly	/root/exp_SciPhy/
SciPhylomics	Phylogenomics	exec9_sciphylomics	/root/exp_SciPhylomics/
SciPhylomics	Phylogenomics	exec10_sciphylomics	/root/exp_SciPhylomics/
SciPhylomics	Phylogenomics	execteste_Daniel__sciphylomics	/root/exp_SciPhylomics/
SciPhylomics	Phylogenomics	execete_Daniel__sciphylomics	/root/exp_SciPhylomics/
SciPhylomics	Phylogenomics	123Testing	/root/exp_SciPhylomics/

Figura 3 Busca por *workflows*



tag	start	end
mafft	2013-02-16 03:00:00	2013-02-16 03:00:00
readseq	2013-02-16 03:00:00	2013-02-16 03:00:00
modelgenerator	2013-02-16 03:00:00	2013-02-17 02:00:00
raxml	2013-02-17 02:00:00	2013-03-27 01:00:00

Figura 4 Detalhamento do *workflow*

Uma vez selecionada a atividade *raxml* são apresentadas todas as *Cloud Activities* associadas a essa atividade, conforme apresentado na **Figura 5**. Nessa tela, podemos perceber que são listadas todas as *cloud activities* associadas a essa atividade (1, 13 e 14) e os arquivos associados. Os cientistas já podem postar comentários associados a essa atividade ou aos arquivos produzidos. Uma análise comum é verificar quais erros ocorreram nas execuções e se alguma execução falhou e deve ser repetida, conforme apresentado na **Figura 5**, na seção de comentários. O cientista ainda pode detalhar mais a análise da proveniência, escolhendo uma das execuções da atividade. Nesse caso, escolhemos uma execução específica do *raxml*.

Finalmente, na **Figura 6** apresentamos o detalhamento de uma das execuções da atividade *raxml*. Nesse detalhamento podemos verificar todos os arquivos que foram produzidos com essa execução, com a possibilidade de realizar *download* de qualquer um desses arquivos. A partir do *download* dos arquivos que foram

produzidos diretamente da nuvem, os usuários podem apenas baixar os arquivos que sejam de fato importantes e não precisam baixar o *dataset* inteiro para, analisar conforme acontece no CrowdLabs. Nessa tela de detalhamento da *cloud activity*, os cientistas também podem adicionar comentários e observações sobre os dados produzidos. Para ilustrar, a **Figura 6** mostra comentários da equipe de cientistas que está analisando o resultado da *cloud activity*. Ao perceber que o tempo de execução fugiu muito dos demais tempos para a mesma atividade, os cientistas optaram por realizar uma nova execução.

O mesmo tipo de interação pode ser feito para cada arquivo produzido por uma *cloud activity*. Por exemplo, ao selecionar o arquivo ORTHOMCL1311 da **Figura 6**, uma tela similar é acionada, onde os cientistas podem analisar o arquivo e fazer comentários. Nesse trabalho, essa tela é omitida devido a limitações de espaço.

SciPhy > raxml

type	description	status	start	end
MAP	Phylogeny with RaxML	FINISHED	2013-02-17 02:00:00	2013-03-27 01:00:00

**Activations**

Terr:

**Filter**

task	processor	exitstatus	status	start	end
1	1	0	FINISHED	2012-02-03 10:51:48	2012-02-03 10:52:01
13	2	0	FINISHED	2012-02-03 10:53:18	2012-02-03 10:53:39
14	1	0	FINISHED	2012-02-03 10:53:18	2012-02-03 10:53:39

**Comments**

**Comment**

2014-05-23 21:13:26  
Ao que me parece, uma das ativações deu erro e nada foi gerado, mesmo com o exit status = 0 para todas

2014-05-23 21:13:59  
Vou verificar esse problema e re-executar com os parâmetros corretos.

**Files**

Name:  Data:

**Filter**

file	fname	fsize	fdata	Download
1	experiment.cmd	70	2012-02-03 10:05:06	
2	extractor.cmd	248	2012-02-03 10:05:49	

Figura 5 Detalhamento da atividade

SciPhy > raxml > 1

commandline	workspace	terr	start	end
/experiment.cmd	/root/Dropbox/sweet2012exp/dataselection/1/		2012-02-03 10:51:48	2012-02-03 10:52:01

**Files**

file	fname	fsize	fdata	Download
13	extractor.cmd.bkp	214	2012-02-03 10:51:48	
19	experiment.cmd.bkp	53	2012-02-03 10:51:48	
14	experiment.cmd	101	2012-02-03 10:51:49	
15	ORTHOMCL1311	5806	2012-02-03 10:51:49	
16	H_Result.txt	0	2012-02-03 10:51:49	
17	extractor.cmd	348	2012-02-03 10:51:49	
18	H_Err.txt	0	2012-02-03 10:51:49	

**Comments**

**Comment**

2014-05-23 21:19:15  
Reparei que apesar dos dados terem sido produzidos corretamente, o tempo de execução foi bem menor que a média. Alguma sugestão do que pode ter acontecido?

2014-05-23 21:20:12  
Como estamos executando em máquinas virtuais, provavelmente aconteceu um livre migration e o desempenho caiu nas execuções passadas. É uma hipótese...

2014-05-23 21:20:36  
Concordo com o Daniel, re-executamos?

2014-05-23 21:21:50  
Sim, pode deixar que re-executarei.

Figura 6 Detalhamento da Cloud activity

Este é um estudo de caso inicial. Apesar dele não validar de fato o CollabCumulus, seu objetivo foi exemplificar o uso do CollabCumulus em um *workflow* real que foi executado em paralelo na nuvem. Novas avaliações serão realizadas no futuro.

## 6. CONCLUSÕES

Neste artigo apresentamos o CollabCumulus, uma ferramenta que permite aos cientistas compartilhar dados sobre a execução de seus experimentos, e analisá-los em conjunto com outros cientistas ou grupos de pesquisa, mesmo quando os mesmos se encontram distribuídos geograficamente. Diferentemente de abordagens existentes, o CollabCumulus acessa diretamente repositórios de proveniência dispersos na nuvem e permite aos cientistas analisar tanto os metadados (*e.g.* medidas de tempo e erros) quanto os produtos de dados gerados (*i.e.* arquivos). O CollabCumulus usa o conceito de redes sociais para propiciar a análise colaborativa de experimentos científicos.

Apesar de já representar um avanço na questão de análise colaborativa de proveniência, ainda existem questões em aberto. A primeira delas é a validação do CollabCumulus com um conjunto significativo de cientistas de forma que consigamos concluir se o uso do CollabCumulus de fato ajuda no processo de análise. Melhorias no CollabCumulus também se fazem necessárias, como o apoio a grandes volumes de dados como por exemplo os da astronomia, onde cada produto de dados pode alcançar gigabytes. Além disso, mecanismos de segurança mais sofisticados também se fazem necessários, pois potenciais resultados de pesquisa estão nos repositórios e ainda não foram publicados.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela FAPERJ e pelo CNPq.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Hey, S. Tansley, and K. Tolle, 2009, *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*. Microsoft Research.
- [2] E. Deelman, D. Gannon, M. Shields, and I. Taylor, 2009, Workflows and e-Science: An overview of workflow system features and capabilities, *Future Generation Computer Systems*, v. 25, n. 5, p. 528 – 540.
- [3] M. Mattoso, C. Werner, G.H. Travassos, V. Braganholo, L. Murta, E. Ogasawara, D. Oliveira, S.M.S. da Cruz, and W. Martinho, 2010, Towards Supporting the Life Cycle of Large-scale Scientific Experiments, *International Journal of Business Process Integration and Management*, v. 5, n. 1, p. 79–92.
- [4] M. Dantas, 2005, "Clusters Computacionais", *Computação Distribuída de Alto Desempenho: Redes, Clusters e Grids Computacionais*, 1 edRio de Janeiro: Axcel Books, p. 145–180.
- [5] I. Foster and C. Kesselman, 2004, *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. Morgan Kaufmann.
- [6] L.M. Vaquero, L. Rodero-Merino, J. Caceres, and M. Lindner, 2009, A break in the clouds: towards a cloud definition, *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, v. 39, n. 1, p. 50–55.
- [7] D. Oliveira, F.A. Baião, and M. Mattoso, 2010, "Towards a Taxonomy for Cloud Computing from an e-Science Perspective", In: N. Antonopoulos and L. Gillam, eds., *Cloud Computing*, London: Springer London, p. 47–62.
- [8] J. Freire, D. Koop, E. Santos, and C.T. Silva, 2008, Provenance for Computational Tasks: A Survey, *Computing in Science and Engineering*, v.10, n. 3, p. 11–21.
- [9] E. Bertino, P. Bernstein, D. Agrawal, S. Davidson, U. Dayal, M. Franklin, J. Gehrke, L. Haas, A. Halevy, et al., 2011, Challenges and Opportunities with Big Data
- [10] R. Hasan, R. Sion, and M. Winslett, 2007, Introducing secure provenance: problems and challenges, In: *Proceedings of the 2007 ACM workshop on Storage security and survivability*, p. 13–18
- [11] S.P. Callahan, J. Freire, E. Santos, C.E. Scheidegger, C.T. Silva, and H.T. Vo, 2006, VisTrails: visualization meets data management, In: *SIGMOD International Conference on Management of Data*, p. 745–747
- [12] D. Oliveira, E. Ogasawara, F. Baião, and M. Mattoso, 2010, SciCumulus: A Lightweight Cloud Middleware to Explore Many Task Computing Paradigm in Scientific Workflows, In: *3rd International Conference on Cloud Computing*, p. 378–385
- [13] E. Bakshy, I. Rosenn, C. Marlow, and L. Adamic, 2012, The Role of Social Networks in Information Diffusion, In: *Proceedings of the 21st International Conference on World Wide Web*, p. 519–528
- [14] C.A. Goble and D.C.D. Roure, 2007, myExperiment: Social Networking for Workflow-using e-Scientists, In: *Proceedings of the 2nd workshop on Workflows in support of large-scale science*, p. 1–2
- [15] P. Mates, E. Santos, J. Freire, and C.T. Silva, 2011, CrowdLabs: Social Analysis and Visualization for the Sciences, In: *23rd Scientific and Statistical Database Management Conference*
- [16] C. Soanes and A. Stevenson, 2003, *Oxford Dictionary of English*. 2nd Revised edition ed. Oxford University Press.
- [17] G.H. Travassos and M.O. Barros, 2003, Contributions of In Virtuo and In Silico Experiments for the Future of Empirical Studies in Software Engineering, In: *2nd Workshop on Empirical Software Engineering the Future of Empirical Studies in Software Engineering*, p. 117–130
- [18] A. Matsunaga, M. Tsugawa, and J. Fortes, 2008, CloudBLAST: Combining MapReduce and Virtualization on Distributed Resources for Bioinformatics Applications, *IEEE eScience 2008*, p. 222–229.
- [19] K.A.C.S. Ocaña, D. Oliveira, E. Ogasawara, A.M.R. Dávila, A.A.B. Lima, and M. Mattoso, 2011, SciPhy: A Cloud-Based Workflow for Phylogenetic Analysis of Drug Targets in Protozoan Genomes, In: *Advances in Bioinformatics and Computational Biology*, p. 66–70
- [20] D. Oliveira, K.A.C.S. Ocaña, E. Ogasawara, J. Dias, J. Goncalves, and M. Mattoso, 2012, Cloud-based Phylogenomic Inference of Evolutionary Relationships: A Performance Study, In: *Proceedings of the 2nd International Workshop on Cloud Computing and Scientific Applications (CCSA)*
- [21] E.F. Lins, R.N. Elias, G.M. Guerra, F.A. Rochinha, and A.L.G.A. Coutinho, 2009, Edge-based finite element implementation of the residual-based variational multiscale method, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, v. 61, n. 1, p. 1–22.
- [22] G. Guerra, F. Rochinha, R. Elias, A. Coutinho, V. Braganholo, D. de Oliveira, E. Ogasawara, F. Chirigati, and M. Mattoso, 2009, Scientific Workflow Management System Applied to Uncertainty Quantification in Large Eddy Simulation, In: *Congresso Ibero Americano de Métodos Computacionais em Engenharia*, p. 1–13
- [23] J.M. Wozniak, T.G. Armstrong, K. Maheshwari, E.L. Lusk, D.S. Katz, M. Wilde, and I.T. Foster, 2012, Turbine: a distributed-memory dataflow engine for extreme-scale many-task applications, p. 1–12
- [24] E. Ogasawara, J. Dias, V. Silva, F. Chirigati, D. Oliveira, F. Porto, P. Valduriez, and M. Mattoso, 2013, Chiron: A Parallel Engine for Algebraic Scientific Workflows, *Concurrency and Computation*, v. 25, n. 16, p. 2327–2341.
- [25] Y. Simmhan, C. Ingen, G. Subramanian, and J. Li, 2010, Bridging the Gap between Desktop and the Cloud for eScience Applications, In: *3rd IEEE Conference of Cloud Computing*, p. 474–481
- [26] F. Costa, V. Silva, D. de Oliveira, K. Ocaña, E. Ogasawara, J. Dias, and M. Mattoso, 2013, Capturing and Querying Workflow Runtime Provenance with PROV: A Practical Approach, In: *Proceedings of the Joint EDBT/ICDT 2013 Workshops*, p. 282–289
- [27] J. Pintas, D. Oliveira, K.A.C.S. Ocaña, E. Ogasawara, and M. Mattoso, 2013, SciLightning: a Cloud Provenance-based Event Notification for Parallel Workflows, In: *Proceedings of the 3rd International Workshop on Cloud Computing and Scientific Applications (CCSA)*
- [28] D. Hull, K. Wolstencroft, R. Stevens, C. Goble, M.R. Pocock, P. Li, and T. Oinn, 2006, Taverna: a tool for building and running workflows of services, *Nucleic Acids Research*, v. 34, n. 2, p. 729–732.
- [29] E. Santos, L. Lins, J. Ahrens, J. Freire, and C. Silva, 2009, VisMashup: streamlining the creation of custom visualization applications, *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, v. 15, n. 6 (Dec.), p. 1539–1546.
- [30] D. Birsan, 2005, On plug-ins and extensible architectures, *Queue*, v. 3, n. 2, p. 40–46.

# Caixas de Interesses: um Novo Mecanismo para a Colaboração através de Nuvem de Armazenamento de Dados

Felipe Leite da Silva, Roberto Araújo, Lucas Melo Silva, Nelson Neto Sampaio  
Laboratório de Segurança e Criptografia Aplicada (LabSC)  
Faculdade de Computação  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Pará, Brasil  
Email:{fsilva,rsa,lucasmelo,nelsonneto}@ufpa.br

## ABSTRACT

Individuals and organization have increasingly adopted cloud computing services for outsourcing computational resources. Data storage, specifically, presents one of the most popular outsourced resources. Using cloud storage services, clients meet their needs obtaining a data repository for archive and backup files. Usually, these services offer unlimited storage capacity along with a high availability and easy multi-platform access infrastructure. In addition, they also offer collaboration capability between users. The data sharing mechanisms provide the primary means of collaboration and allow users to work from remote locations and exchange large amounts of information.

Although traditional mechanisms present benefits, they also restrict file sharing among users. By design, they limit sharing capability to group of users that know each other. In particular, cloud storage services do not fully support content share between users with no social ties, but with common interest (e.g., researchers with the same area of expertise).

Targeting this scenario, we introduce a sharing mechanism based on so-called *interest box* as a novel approach for sharing content in cloud storage services. This mechanism enable file sharing between users with a potential common interest based on their stored content. Moreover, the user controls who can access his files using attributes from an attribute provider center, allowing only authorized access to his data.

## Keywords

*Cloud, sharing files, cloud storage collaboration.*

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias e o aprimoramento dos dispositivos móveis impulsiona um amplo crescimento da quantidade de dados produzidos tanto por organizações quanto por pessoas. Mediante a crescente necessidade de armazenamento desses dados, diversos serviços surgem a fim de atender a tal demanda.

Nesse contexto, as nuvens de armazenamento destacam-se como uma das principais soluções para o armazenamento de dados.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

Esses serviços oferecem aos seus usuários capacidade de armazenamento de acordo com suas necessidades e incluem outros benefícios, como a alta disponibilidade (ex. arquivos são acessíveis a qualquer momento) e o acesso multiplataforma por meio de diferentes dispositivos [1][2].

Além disso, essas nuvens caracterizam-se por facilitar a colaboração entre usuários. O compartilhamento de dados, em particular, é um dos principais recursos ofertados para promover tal colaboração. Por meio dele, os usuários podem trocar grande quantidade dados entre si e trabalhar de forma integrada. Por exemplo, organizações podem compartilhar dados dinamicamente entre suas filiais e pesquisadores de institutos diferentes podem cooperar em trabalhos multinstitucionais.

Tradicionalmente, os mecanismos de compartilhamento presentes em nuvens de armazenamento de dados têm seu funcionamento baseado na delegação explícita de acesso aos arquivos. Em outras palavras, o usuário determina regras de acesso para seus arquivos definindo outros usuários do serviço que poderão acessá-los. Essas regras são definidas através da utilização de um identificador (ex. e-mail, nome de usuário) referente ao receptor do arquivo compartilhado. Exemplos de mecanismos desse tipo são as listas de controle de Acesso (*Access Control List - ACL*) como as utilizadas pela Amazon S3 [3] e os níveis hierárquicos (*Role Based Access Control - RBAC*) como utilizados pela nuvem Rackspace [4]. Esta forma de compartilhamento possibilita a colaboração dinâmica e controlada entre os usuários, pois eles podem definir a qualquer momento quem terá acesso aos seus arquivos.

Apesar dos benefícios, esses mecanismos apresentam uma limitação inerente quando utilizados juntamente com nuvens de armazenamento: eles requerem o conhecimento prévio do identificador do usuário receptor do arquivo compartilhado. Tendo em vista que nuvens de armazenamento são serviços que agregam cada vez mais usuários, esses mecanismos apenas viabilizam o compartilhamento entre conjuntos de usuários que de alguma forma obtiveram os identificadores de outros (ex. amigos, familiares, trabalhadores de uma empresa). Em particular, usuários que não se conhecem, mas que poderiam se beneficiar compartilhando dados entre si (ex. pesquisadores de uma mesma área de atuação que não se conhecem) não são contemplados por estes mecanismos.

Por outro lado, os serviços de armazenamento em nuvem possibilitam a criação de arquivos ou pastas públicas como alternativa a delegação explícita de acesso a arquivos. Essa forma de compartilhamento baseia-se na remoção de restrições de acesso sobre o item selecionado tornando-o disponível ao público em

geral. Tal solução possibilita um compartilhamento mais abrangente, pois qualquer pessoa poder acessar o arquivo publicado. No entanto, ela compromete o controle do usuário sobre seus dados, uma vez que ela não oferece uma forma de definir restrições de acesso ao arquivo. Outra limitação está relacionada ao suporte para divulgação dos arquivos publicados. Normalmente, os dados são disponibilizados por meio de um *link* público. Esse *link*, por sua vez, deve ser divulgado através de uma plataforma externa (ex. sites pessoais) dificultando a obtenção do arquivo por outros usuários.

Para fim de exemplificação, o cenário a seguir captura as limitações relativas ao compartilhamento em nuvens de armazenamento de dados. Duas pessoas (Alice e Bob) são usuários de um mesmo serviço de armazenamento de dados em nuvem. Este serviço consiste em uma nuvem comunitária em que pesquisadores de todo o país armazenam informações sobre suas pesquisas. Alice é uma usuária que armazena, na nuvem, documentos referentes a sua pesquisa. Embora alguns documentos de Alice devam ser mantidos de forma privada (ex. resultados parciais de pesquisas não publicadas) outros não comprometeriam sua privacidade caso fossem acessados por terceiros (ex. artigos e outros documentos referentes a pesquisas publicadas). Bob, por sua vez, é um pesquisador da mesma área de conhecimento que Alice, mas que não a conhece. Nesse contexto, Alice e Bob são usuários que poderiam se beneficiar através do compartilhamento de dados, mas que não são completamente contemplados pelos mecanismos disponíveis. Visto que não se conhecem, tanto Alice quanto Bob não trocariam identificadores entre si. Além disso, o compartilhamento entre esses usuários pode não ser efetivado caso criem *links* públicos para seus arquivos. Isso porque esta forma de compartilhamento não provê meios de divulgação do arquivo publicado a outros usuários da nuvem. Ele apenas remove as restrições de acesso sobre os dados.

Mediante as limitações destacadas, este artigo apresenta um novo mecanismo para o compartilhamento de dados em nuvens de armazenamento. Denominado de compartilhamento por caixas de interesses, ele atua de forma complementar as estratégias tradicionais de compartilhamento e proporciona uma nova forma de colaboração entre usuário do serviço de nuvem. Especificamente, esse mecanismo possibilita que usuários desconhecidos com algum interesse em comum troquem arquivos entre si. Para promover tal compartilhamento, o mecanismo utiliza a tecnologia de deduplicação de dados do serviço de nuvem. Além disso, cada usuário é capaz de controlar o acesso aos seus dados através da utilização de atributos pertencentes a um centro provedor de atributos. Esse provedor é implantado através de serviços de federação de identidade.

Diferentemente de outras abordagens de compartilhamento de dados, como as redes sociais gerais [5] ou profissionais [6][7], esta proposta permite que os usuários usufruam do recurso de armazenamento disponibilizado pelos serviços de nuvem estendendo sua capacidade colaborativa. Além disso, a aplicabilidade do mecanismo proposto não se restringe ao contexto de compartilhamento de dados em nuvens científicas. Ela pode ser estendida para outros tipos de nuvens, permitindo o compartilhamento de dados em outros contextos, como por exemplo, entre pessoas de organizações distintas em uma federação.

Abaixo são listadas as principais contribuições introduzidas por este artigo:

1- Propor um mecanismo de compartilhamento de arquivos que estende a capacidade de colaboração entre usuários de nuvens de armazenamento de dados através do compartilhamento entre usuários que não se conhecem.

2- Propor a utilização da deduplicação de dados como forma de identificação de usuários desconhecidos que apresentam possíveis interesses em comum em nuvens de armazenamento. Essa abordagem usufrui de uma técnica que se difundiu nas nuvens de armazenamento, e auxilia no aprimoramento da capacidade colaborativa dessas plataformas através do mecanismo abordado pelo artigo.

3- Propor um esquema de controle de acesso que permita o compartilhamento controlado em nuvens de armazenamento entre usuários desconhecidos.

4- Apresentar uma discussão inicial sobre o mecanismo proposto.

A organização deste artigo esta conforme descrito a seguir: na Seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados ao tema abordado. Em seguida destaca-se na Seção 3 o conceito de deduplicação de dados. Ele servirá de base para o entendimento do mecanismo proposto neste artigo. Então, na Seção 4 o mecanismo é apresentado e descrito e na Seção 5 é realizada uma discussão inicial sobre ele. Por fim na Seção 6, as considerações finais e o direcionamento para trabalhos futuros são apresentados.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

No contexto comercial, o compartilhamento de dados tornou-se uma das principais estratégias para viabilizar a colaboração entre usuários de nuvens de armazenamento de dados. Sendo amplamente adotado por diversos serviços[3][4][8], em alguns casos, ele é aprimorado viabilizando a edição simultânea e em tempo real de alguns formatos de arquivos[9][10]. Por outro lado, os mecanismos disponibilizados limitam o compartilhamento, pois baseiam-se no modelo de delegação explícita de acesso e de publicação de arquivos conforme introduzidos na seção anterior.

No contexto científico, algumas propostas visam à utilização colaborativa das nuvens de armazenamento de dados. No Brasil, o grupo de trabalho Computação em Nuvem para a Ciência (GT-CNC)[11][12] realiza trabalhos nesse contexto. Eles propõem o desenvolvimento de uma nuvem de armazenamento científica em que os usuários das instituições pertencentes a Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) da Rede Nacional de Pesquisa (RNP) possam usufruir do serviço de forma colaborativa compartilhando dados entre si. Além desse grupo, Koulousis *et al.* [13] também considera a criação de federações de nuvens para promover o compartilhamento de dados científicos no contexto do projeto VPH-Share. Essas propostas têm por objetivo principal unificar recursos de diferentes infraestruturas e assim permitir que os usuários da federação tenham acesso a eles. Contudo, esses trabalhos não apresentam nenhum mecanismo que contemplem o compartilhamento de dados entre usuário com interesses em comum que não se conhecem.

Outras propostas destinam-se a estender a capacidade de colaboração a um escopo mais abrangente de usuários. Chard *et al.*[14] e outros pesquisadores [15][16][17] apresentam o conceito de nuvens sociais. Elas correspondem a um modelo em que recursos de nuvens computacionais podem ser compartilhados com base nos relacionamentos que seus usuários possuem em redes sociais. Desta forma, esse modelo fundamenta-se na confiança que um usuário possui nas pessoas com que se relaciona

e assim promove a troca de informações de forma mais aberta, pois considera todos os laços da rede social para o compartilhamento.

No entanto, esse tipo de compartilhamento ainda se limita a um grupo restrito de usuários. Especificamente, mesmo ampliando a capacidade de compartilhamento por meio de laços existentes nas redes sociais, os usuários que não se conhecem, mas que poderiam compartilhar dados de interesses em comum entre si não são compreendidos nesse modelo.

Christin *et al* [18] apresenta um mecanismo de controle de acesso que amplia a capacidade de compartilhamento compreendendo usuários desconhecidos. O mecanismo denominado de bolhas privadas baseia-se em parâmetros espaço-temporais e permitem, através do uso de dispositivos móveis, o compartilhamento de dados entre usuários que estejam em um mesmo local, mas que não possuem laços sociais. Apesar de não prever o uso de nuvens de armazenamento em seu trabalho, a proposta pode ser estendida para esse contexto. Em contra partida, ela está restrita ao compartilhamento através do uso de dispositivos móveis.

### 3. DEDUPLICAÇÃO

Em nuvens de armazenamento de dados é comum o acúmulo de vários arquivos iguais na infraestrutura do serviço. Por exemplo, dois arquivos de apresentações digitais contendo os mesmos slides. No entanto, ao armazenar o mesmo dado, a nuvem desperdiça espaço. De forma a resolver tal problema, as nuvens utilizam-se de técnicas de deduplicação de dados. Tais técnicas identificam múltiplas cópias de um arquivo e armazenam apenas uma única instância no repositório de dados[19][20].

Comparada com a compressão, a deduplicação é um mecanismo ainda mais atrativo para grandes repositórios. Isso porque enquanto as técnicas de compressão apenas aperfeiçoam o armazenamento tratando a redundância de informações dentro de um arquivo (ex. reduzindo a quantidade de bits para representar um dado), na deduplicação esse tratamento pode ocorrer tanto dentro de um arquivo quanto entre arquivos diferentes com conteúdo igual ou similar (ex. salvando uma única cópia de um fragmento repetido em um ou mais arquivos). Desta forma elevadas taxas de economia dos recursos de armazenamento podem ser obtidas através da deduplicação[21][22]. Mediante esse benefício, ela é uma técnica bastante difundida entre os serviços de armazenamentos de dados em nuvem sendo utilizada por serviços como Dropbox [8] e outros[23][24].

O funcionamento de um mecanismo de duplicação pode ser sintetizado conforme os passos a seguir:

1- Inicialmente é calculado o valor *hash* do arquivo que será enviado. Esse valor representa um identificador único do arquivo e é gerado com base no seu conteúdo através de funções de *hash* criptográfico [25].

2- Esse valor é comparado com outros valores *hashs* referentes aos arquivos armazenados pelo serviço de armazenamento. Esta comparação pode ser realizada tanto pelo cliente do serviço (*source based deduplication*) quanto pelo provedor do serviço (*target based deduplication*).

3- Quando uma cópia é encontrada, o usuário não envia o arquivo. Ele apenas é referenciado no arquivo armazenada no servidor evitando o armazenamento de dados duplicados.

Por outro lado, as técnicas de deduplicação podem ser aplicadas de forma diferentes conforme a necessidade do serviço de armazenamento. Uma das principais distinções entre as técnicas está relacionada com a granularidade da comparação dos dados. Nesse contexto, a deduplicação pode ser categorizada em duas estratégias principais: a deduplicação em nível de arquivo e deduplicação em nível de blocos.

Na deduplicação em nível de arquivo considera-se todo o arquivo para identificar dados redundantes. Isto é, o valor *hash* é calculado com base em todo o conteúdo do arquivo. Neste caso, não é possível a identificação de arquivos que apenas partes similares, mas apenas de arquivos completamente iguais.

Na deduplicação em nível de blocos, por sua vez, o arquivo é fragmentado antes de iniciar a verificação de redundância. Então, cada fragmento tem seu valor *hash* calculado e comparado com os fragmentos armazenados pelo serviço de armazenamento. Esta estratégia possui maior eficiência na detecção de dados iguais, visto que blocos iguais entre dois arquivos que apresentam pequenas diferenças são detectados, deduplicados e apenas os blocos diferentes do novo arquivo são enviados ao repositório de armazenamento.

## 4. O NOVO MECANISMO DE COMPARTILHAMENTO DE DADOS EM NUVEM

Conforme apresentado inicialmente, este artigo propõe um novo mecanismo de compartilhamento de dados para nuvens de armazenamento. Nesta seção esta solução é detalhada. Inicialmente, é introduzida uma visão geral do mecanismo na subseção 4.1. Na subseção seguinte são apresentadas definições preliminares a fim de oferecer suporte ao entendimento do mecanismo. Por fim, o funcionamento do mecanismo é descrito na Subseção 4.3.

### 4.1 Visão Geral

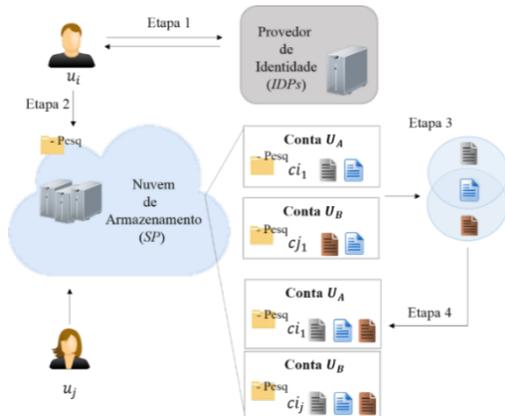
O compartilhamento por caixas de interesses consiste em um mecanismo que permite usuários desconhecidos pertencentes a um mesmo serviço de armazenamento de dados em nuvem compartilharem arquivos de interesses em comum entre si. Esse mecanismo baseia-se na utilização de deduplicação de dados para a identificação de interesses em comum entre usuários. Os usuários armazenam seus dados em estruturas denominadas de caixas de interesses e então os arquivos deduplicados nestas estruturas indicam que outros usuários possuem os mesmos arquivos. Esses usuários são, então, identificados como suscetíveis ao compartilhamento. A partir de então os demais arquivos das caixas de interesses que não foram deduplicados são sugeridos para o compartilhamento de dados.

O mecanismo é realizado por meio da interação entre três elementos principais: uma nuvem de armazenamento, um centro de distribuição de atributos e o conjunto de usuários do serviço de nuvem.

A nuvem de armazenamento é o serviço que os usuários utilizam, através de um cliente de acesso, para armazenar, compartilhar e resgatar arquivos. O centro de distribuição de atributos consiste em uma federação de identidade. Essas federações são formadas a partir de uniões de organizações que desejam compartilhar serviços entre seus usuários, como por exemplo, serviços em nuvem. As federações de identidade gerenciam os usuários

através de provedores de identidade (*Identity Provider - IdP*). Os IdPs disponibilizam as informações de identidade dos usuários aos provedores de serviços da federação (*Service Provider - SP*). Os SPs, por sua vez, são os consumidores das credenciais. Eles permitem o acesso ao seu serviço mediante credenciais válidas. No contexto deste trabalho a nuvem de armazenamento é o serviço que consome as credenciais disponibilizadas pelos IdPs e, portanto, ela representa o SP da federação de identidade.

A Figura 1 apresenta estes componentes assim como uma visão geral do fluxo de interações entre eles.



**Figura 1. Visão Geral do Mecanismo de Compartilhamento de Dados por Caixas de Interesses.**

Conforme se pode observar, as interações ocorrem através de quatro etapas principais. Essas etapas correspondem ao funcionamento do mecanismo de compartilhamento por caixas de interesses.

Na primeira etapa o usuário realiza a autenticação e a obtenção de seus atributos. Neste artigo considera-se que a federação prove o serviço de identidade por meio do protocolo SAML 2.0 (*Security Assertion Markup Language*) [26]. Este protocolo oferece tanto a disponibilização de atributos dos usuários quanto a capacidade de autenticação única entre domínios diferentes (*Single Sing On - SSO*). Ele representa um dos principais protocolos suportado pelas soluções de identidade federada [27][28]. Após esta etapa o usuário possui acesso a nuvem de armazenamento de dados.

Na segunda etapa o usuário cria sua caixa de interesse. Concretamente, essas estruturas são representadas por pastas ou elementos semelhantes existentes em nuvens de armazenamento de dados (ex. *buckets, contêineres*). As caixas de interesses se distinguem das pastas através da adição de metadados gerais e específicos que as caracterizam. Os metadados gerais definem uma pasta como uma caixa de interesse e também podem agregar outras informações a ela, como por exemplo, a data de criação e uma descrição. Os metadados específicos são os atributos que o usuário possui na federação. Eles são obtidos na primeira etapa quando o usuário e interage com o serviço de identidade federada.

A fim de promover o compartilhamento, o usuário deve adicionar arquivos na caixa de interesse. Ao adicioná-los, eles se tornam disponíveis para que outros usuários possam obtê-los quando identificados como potenciais receptores. Para controlar a disponibilização dos dados compartilhados, o usuário deve incluir os metadados específicos da caixa de interesse. Desta forma, apenas caixas de interesses com atributos iguais aos da

caixa do detentor do arquivo receberão os dados. Além disso, o usuário pode tornar o compartilhamento indisponível removendo o arquivo da caixa de interesse.

Na terceira etapa, o serviço de nuvem atua na identificação de possíveis usuários receptores do compartilhamento. Para isso, ela conta com um componente denominado de Gerenciador de Caixas de Interesse. Esse componente é responsável por encontrar outros usuários que possuam caixas de interesse compatíveis com a caixa do arquivo adicionado na etapa 2.

Por fim, a nuvem promove o compartilhamento dos arquivos na etapa 4. Ela obtém informações de caixas de interesses em comum interagindo com o componente gerenciador. Em seguida, ela sugere o compartilhamento entre os usuários com base nas informações obtidas. O compartilhamento, por sua vez, apenas será efetivado mediante a aceitação do usuário receptor. Desta forma, o receptor pode controlar quais arquivos ele recebe pelo compartilhamento.

## 4.2. Definições

Nesta seção são introduzidas as principais notações e definições utilizadas na descrição do mecanismo na Seção 4.3.

**Definição 1. (Nuvens de Armazenamento de Dados)** Uma Nuvem de Armazenamento é uma 4-upla  $CSP = \langle U, F, P, R \rangle$ . Em que:

- $U$  é o conjunto de todos os usuários  $u_i$  da nuvem,  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ , ( $1 \leq i \leq n$ ).

- $F$  é o conjunto de todos os arquivos  $f_i$  armazenados na nuvem,  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ , ( $1 \leq i \leq n$ ).

- $P$  é o conjunto de todos os diretórios  $p_i$  existentes na nuvem,  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ , ( $1 \leq i \leq n$ ).

- $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$  é o conjunto de todas as relações de posse que os usuários possuem sobre seus dados, tal que  $r_i = \{ri_1, ri_2, \dots, ri_m\}$  ( $1 \leq i \leq n$ ) representa a relação de posse de cada arquivos e pasta pertencente a um usuário  $u_i$  da nuvem. O valor  $ri_k$  é a  $k$ -ésima relação de posse de  $u_i$  ( $1 \leq k \leq m$ ). Ele é definido pelo par  $(u_i: f_i)$  e pelo par  $(u_i: p_i)$ ,  $f_i \in F$ ,  $p_i \in P$  e  $u_i \in U$ .

Acima é introduzida a definição de nuvem de armazenamento adotada neste artigo. Ela é apresentada com base em quatro elementos existentes na nuvem: um conjunto de usuários, um conjunto de arquivos, um conjunto de diretórios e um conjunto de relacionamentos de posse de dados. Essa notação pode ser representada como um grafo bipartido direcionado em que um conjunto de vértices representa os usuários do serviço e outro conjunto distinto de vértices representam os dados dos usuários. As arestas do grafo representam o relacionamento de posse de arquivos e de diretórios que os usuários possuem.

Esta definição destaca a visão de colaboração existente nas nuvens de armazenamento, pois apresenta um conjunto de conexões de compartilhamento de arquivos que ocorrem quando dois ou mais usuários estão conectados a um mesmo nó. Através dela é possível abstrair esses serviços a partir dos principais componentes envolvidos no mecanismo proposto.

**Definição 2. (Caixas de Interesses)** Seja  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  o conjunto de diretórios existentes na nuvem CSP e seja  $CI$  o subconjunto  $CI = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$   $CI \subseteq P$  de todas as caixas de interesses da nuvem. O elemento  $p_i \in P$  ( $1 \leq i \leq n$ ) é uma caixa

de interesse  $c_i \in CI$  ( $1 \leq i \leq m$ ) se possuir os metadados gerais e atributos  $Att_j$  como metadados específicos ( $Att_j \geq 1$ ).

A Definição 2 caracteriza as estruturas definidas neste artigo como caixas de interesses. Ela captura a noção de que essas caixas são criadas a partir de metadados gerais e metadados específicos definidos nelas. Esses metadados são importantes em dois aspectos. O primeiro é que eles distinguem as caixas de interesses de outras estruturas (ex. pastas). O segundo é que através deles o usuário é capaz de refinar o controle de acesso sob seus arquivos.

Conforme apresentado na Subseção 4.1, os atributos são disponibilizados pelos serviços de identidade federada. Considera-se então que cada usuário  $u_i$  apresenta um conjunto de atributos na federação. Esse conjunto é representado como um vetor  $Att_j$  que possui a forma:  $[A_1(i), A_2(i), \dots, A_n(i)]$ .  $A_k(i)$  é o  $k$ -ésimo atributo de  $u_i$  ( $1 \leq k \leq n$ ). Cada atributo é representado por um par no formato  $\langle propriedade: valor \rangle$ ,  $A_k(i) = \langle Prop_i = Pval_i \rangle$ . Nos casos em que um usuário possui mais de um valor para um mesmo atributo (atributo multivalorado), considera-se um par para cada valor, isto é,  $\langle Prop_i = Pval_i \rangle e \langle Prop_i = Pval_{i+1} \rangle$  indicam que  $Prop_i$  possui os valores  $Pval_i$  e  $Pval_{i+1}$ .

Portanto, para fins de exemplificação, uma caixa de interesse  $c_i$  de um usuário  $u_i$  que possui o atributo conforme a Figura 2, possui o par  $\langle eduPersonAffiliation = student \rangle$  como metadado.

```
<saml:Attribute
  Name="urn:oid:1.5.7.1.4.1.5453.3.3.2.1"
  FriendlyName="eduPersonAffiliation">
  <saml:AttributeValue>
    Student</saml:AttributeValue>
</saml:Attribute>
```

**Figura 2. Exemplo de Atributo de Federação de Identidade (Exemplo Simplificado).**

**Definição 3. (Compartilhamento Baseado em Interesses em Comum)** Seja  $c_i$  e  $c_j$  duas caixas de interesses pertencentes a usuários distintos. Seja  $CIF_i$  e  $CIF_j$  o conjunto de arquivos existentes em  $c_i$  e  $c_j$  respectivamente. O compartilhamento baseado em interesses em comum ocorre quando  $CIF_i \cap CIF_j \neq \emptyset$ . Então,  $c_i$  será adicionada dos elementos  $CIF_j - CIF_i \cap CIF_j$ , e  $c_j$  será adicionada dos elementos  $CIF_i - CIF_i \cap CIF_j$ .

A definição acima apresenta a noção de compartilhamento baseado em interesses em comum introduzida neste artigo. Em outras palavras, esse tipo de compartilhamento ocorre quando os usuários envolvidos apresentam um ou mais arquivos em comum nas suas caixas de interesses. Satisfeita essa condição, os arquivos distintos em ambas podem ser compartilhados com o outro usuário.

A concepção por trás desta forma de compartilhamento é que os usuários que possuem arquivos iguais entre si, agrupam arquivos de um mesmo assunto (ou assuntos similares) em suas caixas de interesses. Portanto, os arquivos compartilhados podem se referir a um interesse em comum dos usuários, isto é, o interesse por um mesmo assunto.

### 4.3. Funcionamento do Mecanismo

Nesta seção são descritas as etapas introduzidas na Seção 4.1. Nelas são utilizadas notações para o detalhamento do mecanismo. Essas notações são apresentadas na tabela abaixo:

**Tabela 1. Notações dos elementos envolvidos na descrição do mecanismo.**

$CSP$	Serviço de armazenamento de dados em nuvem. Ele é o $SP$ da federação.	$cf_i$	Arquivo incluído em uma caixa de interesse. Ele será fragmentado em $k$ partes pelo mecanismo de deduplicação para ser armazenado em nuvem ( $1 \leq i \leq n$ , $cf_i \in CIF$ , $ CIF  = n$ )
$FedIDP$	Serviço de identidade federada. Ele disponibiliza o $IDP$ da federação.	$cf_{ij}$	Parte de $cf_i$ que será enviada para a nuvem, $0 \leq j \leq k$ .
$CIGer$	Serviço gerenciador de caixas de interesses.	$H(cf_i)$	Valor <i>hash</i> de $cf_i$ .
$ID, Att$	Credencial de acesso e atributos do usuário.	$H(cf_{ij})$	Valor <i>hash</i> de $cf_{ij}$ .
$Dedup(.)$	Função de deduplicação de dados.	$CI_{comp}$	Conjunto de caixas de interesses que possuem os mesmos atributos que $c_i$ , $CI_{comp} \subseteq CI$
$H(.)$	Função <i>Hash</i> aplicada sobre o arquivo e seus fragmentos. Ela pode ser compreendida como função que gera um <i>token</i> único que representa um arquivo.	$CI_{selec}$	Conjunto de caixas de interesses selecionadas por $u_i$ , $CI_{selec} \subseteq CI_{comp}$ .
$u_i$	Usuário do serviço de armazenamento de dados em nuvem ( $1 \leq i \leq n$ , $u_i \in U$ , $ U  = n$ ).	$H_{comp}$	Conjunto de todos os $H(cf_{ij})$ de $CI_{selec}$ .
$c_i$	Caixa de Interesses de um usuário $u_i$ ( $1 \leq i \leq n$ , $c_i \in CI$ , $ CI  = n$ ).	$F_{comp}$	Conjunto de arquivos recebidos através do compartilhamento $F_{comp} \subseteq F$ .

## I. Etapa de Autenticação e Obtenção de Atributos

A autenticação e obtenção de atributos consistem na primeira etapa do mecanismo. Nela o usuário autentica-se utilizando o serviço de identidade federada. Após isso, ele obtém seus atributos na federação assim como o acesso a nuvem. O procedimento de autenticação ocorre conforme o padrão adotado pelo protocolo SAML. A Figura 3 sintetiza esta etapa:

$$\begin{aligned} \text{Operação 1: } & u_i \rightarrow CSP \\ \text{Operação 2: } & CSP \xrightarrow{u_i} FedIDP \\ \text{Operação 3: } & FedIDP \xrightarrow{Att, ID} u_i \\ \text{Operação 4: } & u_i \xrightarrow{Att, ID} CSP \end{aligned}$$

**Figura 3. Etapa de Autenticação e Obtenção de Atributos (Resumo)**

Inicialmente o usuário  $u_i$  solicita acesso ao serviço de armazenamento de dados em nuvem  $CSP$  (Operação 1). Então, a nuvem redireciona o usuário para um  $IDP$  da federação para que ele se autentique e obtenha acesso ao serviço (Operação 2). Obtendo sucesso na autenticação, o usuário recebe sua credencial e seus atributos (Operação 3) e então comunicasse com a nuvem novamente para acessar seu espaço de armazenamento (Operação 4).

## II. Etapa de Criação de Caixas de Interesses

Após a Etapa 1, o usuário encontra-se autenticado e também possui seus atributos. Nesta segunda etapa ele se comunica com o serviço de armazenamento de dados em nuvem e define metadados em um diretório transformando-o em uma caixa de interesse. A partir de então, quando o usuário incluir arquivos neste diretório, o serviço de nuvem utiliza o componente  $CIGer$  para registrar os arquivos pertencentes a ele.

A Figura 4 apresenta o funcionamento desta etapa.

$$\begin{aligned} \text{Operação 1: } & u_i \xrightarrow{c_i} CSP \\ \text{Operação 2: } & CSP \xrightarrow{u_i, c_i, att} CIGer \\ \text{Operação 3: } & u_i \xrightarrow{H(cf_i), H(cf_{ij})} CSP \\ \text{Operação 4: } & CSP \text{ computa:} \\ & \quad \text{Dedup}(cf_{ij}), \forall j, 0 \leq j \leq k; \\ \text{Operação 5: } & CSP \xrightarrow{H(cf_i), H(cf_{ij})} CIGer \end{aligned}$$

**Figura 4. Etapa de Criação de Caixas de Interesses (Resumo)**

A etapa é iniciada pelo usuário quando ele cria uma caixa de interesses na nuvem (Operação 1). Para isso ele seleciona um diretório na nuvem e define seus metadados. Os metadados gerais que podem ser definidos são nome, data de criação e descrição para caixa de interesse. Os metadados específicos são os atributos  $Att$  da federação. Em seguida,  $CSP$  informa o componente  $CIGer$  que o usuário  $u_i$  criou a caixa de interesse  $c_i$  assim como os atributos definidos nela (Operação 2).  $CIGer$  registra esses dados para manter o conhecimento das caixas de interesses criadas.

Após definir uma caixa de interesse, o usuário pode seguir o procedimento de envio de arquivos de forma idêntica ao envio para um diretório qualquer. Devido ao mecanismo de deduplicação da nuvem, o arquivo é fragmentado em pedaços antes de ser enviado e também são calculados os valores  $hash$

$H(cf_i)$  e  $H(cf_{ij})$ . Esses valores são, então, enviados para a nuvem  $CSP$  (Operação 3).

Ao receber  $H(cf_i)$  e  $H(cf_{ij})$ ,  $CSP$  verifica se esses dados já existem na nuvem aplicando a deduplicação de dados (Operação 4). O  $CSP$  termina esta etapa enviando  $H(cf_i)$  e  $H(cf_{ij})$  ao componente  $CIGer$ . Desta forma, este componente mantém o controle dos arquivos existentes nas caixas de interesses da nuvem registrando as relações de posse daquele usuário (isto é, o par  $(u_i; f_i)$ ).

Caso o arquivo não seja deduplicado, o  $CSP$  apenas envia  $H(cf_i)$  e  $H(cf_{ij})$  ao componente  $CIGer$  e não realiza as etapas seguintes. Isso porque o arquivo ainda não existe na nuvem e portanto não existem caixas de interesses com arquivos em comum para realizar o compartilhamento. Caso contrário a Etapa 3 é iniciada.

## III. Etapa de Identificação de Usuários

Na etapa de identificação de Usuários apenas o  $CSP$  e o componente  $CIGer$  estão envolvidos. De forma geral, ela consiste em um processamento realizado pelo  $CIGer$  para a identificação de caixas de interesses que possuem um arquivo em comum e na notificação da existência dessas caixas para a nuvem.

Se  $CSP$  encontrou armazenado todos os  $H(cf_{ij}), \forall j, 0 \leq j \leq k$

Operação 1:  $CIGer$  procura pelas caixas de interesses associadas a  $H(cf_i)$  que possuam atributos  $att$  iguais ao de  $c_i$  de  $u_i$ .

$$\text{Operação 2: } CIGer \xrightarrow{CComp} CSP$$

**Figura 5. Etapa de Identificação de Usuários (Resumo)**

A identificação de potenciais usuário para o compartilhamento ocorre através da busca por caixas de interesses definidas por outros usuários da nuvem. Essa busca é realizada através do valor  $H(cf_i)$  (Operação 1). Ao encontrar o  $hash$  do arquivo, o componente  $CIGer$  obtém as caixas que também possuem o mesmo arquivo e atributos em comum.

Isso é possível, pois, conforme apresentado na descrição das etapas anteriores, o  $CIGer$  é notificado sobre a existência de uma caixa de interesses toda vez que ela é criada, assim como é notificado sobre arquivos que ela possui no momento em que eles são adicionados nela.

Tendo resgatado as caixas de interesses em comum,  $CIGer$  envia essa informação ao  $CSP$  e então se inicia a Etapa 4.

## IV. Compartilhamento de Dados

Esta consiste na última etapa do mecanismo. Nela o componente  $CIGer$  notifica o serviço de armazenamento em nuvem quando encontrar caixas de interesses com arquivos em comum. A nuvem por sua vez, notifica o usuário e, mediante seu aceite, promove o compartilhamento de dados de uma caixa de interesse para outra.

A Figura 6 apresenta o protocolo de funcionamento desta etapa.

$$\begin{aligned} \text{Operação 1: } & CSP \xrightarrow{CComp} u_i \\ \text{Operação 2: } & u_i \xrightarrow{Cselec} CSP \\ \text{Operação 3: } & CSP \xrightarrow{Cselec} CIGer \end{aligned}$$

Operação 4:  $CIGer \xrightarrow{HComp} CSP$

Operação 5:

$CSP$  obtém para cada elemento de  $HComp$

$cf_{ij}$  a partir de cada  $H(cf_{ij}) \quad \forall i, 1 \leq i \leq n$

$cf_i$  a partir de cada  $cf_{ij}, \forall i, 1 \leq i \leq n$

Operação 6:  $CSP \xrightarrow{Fcomp} u_i$

### Figura 6. Etapa de Compartilhamento de Dados (Resumo)

Inicialmente, o serviço de nuvem realiza a *Operação 1* do fluxo acima. Esta operação refere-se a disponibilização da lista de caixas de interesses encontradas na Etapa III para o usuário que adicionou um arquivo na sua caixa de interesses conforme apresentado na Etapa II. O serviço de nuvem  $CSP$  sugere as caixas encontradas e aguarda o aceite do usuário. O usuário por sua vez, pode aceitar apenas aquelas que desejar. Desta forma, apenas a solicitação de compartilhamento com as caixas de interesses aceitas por  $u_i$  são encaminhadas para a nuvem (*Operação 2*).

Recebendo as caixas de interesses que o usuário deseja ter disponíveis para si, o  $CSP$  realiza a *Operação 3* e as encaminha para  $CIGer$ . O componente  $CIGer$  procura as caixas de interesse contidas na lista recebida e retorna os valores *hashs* dos fragmentos referentes aos arquivos incluídos nelas (*Operação 4*). Na *Operação 5*,  $CSP$  toma conhecimento do(s) arquivo(s)  $cf_i$  que será(m) disponibilizado(s) ao usuário encontrando os fragmentos  $cf_{ij}$  a partir dos valores  $H(cf_{ij})$ . Então, por fim,  $CSP$  disponibiliza os arquivos pertencentes as caixas de interesses aceitas por  $u_i$  (*Operação 6*). Antes do envio dos arquivos, a nuvem se sincroniza com o usuário (ex. comunicando-se com um aplicativo cliente) e verifica quais arquivos já existem na caixa de interesse dele, enviando desta forma apenas aqueles que não existem nela.

## 5. DISCUSSÃO INICIAL

Conforme se observa na Seção 4, o mecanismo proposto apresenta alguns elementos essenciais para sua realização. A nuvem de armazenamento e a federação de identidade, em particular, possuem papel fundamental nesse contexto, pois atuam como o repositório de execução do compartilhamento e como o centro provedor de atributos respectivamente. Desta forma, algumas considerações relativas ao funcionamento e ao cenário de implantação do mecanismo por meio desses elementos são apresentadas nesta seção.

A primeira consideração está relacionada com a forma de deduplicação utilizada. De acordo com o apresentado na Seção 3, a deduplicação pode ocorrer de duas formas. No compartilhamento por caixas de interesses considera-se a deduplicação em nível de blocos. Essa decisão está em concordância com o tipo de deduplicação que vem sendo utilizada pelos serviços de armazenamento nuvem, como é o caso, por exemplo, do Dropbox [8], e do Mozy [23]. Assim, o mecanismo proposto possui aderência ao contexto dos serviços de nuvem possibilitando maior facilidade de implantação em um cenário real, como por exemplo, através em uma plataforma de nuvem de código aberto.

Além disso, o mecanismo pode ser facilmente adaptado para ser executado com a abordagem de deduplicação em nível de arquivo. Para isso, é necessário que o mecanismo inicie a Etapa III caso

encontre diretamente  $H(cf_i)$ . e não os valores  $H(cf_{ij})$ . Desta forma há uma maior flexibilidade na aplicação do compartilhamento em outros cenários, como por exemplo, outros serviços de armazenamento de dados que utilização a deduplicação de arquivos inteiros.

Outra consideração está relacionada com a utilização de federações de identidade como centro de distribuição de atributos. Esses serviços têm sido amplamente adotados por diversas instituições [29][30][31] e são capazes de oferecer tanto a autenticação quanto os atributos através de um único serviço diminuindo a complexidade gerenciamento de ambos.

Além disso, a utilização desses serviços permite que a implantação do mecanismo seja flexibilizada para nuvens com diferentes modelos de implantação. Em outras palavras, através da utilização de federações de identidade o mecanismo de compartilhamento por caixas de interesses pode ser implantado tanto no contexto de nuvens privadas e comunitárias quanto no de nuvens públicas.

Em nuvens privadas e comunitárias, é desejável que apenas os usuários das organizações envolvidas possam realizar o compartilhamento. Neste cenário pode se utilizar um serviço de identidade federada mantido pelas organizações, limitando o escopo de compartilhamento entre seus usuários. Um possível cenário de aplicação nesse contexto seria a implantação do compartilhamento por caixas de interesses em uma nuvem comunitária de pesquisa. Os seus usuários seriam professores e pesquisadores que armazenam suas pesquisas (ex. artigos publicados) nas suas caixas de interesses e assim colaborariam compartilhando-as com outros pesquisadores que pesquisam sobre um tema em comum.

Em contra partida, as federações organizacionais não contemplam o cenário de utilização de nuvens públicas em que há a necessidade de compartilhamento entre usuários do público em geral. Neste caso é necessário um serviço de identidade federada público como centro provedor de atributos. Para atender esse contexto, o mecanismo pode ser implantado para atuar utilizando as redes sociais como centro provedor de atributos. Isso é possível pois grande parte delas também utilizam protocolos de autenticação federada, como o OAuth [32], para fornecer a autorização de acesso a recursos de seus usuários para terceiros. Exemplificando com a rede social Facebook[5], os recursos disponibilizados são as propriedades dos perfis de usuários [33], tais quais sua localização e o seu local de estudo, por exemplo. Essas propriedades seriam os atributos que os usuários adicionariam as suas caixas de interesses. Através desses novos centros de distribuição de atributos o mecanismo amplia sua abrangência viabilizando o compartilhamento por interesses em comum além do contexto organizacional.

## 6. CONCLUSÃO

Neste artigo foi proposto um novo mecanismo para o compartilhamento de dados entre usuários desconhecidos de serviços de armazenamento de dados em nuvem. O compartilhamento por caixas de interesses usufrui da técnica de deduplicação utilizada pelo provedor de nuvem e fornece a capacidade de compartilhamento controlado de arquivos. Desta forma, os provedores não só se beneficiam da utilização racional de recursos de armazenamento, como também podem oferecer uma forma complementar de colaboração aos seus usuários.

Por fim, ressalta-se que este trabalho é apenas o esforço inicial de se obter um mecanismo que viabilize o compartilhamento de dados de forma mais ampla entre os usuários. Como trabalhos futuros, prevê-se o desenvolvimento de um protótipo do mecanismo proposto. A partir dele, então, a realização de um estudo sobre diversos aspectos, tais quais, a avaliação da eficácia de colaboração, através do teste do mecanismo em um cenário real com um grupo de usuários, a análise de desempenho do mecanismo e a capacidade de estender o funcionamento do mecanismo utilizando serviços de nuvem diferentes, como por exemplo, nuvens híbridas. Por meio deste estudo poderão ser identificadas possíveis melhorias e extensões para a proposta.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Borgmann M., Hahn T., Herfert M., Kunz T., Richter M., Viebeg U. e Vowe S., “On the Security of Cloud Storage Services,” 2012. [Online]. Available: [https://www.sit.fraunhofer.de/fileadmin/dokumente/studienund\\_technical\\_reports/Cloud-Storage-Security\\_a4.pdf](https://www.sit.fraunhofer.de/fileadmin/dokumente/studienund_technical_reports/Cloud-Storage-Security_a4.pdf). [Acesso em abril 2014].
- [2] Mell. P. e Grance. T., “The NIST Definition of Cloud Computing,” 2011. [Online]. Available: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>.
- [3] “Overview of Managing Access - Amazon S3,” [Online]. Available: <http://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/dev/access-control-overview.html>. [Acesso em abril 2014].
- [4] “Role Based Access Control - Rackspace Cloud Files,” [Online]. Available: <http://docs.rackspace.com/files/api/v1/cf-devguide/content/RBAC.html>. [Acesso em abril 2014].
- [5] “Facebook,” [Online]. Available: <http://www.facebook.com>. [Acesso em agosto 2014].
- [6] “ResearchGate,” [Online]. Available: <http://www.researchgate.net/>. [Acesso em agosto 2014].
- [7] “Academia.edu,” [Online]. Available: <http://academia.edu>. [Acesso em agosto 2014].
- [8] “Dropbox,” [Online]. Available: <http://www.dropbox.com>. [Acesso em abril 2014].
- [9] “Box,” [Online]. Available: <http://www.box.com>. [Acesso em abril 2014].
- [10] “Google Drive,” [Online]. Available: <drive.google.com>. [Acesso em abril 2014].
- [11] Diniz, T. F.S., Silva, C. E. e Araujo R., “Integrando o Openstack Keystone com Federações de Identidade,” *Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e Sistemas Computacionais*, pp. 465-474, 2013.
- [12] Silva L., Silva F., Araujo R., Diniz, T. F.S. e Silva, C. E., “Estudo de Caso: Integração de Clientes de Nuvem Openstack Swift com Federação de Identidade,” *Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e Sistemas Computacionais*, pp. 455-464, 2013.
- [13] Kolouzis S., Cuching R., Bellloun A. e Bubak, M., “Cloud Federation for Sharinh Scientific Data,” 8<sup>th</sup> International eScience 2012 Conference on, 2012.
- [14] K. Chard, K. Bubendorfer, S. Caton e O. F. Rana, “Social Cloud Computing: A Vision for Socially Motivated Resource Sharing,” *Services Computing, IEEE Transactions on*, pp. 551 - 563, 2012.
- [15] Thaufeeg A. M., Bubendorfer K. e Chard K., “Collaborative eResearch in a Social Cloud,” *E-Science (e-Science), 2011 IEEE 7th International Conference on*, pp. 224 - 231, 2011.
- [16] John K., Bubendorfer K. e Chard K., “A Social Cloud for Public eResearch,” *E-Science (e-Science), 2011 IEEE 7th International Conference on*, pp. 363 - 370, 2011.
- [17] Punceva M., Rodero I., Parashar M., Rana O. F. e Petri I., “Incentivising Resource Sharing in Social Clouds,” *Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE), 2012 IEEE 21st International Workshop on*, pp. 185 - 190, 2012.
- [18] Christin D., López P. S., Reinhardt A. e Hollick M., “Share with strangers: Privacy bubbles as user centered privacy control for mobile content sharing applications,” *Information Security Technical Report*, p. 105–116, 2013.
- [19] C. Bo, Z. F. Li e W. Can, “Research on Chunking Algorithms of Data De-duplication,” *Proceedings of the 2012 International Conference on Communication, Electronics and Automation Engineering*, pp. 1019-1025, 2013.
- [20] D. Mishra e S. Sharma, “Comprehensive study of data de-duplication,” *International Conference on Cloud, Big Data and Trust 2013*, 2013.
- [21] D. Meister, J. Kaiser, A. Brinkmann, T. Cortes, M. Kuhn e J. Kunkel, “A study on data deduplication in HPC storage systems,” *High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC), 2012 International Conference for*, pp. 1-11, 2012.
- [22] K. Jin e E. L. Miller, “The Effectiveness of Deduplication on Virtual Machine Disk Images,” *SYSTOR '09 Proceedings of SYSTOR 2009: The Israeli Experimental Systems Conference*, 2009.
- [23] “Mozy” [Online]. Available: <https://mozy.com/>. [Acesso em abril 2014].
- [24] “Memopal” [Online]. Available: <http://www.memopal.com/pt-br/>. [Acesso em abril 2014]
- [25] “Secure Hash Standart”. [Online] Available: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips180-4/fips-180-4.pdf> [Acesso em abril 2014]
- [26] “SAML Especifications,” [Online]. Available: <http://saml.xml.org/saml-specifications>. [Acesso em abril 2014].
- [27] “CAS Federation,” [Online]. Available: <http://www.uky.edu/ukit/iog/cas>. [Acesso em abril 2014].
- [28] “Shibboleth,” [Online]. Available: <https://shibboleth.net/>. [Acesso em abril 2014].

- [29] “CAFe - Comunidade Acadêmica Federada” [Online]. Available: <https://portal.rnp.br/web/servicos/cafe>. [Acesso em abril 2014].
- [30] “CANARIE - Canadian Access Federation,” [Online]. Available: <http://www.canarie.ca/en/caf/join>. [Acesso em abril 2014].
- [31] “InCommon Federation,” [Online]. Available: <http://www.incommonfederation.org/>. [Acesso em abril 2014].
- [32] Hardt D. “The Oauth Autorization Framework”. Available: <http://tools.ietf.org/html/rfc6749> [Acesso em abril 2014].
- [33] “Facebook Graph API Reference User”. [Online] Available: <https://developers.facebook.com/docs/graph-api/reference/v2.0/user>[Acesso em abril 2014]

# Usando Pesquisa-ação no Desenvolvimento de um Sistema Colaborativo para Tratamento Multidisciplinar na Rede do SUS

Luciana Pereira de  
Araújo  
Departamento de Ciência da  
Computação – Universidade  
do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
luciana.pda@gmail.com

Carla Diacui Medeiros  
Berkenbrock  
Departamento de Ciência da  
Computação – Universidade  
do Estado de Santa Catarina  
(UDESC)  
carla.berkenbrock@udesc.br

Mauro Marcelo Mattos  
Lab. de Desenvolvimento e  
Transferência de Tecnologias  
(LDTT) – Universidade  
Regional de Blumenau  
(FURB)  
mattos@furb.br

## ABSTRACT

This paper presents the research performed during the construction of a collaborative system to improve the communication between multidisciplinary care teams of public health at Blumenau city. Participatory design techniques are used in the system project in order to involve the users in the development of a multidisciplinary treatment module. This paper also uses the action research method to expand the scientific knowledge based on a local problem. The results show that users interaction provides improvements in the system design.

## RESUMO

O artigo apresenta a pesquisa realizada durante a construção de um sistema colaborativo para melhorar a comunicação entre equipes de tratamento multidisciplinar na área da saúde na cidade de Blumenau. Foram utilizadas técnicas do design participativo com o objetivo de envolver usuários e projetistas durante o projeto de um módulo de tratamento multidisciplinar. O artigo também utiliza a pesquisa-ação como método para ampliar o conhecimento científico com base em um problema local. Os resultados mostram que a interação entre os usuários a partir do design participativo permitiu melhorias durante o projeto do sistema.

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme Peduzzi (2001) [1], a proposta do trabalho em equipe tem sido veiculada como estratégia para enfrentar o intenso processo de especialização na área da saúde.

Neste contexto, Tratamento Multidisciplinar (TM) é o atendimento prestado a um paciente por uma equipe de agentes de diferentes áreas profissionais que realizam múltiplas intervenções técnicas, bem como atuam conjuntamente atra-

vés da articulação dos trabalhos especializados. Esta atuação conjunta ocorre através de reuniões periódicas sobre um plano terapêutico criado para o paciente. Nesse plano os profissionais anotam os cuidados que estão sendo prestados ao paciente [2].

Conforme Matumoto (2004) [3], a constituição de uma equipe de saúde não se estabelece somente pela alocação de trabalhadores de diferentes categorias atuando em um único espaço. Essa equipe também é constituída da promoção de canais de interação constantes para a realização de tarefas assistenciais, do atendimento integral, da reconstrução dos modos de lidar com os saberes e disciplinas necessárias para o atendimento em saúde.

Existem equipes normalmente voltadas a um problema específico ou a uma determinada faixa etária, tais como grupo de acompanhamento a diabéticos ou grupo de atenção ao idoso. Contudo, devido às limitações na infraestrutura de TI, cada profissional precisa anotar as ações tomadas, bem como a previsão de ações futuras a serem aplicadas ao paciente, para posteriormente conversar com a equipe durante os encontros periódicos. Eventualmente podem ocorrer encontros casuais que propiciam a troca de informações informalmente.

Desde meados de 2011, Blumenau vem investindo na construção de um sistema de gestão de saúde pública, denominado PRONTO. Esse sistema tem por objetivo viabilizar um atendimento de melhor qualidade no contexto do Sistema Único de Saúde.

Um dos objetivos deste trabalho é apresentar o projeto do sistema colaborativo com suporte ao atendimento multidisciplinar baseado em design participativo que está em desenvolvimento no escopo do projeto PRONTO.

A técnica de design participativo possibilita que os profissionais da saúde que utilizarão o sistema possam opinar durante o processo de construção do mesmo, permitindo que as funcionalidades necessárias para a realização de suas atividades estejam abrangidas no sistema. Apesar de ser um tipo de método já consolidado para sistemas interativos monousuários, ainda não existem subsídios suficientes para afirmar se o método é eficiente para sistemas colaborativos. Dessa forma,

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

outro objetivo do trabalho é verificar se o design participativo contribui para se projetar um sistema colaborativo, buscando sua consolidação nessa área.

Para a construção e avaliação da pesquisa foi utilizado o método de pesquisa-ação que busca resolver um problema local a fim de promover o crescimento científico. Dessa forma, o trabalho usa a pesquisa-ação como um método ainda novo na construção de sistemas colaborativos.

O artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta trabalhos relacionados com a pesquisa. A seção 3 apresenta o contexto do projeto. A seção 4 apresenta o design participativo. Na seção 5 é apresentada a pesquisa-ação bem como os ciclos de pesquisa realizados. A seção 6 mostra os requisitos elencados durante os ciclos de pesquisa. Por fim, a seção 7 apresenta as conclusões.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foram estudados trabalhos que envolveram o design participativo durante sua construção. São investigados sistemas voltados para a saúde, bem como sistemas que proporcionam o trabalho em grupo.

Hwang, Truong & Mihailidis (2012) [4] apresentam um sistema para auxiliar idosos com demência a realizar suas atividades de forma independente. Para a construção do sistema, o design participativo foi utilizado com uma equipe de seis idosos com demência em duas fases de design. Na primeira fase os autores realizaram duas seções de design participativo com o mesmo grupo. As seções ocorreram com um intervalo de seis meses. A primeira teve por objetivo passar o entendimento do projeto para os participantes e permitir que eles dessem sua opinião. Já a segunda sessão teve como objetivo capturar a opinião dos participantes com relação ao design da ferramenta, bem como saber sua opinião. As duas seções usaram reunião, vídeo e gravação de áudio para uma avaliação posterior. Na segunda fase do design participativo foi realizada uma avaliação de usabilidade sobre o protótipo apresentado com os mesmos participantes. Os autores concluem que o design participativo obteve sucesso para o desenvolvimento do sistema e que os participantes se sentiram entusiasmados em participar da construção e de utilizar o sistema posteriormente.

Castela et al. (2013) [5] apresentam o desenvolvimento e avaliação de uma interface para um sistema de escalonamento. Para a realização do sistema foi proposto um método colaborativo de atualização dinâmica do modelo de negócios. Nesse método, os atores organizacionais envolvidos no processo da construção do sistema monitoraram de forma contínua as atividades desenvolvidas, bem como atualizaram constantemente a representação gráfica do sistema no modelo de negócios. Conforme as sugestões dos envolvidos e as anotações realizadas por eles, o sistema pode ser atualizado gerando novas versões do modelo de negócios. Ao término dos estudos, os autores concluem que os atores envolvidos conseguiram identificar alterações no decorrer do desenvolvimento do projeto. Dessa forma, o método colaborativo na construção do sistema foi eficiente e pode permitir a inserção direta dos usuários na validação do modelo.

Mushtaq & Hall (2009) [6] apresentam um estudo realizado

com agentes de saúde em sistemas de saúde na Índia. Esses sistemas utilizaram o design participativo durante sua concepção, mas não obtiveram sucesso. Conforme o estudo realizado, o problema da utilização do design participativo na construção desses sistemas foi a forma com que a técnica foi aplicada. Para os autores, ao utilizar o design participativo, devem ser inseridos no contexto usuários que realmente utilizarão o sistema e estes devem ser designers do projeto, ou pelo menos, auxiliar fortemente no design da aplicação. Além disso, esses participantes devem conhecer de tecnologia de informação, ou serem apresentados ao contexto a ser estudado. Devem saber o que a população que utilizará o sistema precisa, bem como conhecer os problemas reais já existentes.

Os trabalhos apresentados utilizam o design participativo para sua construção. Dois deles apresentam resultados positivos para a construção do sistema colaborativo, porém o último trabalho apresentado mostra que a utilização incorreta do design participativo na construção de um sistema colaborativo pode não trazer bons resultados. Sendo assim, o presente estudo busca assegurar que o design participativo pode ser utilizado para o desenvolvimento do sistema colaborativo seguindo as regras estabelecidas pelo uso do design.

## 3. O CONTEXTO DO PROJETO

O sistema PRONTO foi desenvolvido através de um convênio de cooperação entre a Prefeitura Municipal de Blumenau (PMB) e a Universidade Regional de Blumenau (FURB), através do Laboratório de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (LDTT).

O PRONTO é um sistema transversal de gestão de saúde pública que permite aos gestores a tomada de decisões suportadas por informações em tempo real atualizadas, ao mesmo tempo em que viabiliza a otimização dos processos de atendimento ao cidadão. Ele é um sistema web que busca preencher as lacunas informacionais identificadas em CONASS (2011) [7] implementando o conceito de Prontuário Único do Paciente (PUP). O sistema também visa minimizar a quantidade de atendimento nas unidades avançadas de saúde e hospitais de média e alta complexidade.

Atualmente, o sistema está implantado em 17 unidades da rede abrangendo 10 unidades de Estratégia de Saúde da Família (ESF), 7 farmácias dos Ambulatórios Gerais, a farmácia da Policlínica, o SAS e o Centro de Testagem e Aconselhamento (CTA). O módulo de vacinação encontra-se em fase de homologação (Vigilância Epidemiológica) e a integração com resultados de exames laboratoriais fornecidos por laboratórios conveniados na rede de atenção básica de Blumenau.

Até março/2014, o módulo de farmácia registrou mais de 70 mil usuários, tendo processado mais de 300 mil receitas médicas; e o módulo de ESF registrou mais de 5000 consultas médicas e odontológicas [8].

O Módulo de Tratamento Multidisciplinar (MTM), objeto deste trabalho, está sendo integrado no sistema PRONTO. O módulo tem a intenção de permitir que os grupos multidisciplinares possam interagir e colaborar independente do espaço geográfico e do tempo.

## 4. DESIGN PARTICIPATIVO

O design participativo é um método utilizado para construir e avaliar o design de sistemas interativos [9]. Para a definição do design são realizadas reuniões com os usuários que utilizarão o sistema e que conhecem o problema em questão [10]. Esses usuários normalmente são pessoas que já entendem os problemas relacionados com as atividades a serem modeladas, pois trabalham nelas de forma manual ou por meio de um sistema antigo. E, no design participativo, essas pessoas devem ser consideradas parte da equipe de design e são convidadas a darem sua opinião e sugestões sobre o projeto do sistema [11]. Existem várias técnicas que podem ser utilizadas durante as reuniões, como: prototipação com componentes de interface, sequência de tarefas e reflexões.

Para o projeto do MTM, o design participativo é utilizado com uma equipe do SUS de tratamento multidisciplinar com foco em cuidados na saúde do idoso. Essa equipe já realiza o trabalho multidisciplinar que envolve os cuidados de idosos com demência em uma equipe formada por dez profissionais da saúde de áreas distintas. Esses profissionais ainda não utilizam um sistema informatizado para a realização do tratamento, mas sabem como o fluxo de trabalho funciona, pois realizam essa atividade todos os dias de forma manual. A aplicação do design participativo com a equipe escolhida é apresentada nos ciclos de pesquisa-ação das próximas seções.

## 5. PESQUISA-AÇÃO COMO MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa-ação é um método de pesquisa que tem o objetivo de ampliar os conhecimentos científicos a partir de uma pesquisa e promover a melhoria em uma organização ou comunidade de onde a pesquisa está sendo realizada a partir de uma ação [12].

Na pesquisa-ação o pesquisador é envolvido no contexto a ser pesquisado, sendo também atuante no meio a ser modificado. Assim, ele possui dois objetivos: pesquisar para ampliar o conhecimento científico e ação para promover melhorias no ambiente em que a pesquisa está sendo realizada [13].

A pesquisa-ação envolve ciclos de pesquisa, nos quais são adquiridos ou confrontados novos conhecimentos, ideias e pontos de vista. Os ciclos são iterativos e envolvem a participação dos interessados para refinar a solução e aumentar o rigor científico [14, 13]. Existem vários ciclos para a pesquisa-ação. Para esta pesquisa foi escolhido o ciclo que possui 5 etapas, detalhado por Davison, Martines e Kock (2004) [15]. Conforme afirma Filippo (2011), esse ciclo é bem reportado na literatura da área. Após a realização do ciclo, pode-se iniciar um novo ciclo ou dar a pesquisa por finalizada quando a solução encontrada for satisfatória ou quando, por qualquer motivo, a pesquisa tiver que ser interrompida.

As etapas que compõem o ciclo são: diagnosticar, planejar ação, intervir, avaliar e refletir. A etapa de diagnosticar procura o problema a ser trabalhado. A etapa planejar ação define o que será feito para solucionar o problema. Em intervir, é aplicado o que foi planejado na busca da solução. Na etapa avaliar deve ser feito um estudo para verificar se o problema foi solucionado. Por fim, a etapa de refletir busca

definir com base na avaliação se o problema foi solucionado ou não. Caso tenha sido solucionado, o ciclo é finalizado; caso contrário, volta-se à etapa diagnosticar. As etapas são realizadas em conjunto pelo pesquisador e pelas pessoas envolvidas de forma colaborativa.

### 5.1 Ciclos da pesquisa-ação realizada

Nesta pesquisa foi investigada a forma com que os profissionais da saúde se relacionam em um tratamento multidisciplinar para atender seu paciente, com o objetivo de promover um ambiente informatizado para que eles possam se comunicar e realizar suas atividades colaborativas.

Até o presente momento foram realizados dois ciclos de pesquisa-ação em um tempo de seis meses. O primeiro ciclo teve por objetivo definir os requisitos e modelar as telas do MTM. E o segundo ciclo teve por objetivo validar a construção das telas realizadas. Esta seção apresenta cada um dos ciclos, separadamente com suas etapas: diagnosticar, planejar, intervir, avaliar e refletir. Os requisitos elencados na etapa 2 (planejar) e 5 (refletir) são apresentados em conjunto, na seção 6.

#### 5.1.1 Primeiro ciclo da pesquisa-ação

Esta seção apresenta cada uma das etapas do primeiro ciclo da pesquisa-ação. A Tabela 1 apresenta de forma reduzida o que será encontrado em cada uma das etapas. O diagnóstico envolveu levantamento bibliográfico e conversa com assistente social. No planejamento foram elencados requisitos. Na intervenção foi construído um modelo do design do MTM. Posteriormente a avaliação, o design foi analisado pela equipe multidisciplinar de atenção ao idoso. E, finalmente, na reflexão decidiu-se realizar um novo ciclo que é apresentado na seção 5.1.2.

**Table 1: Estrutura do ciclo de pesquisa-ação**

Diagnosticar	Planejar	Intervir	Avaliar	Refletir
Literatura Assist. Social	Levantamento de Requisitos	Design do MTM	Equipe de atenção ao idoso	Novo ciclo

Etapa 1 (Diagnosticar): A revisão da literatura feita pelo pesquisador aponta o problema da falta de comunicação entre os profissionais de saúde em tratamentos multidisciplinares. Conforme o diagnóstico feito pelo pesquisador, o problema ocorre devido à falta de comunicação entre os profissionais da saúde e o desenvolvedor, bem como pelos sistemas utilizados não conterem funcionalidades que permitam essa comunicação [16]. Para afirmar a existência desse problema foi conversado com uma assistente social que trabalha de forma multidisciplinar em sua área e com o coordenador de implantação do sistema PRONTO. Após a conversa com os participantes foi possível identificar e entender os problemas de comunicação existentes entre os profissionais que estão em uma única unidade de saúde, ou em unidades de saúde diferentes. Conforme os participantes, nos tratamentos multidisciplinares nos quais a comunicação é prejudicada, o tempo do tratamento com o paciente é maior do que naqueles em que a comunicação é facilitada.

Etapa 2 (Planejar ação): Depois de identificar e entender o problema em questão foram planejadas as ações a serem

tomadas. Para elencar os Requisitos Funcionais (RF) relacionados com o MTM foram pesquisados sistemas disponíveis na literatura, bem como foi realizada uma reunião com os participantes da etapa 1. Durante a conversa, a assistente social descreveu as atividades realizadas em conjunto com as unidades de saúde, Ambulatórios Gerais (AGs) e o Sistema Único de Assistência Social (SUAS) de Blumenau. A partir da conversa e dos dados coletados na literatura foi possível entender como funciona a colaboração entre os profissionais de saúde durante o tratamento de um caso multidisciplinar. Dessa forma, podem-se elencar os RFs apresentados na seção 6. Como resultado da etapa também se obteve os dados a serem coletados. Dessa forma, antes da intervenção deverão ser coletadas informações de percepção dos usuários com relação ao seu trabalho multidisciplinar atual. Durante a intervenção, o design do MTM deverá ser avaliado com as técnicas do design participativo. Na implementação, a avaliação utilizará técnicas do design baseado em cenários, coletando assim as informações a respeito das funções, nomenclaturas e atividades que ainda devem ser alteradas ou adicionadas. E, após a intervenção deverão ser coletadas as informações de percepção do usuário com relação ao novo sistema implantado. Os participantes, em todas as etapas, devem ser grupos de profissionais que trabalham de forma colaborativa e que futuramente, utilizarão o sistema PRONTO com o módulo multidisciplinar. Os dados coletados serão tanto qualitativos como quantitativos e serão realizados a partir de questionários que medem a colaboração de uma equipe multidisciplinar, bem como a partir de conversas registradas.

Etapa 3 (Intervir): Nessa etapa foi construído o design do MTM com base nas conversas realizadas nas etapas anteriores. O design inicial do sistema foi realizado com base nos requisitos elencados. Ele visa permitir o trabalho colaborativo necessário para a realização do tratamento multidisciplinar. Para a realização do design foram utilizadas técnicas de usabilidade de interface conforme Vora [17]. E o desenho foi realizado utilizando a ferramenta web Balsamiq [18] no modo demonstração. O design realizado nessa etapa pode ser visto em Araujo et al. (2014) [19].

Para a avaliação do design realizado foi realizada uma reunião com uma equipe multidisciplinar utilizando técnicas do design participativo. Essa reunião foi gravada para que fosse possível a realização do *backtracking* para posterior análise das informações. A equipe foi indicada pelos participantes iniciais, pois é uma equipe multidisciplinar do SUS de Blumenau que necessita ampliar seus métodos de comunicação e colaboração a fim de aprimorar o atendimento de seus pacientes.

Etapa 4 (Avaliar): O design foi avaliado a partir das técnicas do design participativo com uma equipe multidisciplinar do centro de atenção ao idoso. A equipe escolhida trabalha diariamente com o tratamento multidisciplinar, porém sem a utilização de um sistema, e futuramente utilizará o sistema PRONTO. O design participativo envolveu apenas uma sessão e participaram da reunião os seguintes profissionais: médico, enfermeira, fisioterapeuta, nutricionista, assistente social, fonoaudióloga, dentista, técnica em enfermagem, técnico de saúde bucal e terapeuta ocupacional. Os desenhos das telas do MTM foram apresentados em uma

cartolina com a sequência das atividades a serem realizadas, conforme a técnica CARD [9], para que se tivesse uma visão macroscópica da solução apresentada. Também foi utilizada a técnica PICTIVE [9] para que se tivesse uma visão microscópica dos problemas em questão.

Os participantes inicialmente apresentaram-se e contaram a respeito de suas atividades dentro do grupo multidisciplinar. Em seguida, o design foi apresentado a eles. Durante a reunião, os participantes realizaram perguntas e explicaram melhor a respeito do funcionamento do tratamento.

A equipe identificou alguns equívocos na modelagem do design, como por exemplo, ter que fornecer informação sobre o problema que o paciente possui antes dele ser consultado. Outro problema no design está relacionado com a necessidade de indicação de cada um dos membros de uma equipe multidisciplinar a cada tratamento. De acordo com os participantes, normalmente essa equipe é a mesma. Desta forma, uma alternativa sugerida por eles é a criação de um grupo multidisciplinar. Assim, ao atender um paciente este grupo é relacionado a ele. Os profissionais também sentiram falta de um espaço para a construção do planejamento do tratamento multidisciplinar. Esse planejamento é o centro do tratamento e deve ser feito para cada paciente que for atendido pelo grupo. Por fim, sugeriram mudanças no layout da aplicação e recomendaram que o sistema multidisciplinar não estivesse em um módulo separado, como o planejado, mas sim, fosse uma interação durante o próprio atendimento do paciente. Apesar das sugestões realizadas, os participantes ficaram entusiasmados com o sistema a ser desenvolvido, e mostraram querer colaborar com a equipe de design. Dessa forma, nessa etapa foi observado que os problemas de comunicação dentro do sistema não seriam resolvidos com o design apresentado.

Etapa 5 (Refletir): Com os resultados obtidos na etapa anterior foi decidido junto com a nova equipe de participantes remodelar o design com base nas informações coletadas. Até o momento, obteve-se como conhecimento científico como é o funcionamento de um sistema multidisciplinar e, que o design participativo consegue identificar falhas em um sistema colaborativo durante a fase de design. Nessa etapa também houve o levantamento dos requisitos para a realização de um sistema colaborativo que permite o tratamento multidisciplinar. Esses requisitos são apresentados separadamente na seção 6.

Nesse ciclo foi percebido que alguns dos requisitos voltados para a colaboração puderam ser alcançados a partir do projeto apresentado para os profissionais de saúde. Alguns desses requisitos foram: troca de mensagens entre profissionais a partir da tela de *chat*, comunicação sobre os atendimentos e procedimentos realizados com o paciente e visualização do estado (em aberto, em andamento ou concluído) do procedimento a ser realizado.

### 5.1.2 Segundo ciclo da pesquisa-ação

Após a finalização do primeiro ciclo, iniciou-se o segundo ciclo da pesquisa-ação. Esta seção apresenta cada uma das etapas do segundo ciclo. A Tabela 2 apresenta de forma reduzida o que será encontrado em cada uma das etapas do segundo ciclo. O diagnóstico manteve-se igual ao utili-

zado no primeiro ciclo. No planejamento foram alterados alguns requisitos. Na intervenção foi reconstruído o modelo do design do MTM. Posteriormente na avaliação o design foi analisado pela mesma equipe multidisciplinar de atenção ao idoso. E finalmente, na reflexão decidiu-se realizar um novo ciclo que ainda não foi realizado.

**Table 2: Estrutura da segunda etapa de pesquisa-ação**

Diagnosticar	Planejar	Intervir	Avaliar	Refletir
Mantido diagnóstico	Alteração de RFs	Redesign do MTM	Equipe de atenção ao idoso	Novo ciclo

Etapa 1 (diagnosticar): A partir da identificação de que ainda há falhas no design do MTM, decidiu-se que no segundo ciclo será mantido o foco no design da aplicação. Essa decisão foi tomada considerando a necessidade de que o sistema esteja com suas funcionalidades definidas antes de ser desenvolvido.

Etapa 2 (planejar ação): Após analisar os resultados do primeiro ciclo e diagnosticar os problemas ainda existentes, decidiu-se alterar alguns dos RFs já estabelecidos e adicionar outros. Esses RFs se encontram na seção 6. Após essa alteração, decidiu-se que o novo design deverá atingir os novos RFs, bem como os que não foram alterados. Após o redesign, o novo design será avaliado pela equipe do Centro de Saúde do Idoso (CSI) que também avaliou o primeiro design. Nesta etapa também foi decidido aplicar um questionário para avaliar o trabalho em equipe e o tratamento multidisciplinar em grupos que ainda não utilizam sistemas. Esse questionário tem a proposta de permitir a comparação posterior entre o tratamento sem e com o sistema, a fim de verificar se o tratamento com a utilização do sistema proporcionou melhorias no atendimento e nos cuidados à saúde. Além disso, eles tem por finalidade auxiliar na modelagem das telas, pois firmam alguns dos requisitos já elencados. O primeiro questionário foi construído com base no questionário *Collaborative Leadership: Self-Assessment Questionnaires* [20] e o segundo com base em *Multidisciplinary Treatment Planning Questionnaire* [21].

Etapa 3 (intervenção): Nessa etapa foi realizado o novo design com base nas informações coletadas do primeiro ciclo. Dessa vez, o design foi modelado sobre o próprio sistema PRONTO. Como redesign foi definido que deverá haver uma janela para cadastrar um grupo multidisciplinar. Esse grupo será criado por qualquer profissional de saúde. E no momento da criação ele informará os profissionais que pertencem ao grupo. Quando os profissionais forem adicionados receberão uma notificação para aceitar ou não o convite. Cada grupo terá um nome para ser identificado. O paciente é incluído no grupo quando um dos profissionais que o atender achar necessário. Esse processo de inclusão é realizado no momento do atendimento. Sempre que um paciente for incluído para ser acompanhado por um grupo, deve ser informado o motivo do acompanhamento e o nome do profissional de referência que será o responsável do grupo. Também, no atendimento, quando o profissional fizer parte de um grupo multidisciplinar e atender o paciente que está relacionado com ele, poderá ver todas as informações prescritas e cadastradas pelos outros profissionais do grupo. No próprio local

da consulta, o profissional pertencente ao grupo terá acesso ao chat e aos comentários nos agendamentos e prescrições. Caso o profissional atender o paciente que está dentro de um grupo multidisciplinar, porém o profissional não fizer parte de seu grupo, poderá solicitar ao responsável pelo tratamento a participação no caso. O responsável pode aceitar ou não a participação do novo profissional. Ainda na tela de atendimento, quando o profissional e o participante atendido pertencerem a um grupo será exibido o botão “planejamento do tratamento multidisciplinar”. Para a construção dessa janela, primeiro foi estudado o que é o planejamento de um tratamento multidisciplinar. Verificou-se que o planejamento de um tratamento multidisciplinar é a forma com que os profissionais vão tratar o paciente do início ao fim, contendo também os resultados esperados em cada etapa [22]. Logo, para a construção do plano foi proposto no design que, conforme o profissional atender o paciente, é gerado uma tabela com as doenças e problemas encontrados. Assim, essa tabela é gerada por paciente uma única vez dentro do tratamento. Nessa tabela os profissionais poderão definir uma meta para o problema, ou seja, o que pretendem resolver, bem como a ação a ser tomada para resolvê-lo. Para cada problema deve também existir o estado (finalizado, em andamento, em aberto) e o profissional que está acompanhando o problema com maiores detalhes. Essas definições são feitas durante as reuniões de equipe que poderão passar a ser realizadas no mesmo ambiente ou à distância por meio do chat. Como o planejamento do tratamento multidisciplinar pode ser alterado de acordo com a evolução ou regressão do paciente, será permitido que sejam acrescentados dados nas informações definidas. Porém, as informações anteriores não podem ser removidas para que se mantenha um histórico.

Etapa 4 (Avaliação): Nessa etapa foi conversado com a mesma equipe multidisciplinar do centro de atenção ao idoso, novamente utilizando as técnicas do design participativo. Para a apresentação do protótipo foi apresentado o sistema PRONTO e realizado os comentários sobre as inovações na tela de atendimento que permitirão a realização do tratamento multidisciplinar. Desta vez, algumas telas foram prototipadas com a utilização do Microsoft PowerPoint 2010. Durante os comentários foram mencionados todos os itens elencados na Etapa 3. Os membros da equipe se mostraram satisfeitos com esse novo design apresentado e concordaram com as alterações relacionadas com o tratamento multidisciplinar. Porém, com relação ao planejamento do tratamento multidisciplinar, sugeriram poder acrescentar e remover problemas além dos pré-estabelecidos durante as consultas com os pacientes. Isso porque afirmaram que nem todos os problemas encontrados são colocados no plano de tratamento.

Na etapa também foi aplicado o questionário de trabalho em equipe e tratamento multidisciplinar com a equipe de atenção ao idoso. Os profissionais responderam o questionário sem dúvidas, sendo assim, o pré-teste foi bem-sucedido. Esse questionário também auxiliará na construção da tela do planejamento multidisciplinar, pois contém questões relacionadas ao funcionamento de um grupo e suas formas de colaboração. Sendo assim, a partir das escalas respondidas será possível identificar quais funcionalidades deve-se priorizar no sistema a ser desenvolvido.

Etapa 5 (Refletir): Com base na sessão de design participa-

tivo realizada, pode-se concluir a fase de design do MTM. A fase foi concluída, pois a maior parte dos requisitos mostrou ser atendida pelo novo protótipo apresentado. Nessa fase tem-se as atividades colaborativas necessárias para o tratamento multidisciplinar, sendo elas: troca de mensagens entre os profissionais da equipe; visualização de prontuário eletrônico de forma colaborativa, ou seja, identificação dos profissionais que escreveram no prontuário a partir de uma cor única (cor por profissional); acompanhamento do paciente através de um planejamento multidisciplinar construído pela equipe; e, notificação de inserção de novos pacientes dentro da equipe multidisciplinar.

Nesse ciclo conseguiu-se compreender o que é um planejamento multidisciplinar e como ele funciona, para que este possa ser anexado ao sistema. Decidiu-se então iniciar a fase de desenvolvimento do MTM. Após parte do desenvolvimento realizado será iniciada a validação das funcionalidades com o design baseado em cenários. Para essa validação também será envolvida a mesma equipe multidisciplinar de atenção ao idoso e acrescentada uma nova equipe de tratamento multidisciplinar.

Como conclusão deste segundo ciclo ainda obteve-se o conjunto final dos requisitos funcionais necessários para o desenvolvimento de um sistema de tratamento multidisciplinar apresentado na seção 6.

## 6. REQUISITOS FUNCIONAIS

Durante a pesquisa-ação foram elencados os Requisitos Funcionais (RF) que deverão ser atendidos pelo sistema multidisciplinar. No primeiro ciclo foram classificados treze requisitos. Já no segundo ciclo foram alterados três dos requisitos elencados no primeiro ciclo e foram adicionados sete novos requisitos.

Como resultado final obteve-se um conjunto com vinte RF, sendo eles:

RF01: O MTM deve permitir a criação de um tratamento multidisciplinar pelo médico que atender o paciente no momento de sua consulta;

RF02: Ao atender o paciente de forma multidisciplinar, o profissional deve informar na tela de consulta o problema que o paciente possui, podendo ser informados um ou mais problemas;

RF03: O MTM deve permitir que o médico informe o motivo do tratamento multidisciplinar;

RF04: O MTM deve permitir que o médico selecione a partir de uma lista de profissionais cadastrados no sistema PRONTO, quais profissionais participarão do caso;

RF05: O MTM deve permitir que os profissionais consultem casos em andamento e resolvidos a partir de atendimento multidisciplinar;

RF06: O MTM deve permitir que o médico crie o tratamento multidisciplinar;

RF07: O MTM deve enviar uma notificação para os profis-

sionais que foram convidados a fazer parte do caso;

RF08: O MTM deve permitir que os profissionais convidados aceitem ou recusem o convite, e caso recusem deve convidar um próximo profissional aleatório para o tratamento;

RF09: O MTM deve possuir um chat para que o profissional possa se comunicar com um interlocutor ou com um grupo;

RF10: O MTM deve permitir que os profissionais visualizem os agendamentos do paciente prescritos por todos os profissionais que estão o atendendo;

RF11: O MTM deve permitir que os profissionais insiram comentários sobre os agendamentos;

RF12: O MTM deve permitir que os profissionais visualizem as informações do paciente;

RF13: O MTM deve permitir que qualquer profissional adicione no chat outro profissional da saúde para que possa trocar informações;

RF14: O MTM deve permitir a criação de grupos de tratamento multidisciplinar a partir de profissionais cadastrados no PRONTO;

RF15: Cada grupo multidisciplinar deve ter um foco de estudo;

RF16: O MTM deve permitir que o profissional seja adicionado a um grupo multidisciplinar já criado;

RF17: Para cada paciente adicionado a um grupo, deve-se selecionar um profissional de referência que é responsável pelo tratamento;

RF18: O MTM deve permitir que os profissionais que fazem parte do grupo de tratamento multidisciplinar visualizem de forma diferenciada o atendimento do paciente que está sendo acompanhado pelo grupo;

RF19: O MTM deve permitir que os profissionais realizem um plano de tratamento multidisciplinar por paciente;

RF20: O plano de tratamento multidisciplinar deve conter os problemas, as metas, as ações a serem tomadas, o estado e o profissional de referência.

## 7. CONCLUSÃO

Até o presente momento foi possível identificar que a utilização das técnicas do design participativo durante o processo de design de uma ferramenta colaborativa auxilia no levantamento das funcionalidades do sistema. Com a interação dos usuários proporcionada pela aplicação do design participativo pode-se melhorar o design do sistema colaborativo sendo construído. Essa afirmação é possível, pois o design apresentado inicialmente sofreu transformações sugeridas pelos participantes para proporcionar a realização de atividades que antes não estavam sendo contempladas. Essa questão foi observada após a realização do primeiro ciclo de pesquisa-ação, quando foi necessário o reprojeto das janelas do MTM.

Realizando o design do MTM, com a participação dos usuários que utilizarão o sistema e profissionais envolvidos em atividades de tratamento multidisciplinar, foi possível alcançar parte dos objetivos, pois a comunicação entre os projetistas e usuários aumentou ainda na fase de projeto e através dela foi possível identificar melhorias no software a ser desenvolvido.

O processo de desenvolvimento encontra-se em fase avançada, a qual, uma vez finalizada permitirá a conclusão dos objetivos inicialmente propostos. Para isso o desenvolvimento do MTM será continuado com a aplicação de técnicas do design baseado em cenários e as funcionalidades serão avaliadas com os questionários aplicados durante o pré-teste.

## 8. REFERENCES

- [1] M. Peduzzi, "Equipe multiprofissional de saúde: conceito e tipologia," *Revista de Saúde Pública*, vol. 1, pp. 103–109, 2001.
- [2] Inca, "Tratamento do câncer no sus," *Ações de Controle*, vol. s.v., no. s.v., pp. 94–99, s.a.
- [3] S. Matumoto, "Supervisão de equipes no programa de saúde da família: reflexões acerca do desafio da produção de cuidados," *Dossiê. Interface: Comunicação, Saúde, Educação*, vol. 9(16), pp. 9–24., 2004.
- [4] A. Hwang, K. Truong, and A. Mihailidis, "Using participatory design to determine the needs of informal caregivers for smart home user interfaces," in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2012 6th International Conference on*, pp. 41–48, 2012.
- [5] M. Z. N. Castela, P. Dias and J. Tribolet, "Atualização colaborativa do modelo de processos de negócio," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, vol. 12, pp. 33–47, 2013.
- [6] U. Mushtaq and K. Hall, "Power and agency in health information technology: towards a more meaningful participatory design for sustainable development," in *Science and Technology for Humanity (TIC-STH), 2009 IEEE Toronto International Conference*, pp. 1036–1041, 2009.
- [7] M. Z. N. Castela, P. Dias and J. Tribolet, "Análise sobre situação atual dos sistemas de informação do sistema único de saúde – propostas para adequação," *Conselho Nacional de Secretários de Saúde, Nota Técnica 20/2011*, vol. sn, no. sn, pp. 1–14, 2011.
- [8] LDFT, "Pronto: Gestão de saúde pública," Jul 2013.
- [9] J. Preece, Y. Rogers, and H. Sharp, *Interaction Design: Beyond Human - Computer Interaction*. Wiley, 3 ed., 2011.
- [10] R. Iqbal, N. Shah, A. James, and J. Duursma, "User-centred design and evaluation of support management system," in *Computer Supported Cooperative Work in Design, 2009. CSCWD 2009. 13th International Conference on*, pp. 155–160, 2009.
- [11] J. Nielsen, *Usability Engineering*. Academic Press - Elsevier, 1 ed., 1993.
- [12] B. Dick, "You want to do an action research thesis?," 1993.
- [13] D. Filippo, *Pesquisa-ação em sistemas colaborativos*, ch. 26, pp. 449–466. Mariano Pimentel e Hugo Fuks, 2011.
- [14] M. J. Mantau, C. D. Berkenbrock, and G. R. Berkenbrock, "Visualizacão e filtragem de informacoes de percepcao em groupwares moveis," in *Proceedings of the X Brazilian Symposium in Collaborative Systems, SBSC '13, (Porto Alegre, Brazil, Brazil)*, pp. 9:9–9:15, Sociedade Brasileira de Computacao, 2013.
- [15] R. M. Davison, M. G. Martinsons, and N. Kock, "Principles of canonical action research," *Information Systems Journal*, vol. 14, pp. 65–86, 2004.
- [16] D. Rigby, "Collaboration between doctors and pharmacists in the community," *Australian Prescriber*, vol. 33, no. 6, pp. 191–193, 2010.
- [17] P. Vora, *Web Application Design Patterns*. Morgan Kaufmann, Elsevier, 2009.
- [18] C. Balsamiq, "Balsamiq launch demo version," 2013.
- [19] L. P. Araujo, C. D. M. Berkenbrock, M. M. Mattos, and E. Boeing, "Using participatory design in designing phase of collaborative system," in *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, IEEE, IEEE, 2014.
- [20] P. Johnson-Lenz and T. Johnson-Lenz, "Groupware: coining and defining it," *SIGGROUP Bull.*, vol. 19, pp. 34–, Aug. 1998.
- [21] M. Fennell, I. Das, S. Clauser, N. Petrelli, and A. Salner, "The organization of multidisciplinary care teams: modeling internal and external influences on cancer care quality," *National Cancer Institute*, vol. 40, pp. 72–80, 2010.
- [22] A. R. C. Control, "Organizational survey on multidisciplinary treatment planning for cancer. national cancer institue," 1993.

# AGORA-PL: Uma Proposta para Desenvolvimento de Famílias de Sistemas Colaborativos baseados em VGI para a Gestão do Risco de Inundação

Roberto dos Santos Rocha  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP,  
São Carlos, Brasil  
rsrocha@usp.br

Lívia Castro Degrossi  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP,  
São Carlos, Brasil  
degrossi@icmc.usp.br

Flávio E. A. Horita  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP,  
São Carlos, Brasil  
horita@icmc.usp.br

João Porto de Albuquerque  
Departamento de Sistemas de  
Computação, ICMC/USP, São Carlos  
GIScience Chair, Instituto de  
Geografia, Universidade de  
Heidelberg, Alemanha  
jporto@icmc.usp.br

## ABSTRACT

Volunteered Geographic Information, usually known as VGI, can be a valuable source of information about the impacts of natural disasters. This work is part of a research project about flood risk management, developed by an interdisciplinary group, which aims to develop a geospatial open collaborative architecture for building resilience against floods and their impacts. The approach combines data from a sensor network, climate change models, volunteers information, and research results to provide early warnings and forecasts of long-term risk. In terms of systematization, Software Product Line (SPL) can be applied in this domain since flexibility and reuse are main goals required for development of complex applications based on Geospatial Web Services. The main contributions of this work were twofold: (i) insertion of reuse in the context of flood risk management; and (ii) redefinition of feature model, aimed at creating a framework to support and systematization the generation of families of Spatial Decision Support Systems (SDSS).

## Categories and Subject Descriptors

D.2.13 [Software Engineering]: Reusable Software; H.5.3 [Information Interfaces and Presentation]: Collaborative computing.

## General Terms

Design.

## Keywords

Software Product Line, Volunteered Geographic Information, Flood Risk Management, Spatial Decision Support Systems, WPS.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os desastres naturais que ocorrem em todo o mundo, as inundações têm sido mais frequentes [1], resultando em danos financeiros e econômicos cada vez piores. Neste panorama, as inundações urbanas são particularmente importantes, pois muitos cidadãos se concentram em torno das áreas de risco. Como forma de mitigar esse risco e aumentar o poder de resiliência, adaptação e mudança das comunidades em risco, a Gestão do Risco de Inundação (GRI) define um processo composto por tarefas, separadas em três fases – preparação, resposta e recuperação – que objetiva minimizar os impactos causados por um evento [2].

Desastres naturais recentes têm mostrado que informações geográficas de voluntários (VGI), fornecidas pela internet, podem melhorar a consciência situacional (CS) [3]. Esse tipo de consciência permite a percepção dos elementos no ambiente, dentro do tempo e espaço, além da compreensão dos seus significados e a projeção de suas condições em um futuro próximo [49]. Assim, VGI oferece uma grande oportunidade para aumentar a consciência devido ao número elevado de voluntários, mais de seis bilhões de pessoas, que podem agir como "sensores", observando importantes parâmetros da gestão de desastres em um ambiente local [4].

Este trabalho faz parte do escopo do projeto de pesquisa intitulado AGORA – *A Geospatial Open collaborative Approach for Building Resilience against Flooding* [5], que visa desenvolver uma abordagem geoespacial colaborativa aberta para melhorar a resiliência da comunidade contra inundações e seus impactos. Essa abordagem tem como público alvo tomadores de decisão e a comunidade interessada.

Além disso, a partir de uma revisão sistemática da literatura conduzida pelos autores deste trabalho, identificou-se que abordagens de reuso ainda não foram inseridas no contexto de GRI. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar a ideia preliminar de uma Linha de Produto de Software (LPS) para o contexto de GRI, utilizando como base os trabalhos de Degrossi et. al. [6] e Horita et al. [7], que será tratada na Seção 4.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica deste trabalho. A Seção 3 apresenta os trabalhos relacionados a esta proposta. Na Seção 4 é apresentada uma proposta para desenvolvimento de famílias de sistemas colaborativos. Por fim, na Seção 5 são apresentadas as considerações finais e propostas de trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, os conceitos básicos relacionados a GRI (Seção 2.1), VGI (Seção 2.2) e LPS (Seção 2.3), que são usados ao longo do artigo, são apresentados.

### 2.1 Gestão do Risco de Inundação

Dentre os desastres naturais que ocorrem em todo o mundo, as inundações têm sido mais frequentes, resultando em danos financeiros e econômicos cada vez piores [1][8]. Neste panorama, as inundações urbanas são particularmente importantes, pois muitos cidadãos se concentram em torno das áreas de risco [9], enquanto, inundações bruscas causam numerosos danos devido à dificuldade em prevê-las, pois o curto tempo de deslocamento das ondas de cheia impedem previsões com maior antecedência [10].

Dessa forma, o risco de inundações pode ser considerado como a relação entre ameaça, vulnerabilidade e exposição [11]. A ameaça é caracterizada pelo fenômeno natural que atinge uma determinada região (e.g. inundação), a exposição é representada pelas pessoas e bens econômicos que se encontram na área afetada e a vulnerabilidade indica a capacidade de uma região sofrer o impacto causado por um evento extremo.

Como forma de mitigar esse risco e aumentar o poder de resiliência, adaptação e mudança das comunidades de risco, a Gestão do Risco de Inundação (GRI) define um processo composto por tarefas, separadas em três fases (a preparação, resposta e recuperação) e que buscam minimizar os impactos causados por um evento [2]. Dentre elas, destacam-se alertas precoces, previsão de cenários, planos de contingência e atividades para restauração [9].

Durante a fase de planejamento são realizadas atividades para tentar reduzir os danos causados por uma inundação, desde a definição dos planos de evacuação até simulações para otimizar o uso das terras ao redor da calha dos rios. Após a eclosão da inundação, a resposta objetiva executar tarefas definidas no planejamento para reagir ao evento. Por fim, a recuperação desenvolve um conjunto de tarefas para a comunidade atingida retomar seu convívio e adaptar-se para o caso de novos acontecimentos [12].

Atualmente, informações geográficas e tecnologias relacionadas possuem papel fundamental em todas as fases da GRI. Desastres naturais são tipicamente monitorados utilizando diferentes dispositivos, como sensores, satélites, sismógrafos, entre outros.

Contudo, esses dispositivos não oferecem informações sobre os impactos provocados por tais desastres [3]. Para auxiliar nesse contexto, Poser e Dransch [3] utilizaram informações geográficas providas de cidadãos afetados pela inundação para estimar os impactos por ela causados. Assim, informações voluntárias, comumente conhecidas como VGI, podem ser uma fonte de informação valiosa sobre os impactos decorrentes de desastres naturais [13], devido ao número potencialmente grande de voluntários que atuam como "sensores" observando importantes parâmetros da gestão de desastres em um ambiente local [3].

### 2.2 Informação Geográfica de Voluntários

Na literatura, várias abordagens fornecem taxonomias e classificações de sistemas colaborativos. Estas são concebidas para separar estes sistemas com base nas suas propriedades e características. Dentre elas, Heipke [14] propôs o termo "crowdsourcing" para definir o fenômeno que envolve a produção de conteúdo baseado na experiência de voluntários, independentes da forma que eles usam seu tempo livre e estão localizados em áreas remotas e diversas.

Em um contexto ligado às questões geográficas, Goodchild [4] usou o termo *Volunteered Geographic Information* (VGI) para definir uma coleção de dados espaciais e digitais, produzidos por cidadãos comuns e instituições informais utilizando ferramentas apropriadas para reuni-las e publica-las na web. Entre as vantagens associadas ao VGI, pesquisadores destacam seu uso para enriquecer, atualizar ou completar conjuntos de dados geoespaciais existentes [4]. Em diferentes contextos, estas informações voluntárias podem ter melhor qualidade que os dados disponibilizados por organizações especializadas, visto que em diferentes partes do mundo essas informações estão desatualizadas ou foram adquiridas com tecnologias antigas e menos precisas do que as disponíveis atualmente para o público geral [15]. Dentre suas aplicações, destacam-se as plataformas colaborativas Wikimapia e OpenStreetMap que visam criar mapas mundiais a partir de dados fornecidos por voluntários disponíveis na web.

Em particular, o uso de VGI no contexto de gestão de desastres vem sendo amplamente utilizado [16], principalmente, por melhorar a consciência situacional, fornecendo uma visão geral sobre a presente situação [3]. Tal fato ocorre, pois VGI oferece uma grande oportunidade para aumentar a consciência devido ao número potencialmente grande de voluntários, mais de seis bilhões de pessoas, que agem como "sensores", observando importantes parâmetros da gestão de desastres em um ambiente local [3][4][17]. Ainda, apesar dos recentes avanços no desenvolvimento de sensores, suas observações podem não estar disponíveis devido a interrupções de comunicação ou, até mesmo, a destruição do sensor, além de os mesmos não serem capazes de medir certos fenômenos, como tempestades de granizo [3]. Alguns exemplos são as inundações ocorridas no Paquistão em 2010, Queensland em 2010/2011, Tailândia em 2011, terremoto no Haiti em 2010, queimada na França em 2009, entre outros [18][19][20][21].

Contudo, apesar das vantagens da participação da população em coletar informações, há um grande número de desafios a serem enfrentados. Apesar do potencial do VGI, a qualidade dos dados é a maior preocupação. Informações provenientes de muitos indivíduos podem ocasionar dúvidas sobre a credibilidade [22]. Outro desafio enfrentado refere-se à localização. Diferentemente dos sensores *in-situ*, as pessoas estão em constante movimento, assim as observações por elas realizadas precisam ser localizadas para que se tornem úteis [3]. Por fim, VGI é considerada como insuficientemente estruturada, documentada e validada [23].

Nesse cenário, diferentes plataformas de software vêm sendo empregadas com o intuito de coletar informações voluntárias, permitir sua visualização e análise. Em particular, essas são utilizadas como ferramentas para ajudar vítimas de desastres naturais. Além disso, diversas aplicações de software utilizam informações voluntárias como fonte de dados em tempo real para a gestão de desastres.

## 2.3 Linha de Produto de Software – LPS

LPS é um conjunto de sistemas que usam software intensivamente, compartilhando um conjunto de características comuns e gerenciadas, que satisfazem as necessidades de um segmento particular de mercado ou missão, e que são desenvolvidos a partir de um conjunto comum de ativos principais e de uma forma preestabelecida [24]. O processo sistemático para desenvolvimento de uma LPS possui dois ciclos de vida – Engenharia de Domínio e Engenharia de Aplicação – que usam como artefato base a arquitetura da LPS.

Um conceito central em LPS são variabilidades [25]: diferenças tangíveis, entre produtos, que podem ser reveladas e distribuídas entre todos os artefatos da LPS de forma rastreável. As variações podem ser reveladas em qualquer passo do desenvolvimento de uma LPS, a começar pela análise de requisitos [25]. Há dois conceitos relacionados a variabilidades [26]: (i) pontos de variação – são posições em que a variação pode ocorrer; (ii) variantes – são as diferentes possibilidades que existem para satisfazer um determinado ponto de variação. Uma das técnicas mais usadas ao gerenciamento das variabilidades em uma LP são os modelos de características [27][28].

Uma característica pode ser definida como uma propriedade de um sistema que é relevante para alguma entidade envolvida em seu desenvolvimento ou uso. Ela é usada para capturar pontos comuns ou estabelecer uma discriminação entre sistemas em uma família de sistemas. Uma característica pode denotar qualquer propriedade funcional ou não funcional em relação a requisitos, arquitetura, componentes ou plataformas computacionais [29].

A representação gráfica mais comum é por meio de árvore, o que constitui o diagrama de característica (*feature diagram*) como apresentado na Figura 1. Nesses diagramas, características podem ser representadas como: ‘Obrigatória’, ‘Opcional’, ‘E’, ‘OU-Exclusivo’ e ‘OU-Inclusivo’.

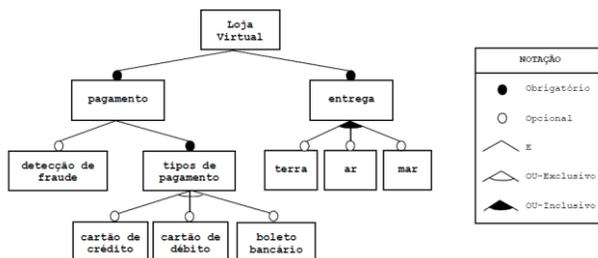


Figura 1. Modelo de características de uma loja virtual [30]

Um modelo de características pode descrever o espaço de configuração de uma família de sistemas [30]. Um membro da família pode ser especificado por meio da seleção das características desejadas a partir do modelo de características, considerando as restrições de variabilidades definida pelo modelo. O conjunto de características selecionadas é chamado de configuração [31].

O entendimento do domínio e a seleção das características é uma questão fundamental no contexto de LPS Orientada a Serviços (LPSOA) – um tipo específico de LPS que é formada por um conjunto de sistemas orientados a serviços similares em um domínio específico que pode ser desenvolvido a partir de um núcleo comum de artefatos reusáveis [32][33]. Deste modo, Chang e Kim [34] fornecem uma taxonomia para compreensão dos tipos de variabilidade que podem ocorrer em Linhas de

Produto Orientadas a Serviços – LPSOAs: (i) **Variabilidade de Workflow:** em um workflow, algumas unidades de serviços podem não ser solicitadas por um usuário de um serviço específico; além disso, parte dessa sequência pode ser realizada de forma diferente para outro usuário específico. Assim, unidades de serviços podem ser alternativas ou de forma opcional ajustadas a determinado workflow dependendo dos usuários específicos dos serviços; (ii) **Variabilidade de Composição:** a variação ocorre sobre a seleção da interface de serviço mais adequada, pois para uma unidade de serviço pode existir mais de uma interface de serviço possível, com diferentes lógicas de implementação ou atributos de qualidades; (iii) **Variabilidade de Interface:** ocorre quando as interfaces de unidade de serviço não correspondem às interfaces de serviços publicados em UDDI no registro de serviços; (iv) **Variabilidade Lógica:** o componente de serviço deve fornecer lógicas diferentes dependendo dos serviços específicos solicitados.

## 3 TRABALHOS RELACIONADOS

A abordagem PL-Science [35] tem o propósito de apoiar a especificação e a condução de experimentos científicos em Bioinformática, através da associação de modelo de características e ontologia com elementos de suporte às atividades colaborativas.

A abordagem Collaborative PL-Science [36] possui como objetivo o desenvolvimento de um serviço para apoiar a interação entre os cientistas e oferecer mais semântica para o domínio de e-Ciência. Para esta finalidade, a abordagem PL-Science [35] foi estendida. A ideia é que essa proposta implemente um serviço que capture o histórico das atividades realizadas pelos cientistas, o que possibilitará que consultas e novas descobertas sejam feitas a partir desses dados. Esse histórico das atividades pode ser entendido como sendo os passos dos cientistas, bem como as decisões que foram tomadas, anotações feitas sobre os artefatos ou características [36].

Considerando a taxonomia proposta por Chang e Kim [34], os trabalhos apresentados anteriormente de LPS no domínio científico tratam apenas de "Variabilidade de Workflow". A nossa abordagem além desta, cobre também "Variabilidade de Composição", que será tratada na Seção 4.

Degrossi et al. [6] propuseram a criação de uma plataforma *crowdsourcing*, a partir de uma configuração existente para a obtenção de informações geográficas voluntárias úteis para o contexto de gestão de risco. Com o objetivo de promover a utilização de técnicas de reuso no contexto de GRI, utilizamos as propostas de Degrossi et al. [6] e Horita et al. [7] como base para a nossa abordagem de LPS, que será tratada na próxima seção.

## 4 Uma Proposta para Desenvolvimento de Famílias de Sistemas Colaborativos

Esta seção apresenta a AGORA-PL – abordagem que contribui com os desafios identificados na Seção 1. Para uma melhor compreensão da nossa proposta, esta seção foi dividida em quatro partes: na Seção 4.1 é apresentada a visão geral da arquitetura em que este trabalho está inserido; Na Seção 4.2 apresentamos o componente *AGORA-VOS*. Na Seção 4.3 apresentamos o componente *AGORA-DS*. Finalmente, na Seção 4.4 detalhamos o componente *AGORA-PL*, foco desta proposta.

## 4.1 AGORA

Esse trabalho está inserido em uma pesquisa sobre gestão do risco de inundação, desenvolvida por um grupo interdisciplinar, o qual é formado por pesquisadores da área de Sistemas de Informação, Hidrologia e de Redes de Computadores. Em particular, esse trabalho é parte do escopo de um projeto de pesquisa intitulado **AGORA<sup>1</sup> – A Geospatial Open collaborative Approach for Building Resilience against Flooding** ([FAPESP 2012/18675-1]), proposto por Albuquerque e Zipf [5], que visa desenvolver uma abordagem geoespacial colaborativa aberta para melhorar a resiliência da comunidade contra inundações e seus impactos. A abordagem AGORA combina dados provenientes de rede de sensores, de modelos de mudança climática, informações voluntárias e resultados de pesquisa, para fornecer alertas antecipados e projeções de risco de longo prazo. Além disso, essa abordagem tem como público alvo os tomadores de decisão e, também, a comunidade. Para tanto, essa é dividida em três pilares distintos: aquisição, integração e aplicação (Figura 2), sendo cada pilar composto por dois componentes.

A camada de aquisição é composta por um componente para a obtenção de informações voluntárias [6], e por um componente para o gerenciamento dinâmico e em tempo real de geosensores heterogêneos envolvidos na GRI. Esse, por sua vez, envolve a descoberta de geosensores, o acesso aos dados por eles produzidos, bem como a atribuição de uma tarefa específica a um determinado geosensor.

A camada de integração é composta por um componente para o gerenciamento e a fusão de informações, o qual consiste em uma arquitetura geoespacial colaborativa para gerenciar e integrar dados de sensores, informações voluntárias e dados de fontes oficiais relacionados à inundação. O Segundo componente dessa camada está voltado para a garantia da qualidade das informações, sendo esse desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Heidelberg, na Alemanha.

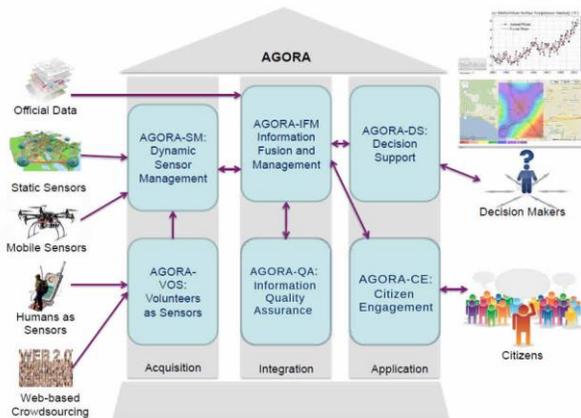


Figura 2. Arquitetura do AGORA

Por fim, a camada de aplicação é composta por um componente de apoio à decisão [37], que consiste em uma abordagem que processa dados convencionais (dados de sensores e dados oficiais) e informações de voluntários e os disponibiliza para os tomadores de decisão, a fim de apoiar o processo de tomada de decisão na GRI, e por um componente para o engajamento dos cidadãos, cujo

intuito é disponibilizar alertas antecipados e exibir em mapas o índice de perigo.

## 4.2 AGORA-VOS: Volunteers as Sensor

O componente AGORA-VOS faz parte do pilar de aquisição de informações. Em particular, esse componente tem como objetivo coletar informações voluntárias relacionadas ao contexto de gestão de risco de inundação. Para tanto, foi proposta uma plataforma de *crowdsourcing*, intitulada Observatório Cidadão de Enchentes (OCE), para a obtenção dessas informações. Essa possibilita a obtenção de informações úteis ao contexto de GRI, mais especificamente sobre áreas alagadas e altura da água no leito do rio. Em particular, o OCE consiste em uma instância da plataforma de *crowdsourcing* Ushahidi, pois essa é mundialmente utilizada por ativistas, agências de emergência e cidadãos para mapear eventos extremos [38].

A fim de facilitar o fornecimento de informações sobre o risco de inundação no OCE, uma equipe interdisciplinar, composta por cientistas da computação e hidrologistas, definiu mecanismos de interpretação que são representados por meio de categorias distintas, sendo as marcações dessas representadas por subcategorias. Dessa forma, o voluntário pode identificar mais facilmente a categoria que melhor representa o cenário observado.

Para enviar um relato, os participantes podem utilizar tanto o aplicativo para celular quanto o Web site. O envio de um relato requer que o voluntário forneça algumas informações obrigatórias, sendo as demais informações opcionais (nome, sobrenome, e-mail, link de fonte de notícias, link de vídeo externo e fotos): (i) **Título:** representa o assunto abordado no relato; (ii) **Descrição:** representa a observação realizada pelo voluntário, por exemplo, a altura da água ou área alagada; (iii) **Categoria:** representa o mecanismo utilizado para interpretação da variável ambiental, o qual fornece informações sobre a altura da água no leito do rio e áreas alagadas; (iv) **Nome do local:** representa o local de onde o voluntário está enviando o relato.

Em virtude da incerteza da credibilidade das informações voluntárias, essas são verificadas antes de serem disponibilizadas para a visualização. O objetivo dessa verificação é reduzir o número de informações falsas ou imprecisas. Assim, antes dos relatos serem disponibilizados *online*, o administrador da plataforma deve aprová-los. Uma vez aprovado, esse pode ter dois status distintos: verificado e não verificado. O status "verificado" indica que a informação presente no relato pode ser confirmada por outras fontes externas, como diferentes mídias e outros voluntários. Em contrapartida, o status "não verificado" indica que não ocorreu nenhuma verificação relacionada ao incidente reportado, ou seja, o administrador não encontrou outras notícias na mídia que confirmassem tal acontecimento ou nenhum outro voluntário reportou o mesmo incidente. Inicialmente, os responsáveis pelo OCE exercem o papel de administrador da plataforma, aprovando e verificando os relatos inseridos na mesma. Contudo, espera-se que agências de emergência, envolvidas na gestão de risco de inundação, desempenhem futuramente esse papel.

## 4.3 AGORA-DS: Decision Support

O componente AGORA-DS tem como objetivo processar, em conjunto, informações advindas das redes de sensores sem fio e fontes de dados oficiais com aquelas compartilhadas por voluntários a fim de utilizá-las para apoiar o processo de tomada de decisão na GRI. Para isso, ele está fundamentado em uma

<sup>1</sup> <http://www.agora.icmc.usp.br/>

abordagem suportada pela estrutura conceitual apresentada na Figura 3 [37]. Como pode-se observar, esta estrutura é composta por quatro camadas, aquisição, integração, aplicação e negócio, responsáveis por definir mecanismos essenciais para compor o componente AGORA-DS. Dentre eles, destaca-se o AGORA-GeoDash, um sistema de informação em forma de *geosensor dashboard* definido com o objetivo de apresentar, de maneira simples, todas as informações essenciais para apoiar as tarefas presentes no processo decisório da GRI [7].

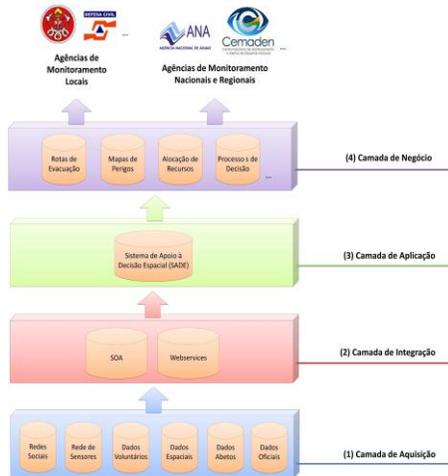


Figura 3. Estrutura conceitual do AGORA-DS

A estrutura do AGORA-DS define um conjunto de elementos para atuar na coleta, armazenamento, processamento e apresentação das informações necessárias para GRI. Uma rede de sensores sem fio coleta, em tempo real, dados relacionados a situação real das variáveis presentes nas zonas de risco. Estes dados são armazenados e compartilhados com ferramentas de visualização utilizando padrões de interoperabilidades [39]. Por fim, com vias de tornar fácil e rápido a compreensão dessas informações, eles são apresentados em um *geosensor dashboard* utilizando um conjunto de índices em gráficos com interpretação intuitiva e imediata como apresentado na Figura 4.



Figura 4. Geosensor Dashboard

Como observa-se na Figura 4, os índices citados são apresentados nos elementos 2, 3, 4, 5 e 8. Além disso, o elemento 1 é um mapa utilizando para identificar os sensores que monitoram o rio nas áreas de risco e o elemento 7 exibe uma foto tirada por um desses sensores. Todos estes elementos são essenciais para auxiliar no monitoramento do risco de inundações pelas agências oficiais, regionais e nacionais.

#### 4.4 AGORA-PL: Product Line Engineering

AGORA-PL é o componente responsável pela geração de famílias de sistemas de apoio à decisão espacial (*Spatial Decision Support Systems* – SDSS). A base do AGORA-PL são as LPSOAs, considerando que a integração de dados no AGORA é feita por meio de SOA e serviços web.

AGORA-PL tem como principal objetivo modelar explicitamente as características comuns e variáveis de uma LPS, por meio da técnica de modelos de características. Uma característica pode denotar qualquer propriedade funcional ou não funcional em relação a requisitos, arquitetura, componentes ou plataformas computacionais. O processo evolucionário da AGORA-PL consiste em dois principais processos como mostrado na Figura 5, similar ao da abordagem PLUS [40]: (i) **Engenharia de Linha de Produto** – um modelo de LPS, que oferece múltiplas visões da LPS; (ii) **Engenharia de Aplicação** – um sistema alvo (aplicação) é um membro da LPS, e a múltipla visão do modelo para um sistema alvo é configurado a partir do modelo de múltiplas visões da Engenharia de LPS. Outra iniciativa do AGORA-PL é apoiar, por meio da aplicação técnicas de LPS, a composição de serviços web geoespaciais.

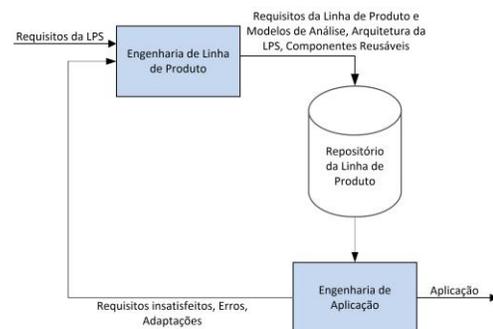


Figura 5. Modelo de processo evolucionário para LPS

##### 4.4.1. Composição de Serviços Web Geoespaciais

Geralmente, um serviço web geoespacial (*Geospatial Web Service* – GWS) pode ser visto como uma aplicação web modular que fornece serviços em relação aos dados geoespaciais, informações ou conhecimento [41]. Semelhante a um serviço web tradicional, as operações básicas durante o ciclo de vida de um GWS incluem publicação, descoberta, ligação, invocação e execução. GWS fornece aos usuários a capacidade de geração de funcionalidades complexas, a partir da composição de serviços atômicos, e essas novas funcionalidades compostas também podem ser publicadas como novos serviços web, reiniciando o ciclo de vida do GWS [42].

Existem várias estratégias diferentes de composição de serviços web baseadas em plataformas e frameworks existentes. Vários autores têm providenciado avaliações comparativas e críticas dessas estratégias, incluindo Mathkour et al. [43]. Abordagens desenvolvidas na literatura para a composição de serviços podem ser classificadas em duas categorias [43]: sintáticas e semânticas. A estratégia sintática trata da composição baseada em modelos abstratos e XML. A estratégia semântica trata da composição baseada em ontologia, com o objetivo de permitir que aplicativos usem anotações e mecanismos de inferência apropriados para automatizar todas as etapas do ciclo de vida do serviço web.

Nos primeiros trabalhos sobre a composição de GWS, houve uma tentativa de aplicar essas mesmas estratégias ao domínio

geoespacial. No entanto, alguns destes estudos não conseguiram satisfazer as necessidades desse domínio, pois a composição de GWS é diferente devido às seguintes características [44]: (i) consiste em protocolos leves, (ii) processam informações baseadas em *crowdsourcing* e, principalmente, (iii) devem ter a capacidade de processar, em tempo real, as fontes de dados geoespaciais que produzem grandes volumes de dados heterogêneos.

Assim, tendo em vista a heterogeneidade de dados geoespaciais que a abordagem AGORA utiliza – informações de voluntários, dados provenientes de rede de sensores e de modelos de mudança climática – são necessários padrões para tratamento da interoperabilidade entre eles [44]. Um exemplo de padrão, foco do AGORA-PL, é o OGC *Web Processing Service* (WPS), especificação que define um conjunto de interfaces padronizadas para facilitar a publicação e acesso dos processos geoespaciais por meio da rede [42][45]. Essa especificação define apenas a estrutura de comunicação entre o servidor de aplicação e o cliente.

Segundo Walenciak e Zipf [46], para fazer especificações sobre o conteúdo de um WPS é necessário criar um perfil de aplicação. A especificação WPS 1.0 [45] define um perfil de aplicação como um único processo que é descrito por meio da função *DescribeProcess* [46]. Esta definição não satisfaz as exigências do domínio GRI, pois não inclui a variedade de processos que este domínio requer. Levando em consideração que a especificação WPS é limitada, métodos/técnicas para melhorar a especificação atual são necessários. Em termos de sistematização, LPS pode ser aplicada na composição de GWS, pois flexibilidade e reúso são os principais objetivos demandados no desenvolvimento de aplicações complexas baseadas em Serviços Web OGC [47].

Dessa forma, uma revisão sistemática da literatura (RS), em fase de condução pelos autores deste trabalho, visa entender a dinâmica de funcionamento da composição geoespacial. O resultado dessa RS fornecerá o suporte necessário ao AGORA-PL para a composição de GWS, utilizando o padrão OGC WPS.

#### 4.4.2. Estágio Atual do AGORA-PL

No estágio atual da nossa pesquisa, estamos trabalhando na redefinição da semântica dos modelos de características para suportar o domínio de gestão do risco de inundação. Essa redefinição visa fornecer uma maneira correta de gerar os esquemas de composição, sem ambiguidade, a partir dos modelos de características.

Tendo em vista que trata-se de um trabalho em desenvolvimento, destacamos aqui apenas as contribuições em direção a identificação/extração de características do domínio GRI, por meio da aplicação de técnica de modelos de características. Os modelos gerados – diagramas de características – a partir da aplicação desta técnica, são incorporados aos ativos principais da LPS. Na próxima subseção, demonstramos a aplicação da técnica para geração dos diagramas de características. Esses modelos serão, em um segundo momento, transformados em esquemas de composição para facilitar a orquestração dos GWS.

Como próxima etapa do nosso projeto, a nossa intenção é definir um *framework* para apoiar as fases de geração das famílias de SDSS, similar ao processo DynPL4BPM [48] para comportar as especificidades do domínio de GRI. Contudo, alguns desafios deverão ser concluídos para desenvolver a abordagem aqui proposta. Estes incluem: (i) Entender as especificidades do domínio GRI – requisitos, restrições, ciclo de vida etc.; (ii) Identificar as principais estratégias de composição de serviços

web geoespaciais. Neste ponto, destaca-se que já existe uma revisão sistemática em condução. Os resultados desta servirão de base para a adaptação do *framework*; (iii) Propor um conjunto de ferramentas, para apoiar o processo de engenharia do AGORA-PL e (iv) Integrar a geração automática de modelos à camada de aplicação do AGORA-DS.

Em um nível de granularidade menor, concentraremos os esforços na resolução do problema de composição de serviços web, a partir da utilização do padrão OGC WPS e modelos de características, conforme discutido na Subseção 4.4.1.

#### 4.4.3. Exemplo de Aplicação

Utilizamos o próprio AGORA como exemplo de aplicação para a gestão de variabilidades e geração de famílias de SDSS. A iniciativa é deixar o uso da abordagem AGORA flexível para diferentes contextos, ou seja, em alguns pode-se ter um SDSS com dados de voluntários e dados oficiais de sensores estáticos, em outros, apenas dados oficiais e dados de sensores móveis etc.

Na Figura 6(a) é apresentado um exemplo de diagrama de características. O diagrama é composto por um elemento principal chamado **Raiz** – AGORA, que possui ligações para outros elementos, que são denominados de **Ramos**. Estes ramos levam a outros elementos que também possuem outros ramos. O elemento que não possui ramos é conhecido como **Folha**. Para a geração do diagrama, adotamos as seguintes regras: (i) os ramos representam os componentes do workflow – AGORA-SM, AGORA-IFM, AGORA-DS – ou subcomponentes – AGORA-VOS, AGORA-QA e AGORA-CE; (ii) as folhas representam as fontes de dados e/ou informação que o AGORA utiliza – *Human as Sensors*; *Web-based Crowdsourcing*, *Static Sensors*, *Mobile Sensors*, *Official Data*, *Citizens* e *Decision Makers*.

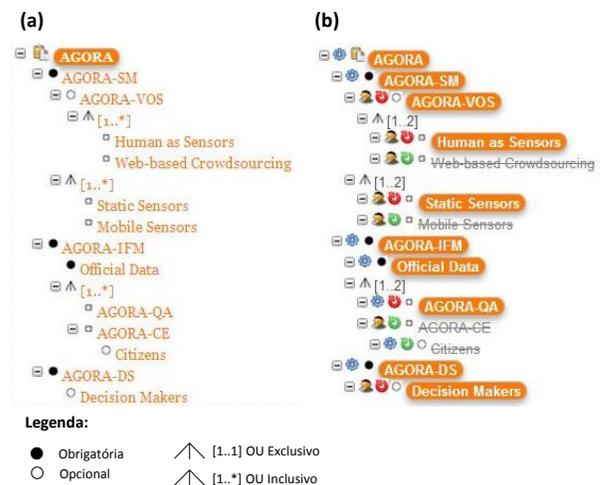


Figura 6. Diagrama de características do AGORA

A Figura 8(b) apresenta um exemplo de configuração para o modelo apresentado na Figura 8(a), ou seja, um modelo de configuração válido foi gerado para o modelo apresentado na Figura 8(a). Neste exemplo, as características escolhidas são as destacadas, o que geraria um SDSS que utiliza informações de VGI e sensores estáticos, como se pode observar ao selecionar, respectivamente, as características filhas *Human as Sensors* e *Static Sensors*. As características desprezadas aparecem tachadas, como é o caso de *Web-based Crowdsourcing*. Conforme análise do modelo da Figura 6(a), são possíveis 120 configurações válidas/famílias para o AGORA. Portanto, para cada contexto,

seria possível gerar uma configuração de SDSS, e com isso estamos fornecendo flexibilidade ao domínio de GRI. Destaca-se que nenhuma restrição foi imposta ao modelo, o que demonstra o número elevado de configurações válidas de famílias de SDSS.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo deste trabalho foi propor uma abordagem preliminar de LPS, denominada AGORA-PL, que integra elementos de colaboração e sistemas de suporte à decisão geoespacial. No contexto do projeto AGORA, o AGORA-PL é o componente responsável pela geração de famílias de sistemas de apoio à decisão espacial, tendo como base as LPSOAs, considerando que a camada de integração dos dados no AGORA utiliza SOA e serviços web. As principais contribuições desta proposta foram: (i) Inserção do reuso no contexto da GRI; (ii) Redefinição dos modelos de características para permitir as especificidades do contexto da GRI (1ª etapa), visando a criação de um *framework* para apoiar e sistematizar a geração de famílias de SDSS (2ª etapa).

Como próximas etapas do nosso trabalho, pretende-se apresentar uma proposta para resolução do problema da especificação OGC WPS, discutida na Subseção 4.4.1, incluindo a utilização de técnicas de reuso e captura de domínio – modelos de características. Além desta, esforços serão concentrados na resolução dos desafios apresentados na Subseção 4.4.2, especificamente aqueles relacionados à definição do *framework*.

## REFERÊNCIAS

- [1] UNISDR. 2007. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Available in [http://www.unisdr.org/files/1037\\_hyogoframeworkforactionenglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf)
- [2] Plate, E.J. 2002. Flood risk and flood management. *J. of Hydrology*. 267, 2 (Oct. 2002), 2-11.
- [3] Poser, K., and Dransch, D. 2010. Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation. *Geomatica*. 64,1(2010),89-98.
- [4] Goodchild, M.F. 2007. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *Geojournal*. 69, 4(2007) 211-221.
- [5] Albuquerque, J.P., and Zipf, A. 2012. Collaborative information systems for disaster management: Building resilience against disasters by combining participatory environmental monitoring and vulnerability communication. In *Proc. of the Alumni Seminar Natural Hazards – Research on Natural Disasters, Civil Defense, Disaster Prevention, and Aid* (Teresópolis, Jun. 15-17, 2012). ALUMNI SEMINAR '12. DAAD, Rio de Janeiro, 71-74.
- [6] Degrossi, L.C., Albuquerque, J. P., Fava, M.C., Mendiondo, E.M. 2014. Flood Citizen Observatory: a crowdsourcing-based approach for flood risk management in Brazil. In *Proc. of the 26th Int. Conf. on Soft. Engineering and Knowledge Engineering* (Vancouver, Jul. 1-3, 2014). SEKE '14. Knowledge Systems Inst. Graduate School, 1-6.
- [7] Horita, F.E.A., Fava, M.C., Mendiondo, E.M., Rotava, J., Souza, V.C., Ueyama, J., and Albuquerque, J.P. 2014. AGORA-GeoDash: A Geosensor Dashboard for Real-time Flood Risk Monitoring. In *Proc. of the 11th Int. ISCRAM Conf.* (Pennsylvania, May. 18-21, 2014). ISCRAM '14. The Penn State University, 302-311.
- [8] Jha, A.K., Bloch, R., and Lamond, J. 2012. Cities and Flooding: A guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. World Bank, Washington.
- [9] E. M. Mendiondo. 2005. Flood Risk Management of Urban Waters in Humid Tropics: Early Warning, Protection and Rehabilitation. In *Proc. of the Workshop on Integrated Urban Water Managmt. in Humid Tropics* (F. Iguazu, Apr. 2-3, 2005). 1-14.
- [10] Fava, M.C., Mendiondo, E. M., Souza, V.C.B., Albuquerque, J.P. de, Ueyama, J. 2013. Proposta Metodológica para Previsão de Enchentes com uso de Sistemas Colaborativos. In *Proc. of the XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* (Bento Gonçalves, Nov. 17-22, 2013). SBRH '13. ABRH, Bento Gonçalves, RS, 1-8.
- [11] Crichton, D. and Mounsey, C. 1997. How the insurance industry will use its oods research. In *Proc. of the 3rd MAFF Conf. of Coastal and River Engineers*. CCRE '97.
- [12] Simonovic, S. P. 1999. Decision Support System for Flood Management in the Red River Basin. *Canadian Water Resources J.* 24, 3 (1999), 203-223.
- [13] De Longueville, B., Annoni, A., Schade, S., Ostlaender, N., and Whitmore, C. 2010. Digital earth's nervous system for crisis events: real-time sensor web enablement of volunteered geographic information. *Int. J. of Digital Earth*. 3, 3 (May. 2010), 242-259.
- [14] Heipke, C. 2010. Crowdsourcing geospatial data. *ISPRS-J. Photogramm. Remote Sens.* 65, 6 (Nov. 2010), 550-557.
- [15] Goodchild, M.F., and Li, L. 2012. Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistics*. 1 (May. 2012), 110-120.
- [16] Horita, F. E. A., Degrossi, L. C., de Assis, L. F. G., Zipf, A., and de Albuquerque, J.P. 2013. The use of volunteered geographic information (VGI) and crowdsourcing in disaster management: a systematic literature review. In *Proc. of the 19th Americas Conf. on Information Syst.* (Chicago, Illinois, Aug. 15-17, 2013). AMCIS'13. AIS, Atlanta, 1-10.
- [17] Schade, S., Díaz, L., Ostermann, F., Spinsanti, L., Luraschi, G., Cox, S., Nuñez, M. and Longueville, B. D. 2013. Citizen-based sensing of crisis events: sensor web enablement for volunteered geographic information. *Applied Geomatics*. 5, 1 (Mar. 2013), 3-18.
- [18] Kaewkitipong, L., Chen, C., & Ractham, P. 2012. Lessons learned from the use of social media in combating a crisis: A case study of 2011 thailand flooding disaster. In *Proc. of the 33th International Conf. on Information Systems*. (Orlando, 2012). ICIS '12. AIS, Atlanta, USA, 1-17.
- [19] Longueville, B. D., Smith, R. S., and Luraschi, G. 2009. Omg, from here, I can see the flames! – a use case of mining location based social networks to acquire spatio-temporal data on forest fires. In *Proc. of the Int. Workshop on Location Based Social Networks* (Seattle, Nov. 3, 2009). LBSN '09. ACM, New York, 73-80.
- [20] McDougall, K. 2011. Using Volunteered Information to Map the Queensland Floods. In *Proc. of the Surveying & Spat. Sci. Biennal Conf.* (Wellington, Nov. 21-25, 2011). SSSC'11.

- [21] Zook, M., Graham, M., Shelton, T., Gorman, S. 2010. Volunteered geographic information and crowdsourcing disaster relief: a case study of the Haitian Earthquake. *World Medical & Health Policy* 2, 2 (Jul. 2010), 7-33.
- [22] Erskine, M., Gregg, D. 2012. Utilizing Volunteered Geographic Information to Develop a Real-Time Disaster Mapping Tool: A Prototype and Research Framework. In *Proc. of the Int. Conf. on Information Resources Manag.* (Vienna, May. 21-23, 2012). Conf-IRM '12. AIS, Atlanta, 1-13
- [23] De Longueville, B., Luraschi, G., Smits, P., Peedell, S., and De Groeve, T. 2010. Citizens as Sensors for Natural Hazards: A VGI integration Workflow. *Geomatica*. 1(Jan.2010)41-59.
- [24] Clements, P. and Northrop, L. 2001. *Software Product Lines: Practices and Patterns*. Addison-Wesley, Boston, MA.
- [25] Gimenes, I. and Travassos, G. H. 2002. O Enfoque de Linha de Produto para Desenvolvimento de Software, In: *XXI Jornada de Atualização em Informática - Livro Texto*, Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre.
- [26] Bachmann, F., and Bass, L. 2001. Managing variability in software architectures. In: *Proc. of the Symposium on Software Reusability* (Toronto, Canada, May. 18-20, 2001) SSR '01. ACM, New York, 126-132.
- [27] Santos Rocha, R. and Fantinato, M. 2013. The use of software product lines for business process management: a systematic literature review. *Inform and Software Tech.* 55, 8 (Aug. 2013), 1355-1373.
- [28] Kang, D., and Baik, D. K. 2010. Bridging software product lines and service-oriented architectures for service identification using BPM and FM. In *Proc. of the 9th IEEE/ACIS Int. Conf. on Computer and Inf. Sci.* (Yamagata, Aug., 2010). ACIS '10. IEEE, Washington, 755-759.
- [29] Kang, C. K., Kim, S., Lee, J., Kim, K, Shin, E., and Huh, M. 1998. FORM: A feature-oriented reuse method with domain-specific reference architectures. *Ann. Softw. Eng.* 5 (Jan. 1998), 143-168.
- [30] Fantinato, M. 2007. *Uma abordagem baseada em características para o estabelecimento de contratos eletrônicos para serviços web*. Tese de Doutorado, IC, Unicamp, Campinas, 2007.
- [31] Groner, G., Wende, C., Boskovic, M., Silva Parreiras, F., Walter, T., Heidenreich, F., Gasevic, D., and Staab, S. Validation of Families of Business Processes. In *Proc. of the 23rd Int. Conf. on Advanced Information Syst. Eng* (London, 2011). CAiSE'11. Springer, Heidelberg, 551-565.
- [32] Trujillo, S., Kästner, C., and Apel, S. 2007. Product Lines that Supply Other Product Lines: A Service-Oriented Approach. In *Proc. of the Workshop on Service-Oriented Architectures and Software Product Lines* (Kyoto, Japan, 2007). SOAPL'07. SEI, Hanscom AFB, MA, E1-E6.
- [33] Ye, E., Moon, M., Kim, Y., and Yeom, K. 2007. An approach to designing service-oriented product-line architecture for business process families. In *Proc. of the 9th Int. Conf. on Adv. Communication Technology* (Gangwon-Do, 2007). CACT'07. IEEE, Washington, 999-1002.
- [34] Chang, S. H., and Kim, S. D. 2007. A Variability Modeling Method for Adaptable Services in Service-Oriented Computing. In *Proc. of the Int. Software Product Line Conf.* (Kyoto, 2007). SPLC'07. IEEE, Washington, 261-268.
- [35] Costa, G. C. B., Braga, R. M., David, J. M. N., Campos, F. C. A., Arbex, W. 2013. PL-Science: A Scientific Software Product Line. *Procedia Comp. Sci.* 18 (2013), 759-768.
- [36] Pereira, F. A., David, J. M. N., Braga, R., and Campos, F. 2013. Uma Abordagem para a Integração de Elementos de Colaboração ao Núcleo de Artefatos de uma Linha de Produtos de Software Científico. In *Simp. Brasileiro de Sistemas Colaborativos* (Manaus, AM, Out, 8-11, 2013).
- [37] Horita, F. E. A. and Albuquerque, J. P. 2013. An Approach to Support Decision-Making in Disaster Management based on Volunteer Geographic Information (VGI) and Spatial Decision Support Systems (SDSS). In *Proc. of the 10th ISCRAM Conf.* (Baden Baden, Germany, 2013). ISCRAM'13. The Penn State University, 301-306.
- [38] Ushahidi. 2014. The ushahidi platform. Available in <http://ushahidi.com/products/ushahidi-platform>
- [39] Botts, M., Percivall, G., Reed, C., and Davidson, J. 2008. OGC sensor web enablement: Overview and high level architecture, *GeoSensor Networks*. 4540 (2008), 175-190.
- [40] Gomaa, H.; Saleh, M. Software product line engineering for Web services and UML. In *Proc. of the 3rd IEEE Int. Conf. on Computer Systems and Applications* (Cairo, Egypt, 2005) ACS'05. IEEE, Washington, 110.
- [41] Khaled, R., Tayeb, L.M., and Servigne, S. 2010. Geospatial Web Services Semantic Discovery Approach Using Quality. *J. of Convergence Information Tech.* 5, 2 (Apr. 2010), 28-35.
- [42] Farnaghi, M. and Mansourian, A. 2013. Automatic composition of WSMO based geospatial semantic web services using artificial intelligence planning. *J. Spat. Sci.* 58, 2 (Jul. 2013), 235-250.
- [43] Mathkour, H., Gannouni, S. and Beraka, M. 2012. Web Service Composition: Models and Approaches. In *Proc. of the Int. Conf. on Multimedia Comput. and Systems* (Tangier, May, 2012). ICMCS'12. IEEE, Washington, 718-723.
- [44] Zhao, P., Foerster, T. and Yue, P. 2012. The geoprocessing web. *Comput. Geosci.* 47 (Oct. 2012), 3-12.
- [45] OGC. 2014. Open Geospatial Consortium. Available in <http://www.opengeospatial.org>
- [46] Walenciak, G., and Zipf, A. Designing a Web Processing Service Application Profile for Spatial Analysis in Business Marketing. In *Proc. of the AGILE Conf. on Geographic Inf. Sci.* (Guimarães, 2010) AGILE'10. Springer, Heidelberg, 1-8.
- [47] Weiser, A., and Zipf, A. 2007. Web service orchestration of OGC web services for disaster management. In *Proc. of the Joined CIG/ISPRS Conf. on Geomatics for Disaster and Risk Management* (Toronto, May. 23-25, 2007). Gi4DM '07. Springer, Heidelberg, 1-15.
- [48] Rocha, R.S. 2012. *Linha de produto para Gestão de Processos de Negócio incluindo aspectos dinâmicos*. Dissertação de Mestrado, EACH, USP, São Paulo, 2012.
- [49] Endsley, M.R. 1988. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In *Proc. of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Anaheim, California). HFES'88, 97-101.

# Filtragem colaborativa de rotas de ônibus usando dados sobre a acessibilidade das vias urbanas

Marlon Fernandes Antonio, Filipe Roseiro Côgo, Igor Steinmacher, Ana Paula Chaves  
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR  
 Via Rosalina Maria dos Santos, 1233  
 Campo Mourão, Paraná  
 marlonfa@gmail.com, {filiper, igorfs, anachaves}@utfpr.edu.br

## ABSTRACT

Big cities still facing serious problems related to urban traffic. This fact highlights the need for new solutions aiming to improve the efficiency of the public transportation systems. Based on this, researchers have been developing systems to improve the experience of using public transportation. However, there is still an unexplored gap related to the use of these systems by visually impaired people. The goal of this study is presenting a technological solution that relies on data obtained from the crowds to recommend routes according to the bus stop accessibility level to support visually impaired users to use public transportation system with autonomy and safety.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.3 [Information Interfaces and Presentation]:  
 Computer-supported cooperative work

## General Terms

Human Factors

## Keywords

accessibility, public transportation, bus route recommendation, crowdsourcing

## 1. INTRODUÇÃO

As grandes cidades possuem diversos problemas relacionados ao trânsito urbano [16], tais como engarrafamentos, falta de infraestrutura e má qualidade dos serviços prestados pelo transporte público, os quais impactam a mobilidade das pessoas no cenário urbano. Estimular o uso do transporte público é uma possível solução para dar suporte à mobilidade urbana, pois reduz a quantidade de veículos nas vias públicas [5] e possibilita que o trânsito cumpra sua função social, relacionada ao atendimento às demandas de acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida da população urbana

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

[2]. Entretanto, existem diversos problemas relacionados ao uso dos transportes públicos que, muitas vezes, fazem com que as pessoas optem por usar veículos particulares. Muitos desses problemas são relacionados à falta de infraestrutura e de informações atualizadas sobre o serviço prestado (horários, atrasos, linhas e veículos disponíveis, entre outros [4]).

Em particular, pessoas com deficiência visual, mais especificamente pessoas cegas, enfrentam desafios ainda maiores para se deslocar utilizando o transporte público, pois possuem necessidades específicas que muitas vezes não são suficientemente apoiadas pelas facilidades de acesso oferecidas pelo serviço público de transporte. Problemas como a falta de infraestrutura adequada, de identificação dos ônibus, de identificação correta das paradas de ônibus, de sinais sonoros, dentre outros, refletem a falta de acessibilidade ao uso do transporte público. Acrescenta-se a isso as más condições de acessibilidade nos locais próximos às paradas de ônibus. Em pesquisas realizadas por Monteiro [13] e Fornaziero [6] fica claro que pessoas com deficiência visual apresentam grande dificuldade em chegar ao ponto de ônibus desejado, seja por falta de informação a respeito da localização do ponto, pelos diversos obstáculos presentes nas calçadas (lixeiras, buracos, telefones públicos, etc) ou pela maneira de identificar o ônibus pelo qual estão esperando, sem que haja alguma pessoa disposta a avisá-los. Por esta razão, torna-se mais difícil o uso do sistema público de transporte por esse grupo de usuários [2]. Além disso, de acordo com Hara et al. [8], pessoas com deficiência visual dependem de planejamento e de conhecimento prévio sobre as condições de acessibilidade de cada local, podendo, dessa forma, eleger o seu trajeto de acordo com as suas capacidades físicas e/ou cognitivas.

Informações sobre quais facilidades de acesso existem em locais próximos à parada de ônibus (por exemplo, sinais sonoros, calçadas ou mapas táteis) nem sempre estão disponíveis para quem delas necessitam. Quando a informação existe, nem sempre está atualizada. Por exemplo, algumas empresas permissionárias disponibilizam informações a respeito da acessibilidade em seus próprios sites, como é o caso da empresa URBS (Urbanização de Curitiba S/A) <sup>1</sup>, em Curitiba. Porém, podem haver determinadas paradas em que as facilidades oferecidas estejam danificadas, inoperantes ou ausentes, por diferentes razões. Ou ainda, as informações podem não ser precisas para dizer, exatamente, para qual parada de ônibus cada facilidade está disponível e, em muitas situações, instrumentar os veículos e as paradas de ônibus com sensores não é uma alternativa de baixo custo.

Com o intuito de compreendermos as principais dificulda-

<sup>1</sup><http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/acessibilidade>

des enfrentadas por esse grupo de usuários, foram coletados alguns *feedbacks* de pessoas com deficiência visual a respeito da sua experiência com o uso de transportes públicos. Os resultados, que serão brevemente discutidos na Seção 3, mostraram a necessidade de conhecer previamente o trajeto que irá seguir antes de dirigir-se às paradas de ônibus. Além disso, os *feedbacks* mostram a dependência que o deficiente visual tem de outras pessoas para poder utilizar o serviço de transporte com segurança. Perguntar a terceiros é uma maneira bastante comum de adquirir informação sobre as condições de acessibilidade dos locais pelos quais planeja-se passar. Sendo assim, considera-se o uso de *crowdsourcing* como uma forma viável de se obter dados a respeito da disponibilidade, das condições de uso e das facilidades de acesso de um local. De acordo com Howe [10], *crowdsourcing* é um modelo de produção de informação colaborativo, baseado na inteligência coletiva, que consiste em delegar pequenas tarefas para uma grande quantidade de pessoas. Os resultados dessas pequenas tarefas podem, então, ser combinadas de maneira a produzir informação e novos conhecimentos.

Este artigo tem como objetivo apresentar um algoritmo de filtragem colaborativa que se utiliza da inteligência coletiva para recomendar rotas de ônibus mais apropriadas para deficientes visuais, baseado na identificação do nível de acessibilidade de determinadas locais próximos a paradas de ônibus. Para lidar com as informações obtidas, um algoritmo clássico de filtragem colaborativa foi adaptado. A filtragem colaborativa [17] utiliza os perfis, as preferências e as avaliações anteriores de um grupo de usuários a fim de prever a recomendação para um usuário específico. No contexto do recomendador de rota de ônibus, tais preferências e avaliações são as informações sobre o nível de acessibilidade de acordo com as particularidades da deficiência de cada indivíduo, obtidas por meio de *crowdsourcing*.

Com a utilização do sistema de recomendação de rotas de ônibus, o usuário com deficiência visual será capaz de planejar sua rota utilizando o transporte público, observando a acessibilidade das paradas e dos locais próximos às paradas. A principal contribuição deste trabalho é demonstrar como a utilização de um algoritmo de recomendação baseado na filtragem colaborativa de informações sobre os níveis de acessibilidade das vias urbanas pode auxiliar deficientes visuais a julgar se uma determinada rota de ônibus é adequada às suas limitações.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, são apresentados trabalhos relacionados que serviram como base para a concepção desta pesquisa. Na Seção 3 são apresentados alguns dados relacionados ao *feedback* dos deficientes visuais a respeito de suas experiências no uso do transporte público coletivo. Na Seção 4, é descrito o contexto em que o recomendador de rotas de ônibus está inserido e suas interfaces. A Seção 4.2 apresenta as principais características do recomendador e um cenário de aplicação. Por fim, a Seção 6 faz algumas discussões a respeito da pesquisa e dos trabalhos futuros.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Há trabalhos que enfatizam a importância dos pontos de paradas de ônibus terem acessibilidade para as pessoas com deficiência, como em Norgate [14] e Soltania et al. [18], que argumentam sobre a necessidade de uma melhor infraestrutura no ambiente urbano para auxiliar pedestres com deficiência. Segundo os autores, itens como informações audi-

tivas e táteis, calçadas antiderrapantes e com rebaixamento nas extremidades tornam o ambiente mais seguro para esses usuários.

Hara et al. [8] desenvolveram um trabalho que avalia a factibilidade de se explorar dados de *crowdsourcing* para identificar as condições de acessibilidade das calçadas utilizando imagens do *Google Street View*. Neste estudo, os usuários podem localizar e avaliar os problemas das calçadas de maneira colaborativa. Posteriormente, Hara et al. [7] atualizaram esse estudo apresentando um sistema capaz de reconhecer as paradas dos pontos de ônibus para auxiliar usuários com deficiência visual. Com esse sistema, ele pode informar aos usuários com deficiência visual quais obstáculos poderiam estar presentes nos pontos de paradas de ônibus, a fim de alertar esses usuários das problemáticas que poderiam enfrentar. Ambos os trabalhos indicam que o uso de dados *crowdsourcing* podem contribuir para identificar problemas relacionados a calçadas e sua acessibilidade, o que também motivou o uso dessa técnica nesta pesquisa.

Azenkot et al. [3] mostram a viabilidade do uso de *crowdsourcing* para obter informações sobre horários e locais das paradas de ônibus e apresentam um sistema móvel chamado *GoBraille*. Esse sistema atua por meio de anotação Braille, permitindo usuários com deficiência visual obterem informações referente aos horários de chegada e os locais de paradas dos ônibus, com dados obtidos por meio de *crowdsourcing*. Em Prasain [15], foi apresentado um refinamento do sistema *GoBraille*, o qual descarta o uso de um anotador Braille, utilizando somente recursos do próprio dispositivo móvel. Em Ferris et al. [5] é apresentado um aplicativo chamado *OneBusAway*, o qual utiliza informações em tempo real para notificar os usuários sobre o horário de partida e chegada dos ônibus, facilitando a escolha sobre qual ônibus pegar, baseado no tempo de chegada. As informações geradas pelo aplicativo *OneBusAway* são obtidas de forma colaborativa, ou seja, os usuários que estão dentro dos ônibus utilizam o aplicativo informando-o sobre os horários de partida e chegada de cada parada da rota desse ônibus.

Na literatura existem também algumas pesquisas relacionadas ao uso de dados *crowdsourcing* para auxiliar as pessoas em diversas tarefas relacionadas a mobilidade e transporte público, como no trabalho desenvolvido por Kashif et al. [11] no qual apresentam um aplicativo móvel chamado *CrowdITS*. Este aplicativo objetiva auxiliar usuários e motoristas de transporte público a fornecerem e obterem informações a respeito de congestionamentos e, assim, poder reencaminhar o trajeto para possíveis caminhos livres. Todos os dados que a aplicação *CrowdITS* utiliza provém dos próprios usuários e são gerados de maneira colaborativa. Kashif et al. defendem o uso de *crowdsourcing*, pois por meio desta solução é possível obter informações sobre os problemas de trânsito em tempo real e assim poder notificar os usuários sobre ocorrências que possam influenciar em sua interação com o sistema público de transporte. Considerando os objetivos deste trabalho, as informações atualizadas sobre o nível de acessibilidade dos pontos das paradas de ônibus podem ser utilizadas para auxiliar deficientes visuais a tomar decisões sobre o trajeto a seguir, tornando-se é um fator motivador para utilizar dados *crowdsourcing*.

Em Ludwig et al. [12], foi desenvolvido um aplicativo móvel chamado *Rose*, que recomenda rotas a partir de um ponto de interesse do usuário. Por exemplo, se o usuário digita “comer pizza” o recomendador retorna uma lista de

sugestões contendo os restaurantes que vendem pizza. O usuário escolhe qual restaurante ele deseja ir, o recomendador calcula a rota a partir do local atual do usuário até o restaurante, considerando qual o transporte público mais próximo do usuário para levá-lo ao seu ponto de destino. Essa recomendação exibe ao usuário o horário de partida dos ônibus, assim o usuário saberá se haverá tempo de chegar à parada a tempo de tomar o ônibus ou não. Caso o usuário perca o ônibus, o aplicativo faz uma busca de outro mais próximo ou recomenda ao usuário esperar outro ônibus ou, até mesmo, se deslocar a pé até o seu destino de interesse.

Holone et al. [9] propuseram o *OurWay*, um sistema de recomendação de rotas que visa auxiliar pedestres que utilizam cadeiras de rodas ou pais que caminham com carrinhos de bebê a transitarem no ambiente urbano. O sistema *OurWay* foi disponibilizado em versão móvel para que as pessoas, de forma colaborativa, possam relatar os lugares que apresentam problemas nas calçadas, como obstáculos e falta de acessibilidade. Assim o usuário, antes de traçar uma rota pode identificar os lugares que tenham esses problemas e então ter a chance de evitá-los. Holone conclui seu trabalho afirmando que, mesmo havendo poucos relatos referentes aos lugares com problemas, seu sistema foi capaz de gerar rotas eficazes aos usuários.

Embora as pesquisas citadas sejam de grande importância no que diz respeito à sistemas de informação que dão suporte ao uso do sistema de transporte público e mostrem a importância da acessibilidade para pessoas com deficiência visual, elas não investigam soluções específicas para recomendação de rotas de ônibus para esses usuários levando em consideração o nível de acessibilidade dos pontos de parada dos ônibus. Dessa forma, na próxima seção discutiremos os resultados do *feedback* obtido a partir de um questionário aplicado a 27 usuários do transporte público com deficiência visual.

### 3. QUESTIONÁRIO SOBRE ACESSIBILIDADE E USO DO TRANSPORTE PÚBLICO

A fim de compreender as principais necessidades relacionadas ao uso do transporte público por pessoas com deficiência visual, no período de Fevereiro a Maio de 2014 foram coletados *feedback* de 27 deficientes visuais que utilizam transporte público coletivo por meio de um questionário elaborado. O questionário foi submetido a e-mails de grupos de usuários com deficiência visual. Os participantes foram convidados a responder algumas questões a respeito de sua experiência no uso de transportes públicos e, a partir das respostas obtidas e do conhecimento identificado na literatura, foram estabelecidas as principais características para o recomendador de rotas de ônibus. Nesta seção apresentamos resultados preliminares relacionados à análise das respostas recebidas, objetivando levantar os principais requisitos para implementação do sistema de recomendação de rotas de ônibus para deficientes visuais.

A primeira característica importante a ser destacada diz respeito à interação com o recomendador. Dentre os participantes do questionário, todos utilizam leitores de tela como tecnologia assistiva e somente alguns utilizam display braille. Assim, o recomendador foi projetado de forma que a rota de ônibus pudesse ser lida por um software leitor de tela. Para

tanto, a rota será descrita de maneira textual na interface, de forma que as paradas de ônibus sejam identificadas, bem como outras informações importantes disponibilizadas aos usuários.

Quando arguidos sobre as principais dificuldades e desafios encontrados para se deslocar no ambiente urbano, os participantes relataram, principalmente, problemas relacionados a informações sobre o estado de conservação dos locais, a falta de sinal sonoro nos semáforos, as calçadas irregulares ou inexistentes, as obstruções nas vias e nas calçadas, a falta de piso tátil e a falta de informações sobre a localização e as linhas de ônibus. Dessa forma, conforme será apresentado na Seção 4, a arquitetura do sistema de recomendação de rotas de ônibus prevê o uso de um dicionário de palavras para identificar, a partir do conteúdo de mensagens sobre as condições de acessibilidade dos locais, potenciais problemas que afetem o deslocamento de pessoas com deficiência visual no ambiente urbano e, em particular, nos locais próximos às paradas de ônibus.

Outra questão é sobre o uso de tecnologia (aplicativo ou dispositivo eletrônico) para planejar o deslocamento urbano por parte dos deficientes visuais usuários do transporte público, a partir da qual foi possível perceber que a maioria dos participantes não fazem uso de tecnologias para essa tarefa. Dentre os participantes que faziam uso de tecnologia, pode-se perceber que o uso de GPS para se localizar é bastante comum e que, sempre que alguma informação sobre a acessibilidade de um local é necessária para planejamento do deslocamento urbano, essa informação é conseguida a partir de outros usuários que já tenham passado por esse local ou que estejam nele, conforme pode ser verificado pelas declarações seguintes.

“As únicas informações que me ajudam em minha caminhada são passadas por outros usuários que venham a me rodear conforme meu trajeto”;  
“(...) pesquiso como chegar, onde buscar orientações, quando preciso de ônibus pesquiso pelas linhas que terei de usar, etc.”

Perguntou-se também sobre como as informações a respeito das condições de acessibilidade de um ponto na cidade são adquiridas e, novamente, foi indicado que as pessoas são as principais fontes de informação. Respostas tais como “(...) através de conversas com outras pessoas (...)” e “(...) por meio de terceiros que já tenham se locomovido pelo local (...)” são exemplos das respostas típicas sobre como a informação a respeito da acessibilidade é adquirida pelos participantes. Tais respostas reafirmam a importância de se considerar o uso de inteligência coletiva para indicar as facilidades de acesso em diferentes pontos da cidade.

Os participantes foram também questionados sobre suas percepções a respeito da utilidade de um recomendador de rotas que considerasse as condições de acessibilidade nas vias públicas.

“Não sei bem se um dispositivo a mais seria interessante, mas sim um sistema online de consulta (...)”; “É importante para impedir por exemplo possíveis transtornos.”; “Caso eu pudesse visualizar o local com antecedência, para eu programar qual rota eu faria. Acharia bem válido isso, se fosse real, e não apenas na suposição.”

Dessas afirmações é possível perceber que, na consideração dos participantes, é interessante uma solução que permita planejar previamente a rota de ônibus, considerando as condições de acessibilidade de cada local que deverá ser visitado.

Assim, neste trabalho explora-se questões relacionadas à tarefa de auxiliar usuários com deficiência visual a planejarem seus deslocamentos urbanos usando o sistema público de transporte. Para endereçar tais questões, propõe-se um Recomendador de Rotas de Ônibus. Esse recomendador calcula rotas de ônibus passíveis de serem utilizadas por um usuário, considerando os níveis de acessibilidade das localidades próximas às paradas de ônibus. As informações necessárias às recomendações serão obtidas por meio de *crowdsourcing*, seja a partir da mineração dados de redes sociais (como o Twitter, por exemplo), como por meio de um aplicativo específico para publicação de mensagens sobre as facilidades de acesso presentes em cada local. Na seção seguinte, detalhamos o sistema de recomendação de rotas de ônibus.

#### 4. RECOMENDADOR DE ROTAS DE ÔNIBUS

O recomendador de rotas de ônibus proposto neste artigo faz parte de um conjunto de recursos computacionais que estão sendo desenvolvidos paralelamente, com o objetivo de oferecer tecnologias assistivas a pessoas com deficiência visual. Tais tecnologias são inter-relacionadas, pois há dependência entre os dados gerados por cada uma delas. No caso do recomendador de rotas de ônibus, é essencial que as mensagens obtidas por *crowdsourcing* sejam pré-processadas e classificadas para servir de entrada para o recomendador. Na subseção seguinte, apresentamos os principais componentes que interagem com o recomendador de rotas de ônibus proposto.

##### 4.1 Contexto para o recomendador

A Figura 1 mostra os elementos externos ao recomendador que geram dados necessários ao seu funcionamento. Sumariamente, as etapas funcionais necessárias à tarefa de recomendação são as seguintes:

1. Usuários de transporte público coletivo, sejam eles deficientes visuais ou não, ao constatar a existência (ou ausência) de facilidades de acesso nos locais próximos às ou nas próprias paradas de ônibus, registram essas informações, seja em uma aplicação específica para esse fim, seja em redes sociais de que o usuário participa, por exemplo, o Twitter.
2. Um minerador é responsável por coletar essas mensagens, extrair os dados relativos às facilidades de acesso usando um dicionário de palavras e classificá-los de acordo com a localização e o nível de acessibilidade do ponto;
3. A partir da classificação, o minerador deve gerar um modelo baseado em regras com o seguinte formato: <Usuário, Latitude, Longitude, Nível de Acessibilidade>, onde Usuário é quem classificou o nível de acessibilidade do ponto em questão, Latitude e Longitude definem a localização para o qual o registro foi feito e Nível de Acessibilidade define um valor numérico entre

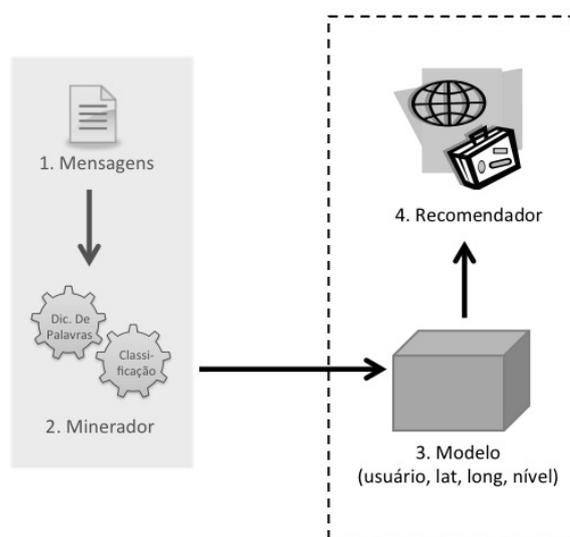


Figura 1: Fluxo de execução do sistema para recomendação de rotas

0 e 3, em que 0 indica que nenhum item de acessibilidade está disponível naquele ponto e 3 indica que todos os itens de acessibilidade mapeados pelo dicionário de palavras estão disponíveis. Para os pontos em que o nível de acessibilidade é desconhecido ou não informado, é atribuído o valor padrão NULL. O modelo então, gerado pelo minerador servirá como entrada para o recomendador de rotas de ônibus;

4. Quando um usuário deseja consultar uma rota, ele informará a origem e o destino do seu trajeto, utilizando interface própria. O recomendador oferecerá sugestões de trajetos, tomando como base o nível de acessibilidade registrado por usuários com perfil similar ao seu, baseado no conceito de filtragem colaborativa.

É importante notar que o foco deste artigo é apresentar o recomendador de rotas de ônibus e que, portanto, o algoritmo utilizado pelo minerador para processar textualmente as mensagens e calcular o nível de acessibilidade de cada ponto está fora do escopo da nossa discussão. Como a arquitetura do sistema é modular, o recomendador de rotas é capaz de trabalhar com qualquer minerador, desde que este gere como saída o modelo esperado. As mensagens sobre os níveis de acessibilidade são descritas por uma interface que permite um usuário relacionar uma mensagem sobre a acessibilidade de um dado ponto de latitude e longitude.

Sendo assim, para este artigo, assume-se que os níveis de acessibilidade representam com algum grau de confiabilidade, a opinião dos usuários a respeito da acessibilidade dos pontos de parada de ônibus. A seguir, definiremos formalmente o algoritmo utilizado para o recomendador de rotas, mostrando como a utilidade de uma rota pode ser calculada para um usuário, considerando os níveis de acessibilidade dos pontos da via urbana anotados de maneira colaborativa.

##### 4.2 Recomendador de Rotas de Ônibus

Em sua formulação mais comum, o problema de recomendação é reduzido ao problema de se estimar a importância

de itens que não sejam conhecidos pelo usuário [17]. No caso da recomendação de rotas de ônibus para usuários com deficiência visual, não se trata de estimar a importância de itens que não sejam conhecidos pelo usuário, mas sim de estimar a importância de itens (rotas de ônibus) que maximizem a utilidade (acessibilidade, autonomia e segurança) para o usuário. Seja  $C$  o conjunto de todos os usuários e  $S$  o conjunto de rotas possíveis de serem recomendadas<sup>2</sup>. Seja  $r$  uma função que denota a utilidade de uma rota  $s$  para um usuário  $c$ , i.e.,  $r : C \times S \rightarrow \mathbb{R}^*$ , onde  $\mathbb{R}^*$  é um conjunto ordenado de números reais não negativos. Assim, para cada usuário  $c \in C$ , deseja-se escolher rotas  $s'$  que maximizem a utilidade para o usuário, baseado no nível de acessibilidade registrado por usuários com perfis similares.

Para o recomendador de rotas, a utilidade de uma rota é dada pelos níveis de acessibilidade dos locais próximos às paradas de ônibus pertencentes à rota. Portanto, a função  $r$  depende de se determinar uma forma de combinar os valores de níveis de acessibilidade anotados por todos os usuários e um limiar de distância dos pontos anotados até as paradas de ônibus. Para cada parada de ônibus, o nível de acessibilidade será estimado de acordo com a média dos níveis de acessibilidade dos locais (pontos de latitude e longitude) próximos  $\Delta$  metros da parada, os quais foram anotados pelos usuários. Assim, gera-se uma matriz de níveis de acessibilidade, em que cada entrada será dada por  $E = e_{c,s_j}$ , calculada a partir dos níveis de acessibilidade anotados pelo usuário  $c$  e que interferem na parada de ônibus  $s_j \in s$ , sendo  $s \subseteq \{s_j : s_j \in U_s\}$  e  $U_s$  o conjunto de paradas de ônibus da rota  $s$ . Se consideramos  $w(c, p_{x,y})$  o nível de acessibilidade aferido pelo usuário  $c$  em um ponto de coordenadas  $(x,y)$ , a entrada  $e_{c,s_j}$  pode ser calculada por:

$$e_{c,s_j} = \frac{\sum_{(x,y) \in \Delta_j} w(c, p_{x,y})}{|(x,y) \in \Delta_j|}, \quad (1)$$

sendo  $s_j$  uma parada de ônibus na rota  $s$  sendo recomendada, de forma que a utilidade de uma rota  $s$  para um usuário  $c$  possa ser calculada por dada por:

$$r_{c,s} = \sum_{s_j \in U_s} r_{c,s_j}, \quad (2)$$

na qual  $\Delta_j$  é o conjunto de coordenadas distante no máximo  $\Delta$  metros da parada de ônibus  $s_j$ .

A formulação apresentada é semelhante às funções de agregação apresentadas na literatura como sendo valores típicos de utilidade de um item recomendado [1], no entanto se diferencia ao incorporar o índice relacionado às paradas de ônibus individuais de uma rota, cuja soma das utilidades resulta na utilidade de toda a rota. Outra questão relevante refere-se à necessidade de se considerar um limiar de distância para que determinada anotação sobre o nível de acessibilidade de um local se relacione a determinada parada de ônibus. Esse limiar é dado pela utilização explícita do valor de  $\Delta_j$  no cálculo das entradas matriz de níveis de acessibilidade.

<sup>2</sup>Para efeito de recomendação, considera-se uma “rota” como um conjunto ordenado de, no mínimo duas paradas de ônibus (origem e destino), incluindo paradas de ônibus intermediárias nas quais o usuário deverá fazer baldeação para chegar ao local desejado

Cada elemento do espaço de usuário  $C$  é definido com um *perfil de usuário*, que inclui características relevantes para a recomendação (como, por exemplo, preferências de facilidades de acesso tais como rampas, sinais sonoros, pisos táteis, etc.). Sistemas de recomendação por filtragem colaborativa tentam prever a utilidade de rotas para um usuário particular baseado nas rotas que foram previamente avaliadas por outros usuários. Mais formalmente, a utilidade  $r_{c,s}$  de uma rota  $s$  para um usuário  $c$  é estimada baseada nas utilidades  $r_{c_j,s}$  da rota  $s$  determinadas pelos usuários  $c_j \in C$ , os quais sejam similares ao usuário  $c$ .

A utilidade  $r_{c,s_j}$  de uma parada de ônibus  $s_j$  na rota  $s$  para um usuário  $c$  pode ser computada como uma agregação dos níveis de acessibilidade das paradas da rota  $s$  pelos  $N$  usuários mais similares ao usuário  $c$ . Isso significa que uma rota  $s$  é composta por um conjunto de paradas de ônibus  $s_j$ , cada qual com um nível de acessibilidade determinado. Assim, a utilidade de uma parada de ônibus  $s_j$  para um usuário  $c$  é descrita por:

$$r_{c,s_j} = \text{aggr}_{c' \in \tilde{C}} r_{c',s_j} = k \sum_{c' \in \tilde{C}} \text{sim}(c, c') \times r_{c',s_j}, \quad (3)$$

na qual  $\tilde{C}$  representa o conjunto de  $N$  usuários que são similares ao usuário  $c$  que tenham avaliado a acessibilidade das paradas  $s_j$  da rota  $s \subseteq \{s_j : s_j \in U_s\}$  e  $k$  é um fator de normalização.

A distância de similaridade entre os usuários  $c$  e  $c'$ ,  $\text{sim}(c', c)$ , é uma medida de distância essencial e é usada como um peso, i.e., quanto mais similar os usuários  $c$  e  $c'$  são, maior o peso para o fator  $r_{c',s}$  da Equação 3. No caso do recomendador de rota de ônibus, o perfil de cada usuário  $c \in C$  pode ser descrito como um vetor no qual, cada dimensão, representa o valor da dependência de uma determinada facilidade de acesso. Pode-se, então, utilizar um valor de distância vetorial como valor de  $\text{sim}(c', c)$ . Se considerarmos  $\vec{c}$  como o vetor representando os valores para a dependência de cada facilidade de acesso para o usuário  $c$ , podemos calcular a distância entre os perfis dos usuários  $c'$  e  $c$  usando o cosseno do ângulo entre esses vetores.

O recomendador considera as paradas de ônibus de origem, de destino e todos os pontos intermediários do percurso, desde que o usuário necessite realizar baldeação naquela parada. Sendo assim, se um usuário escolhe um trajeto que passa por cinco diferentes paradas de ônibus, porém não fará troca de ônibus durante o percurso, apenas os pontos de origem e destino serão considerados. Caso o usuário deseje, ele também poderá deliberadamente incluir paradas na rota. O fluxo de execução do recomendador é o seguinte:

- O usuário  $c$ , por meio da interface, insere os dados referentes ao ponto de origem e ao ponto de destino;
- A interface faz uma solicitação ao recomendador de rota de ônibus, enviando os parâmetros passados pelo usuário;
  - O recomendador de rotas armazena a matriz  $E$  de níveis de acessibilidade, cujas entradas  $e_{c,s_j}$  são calculadas a partir da Equação 1;
- O recomendador processa os parâmetros e calcula cada rota  $s$ , sendo uma rota uma lista de paradas de ônibus  $s_j$  calculadas a partir da Equação 3;

- Para cada rota  $s$ , o recomendador, calcula a ordem para serem apresentadas de acordo com a Equação 2;
- O recomendador gera uma resposta contendo informações sobre as rotas  $s$  e seus respectivos valores de  $r_c, s$ ;
- Uma interface gráfica assistiva recebe a resposta proveniente do recomendador e apresenta ao usuário.

A seguir, será demonstrado um cenário de aplicação para o recomendador, de maneira que seja possível perceber como a formalização apresentada pode ser utilizada em um cenário real de aplicação.

## 5. CENÁRIO DE APLICAÇÃO

Para validar a utilização do esquema de recomendação descrito, foi idealizado um cenário tomando como base dados reais de linhas de ônibus da cidade de Curitiba - PR. Os dados disponíveis dizem respeito às linhas de ônibus Expresso, que circulam em canaletas exclusivas, e às paradas dessas linhas, também conhecidos como “estações tubo”. É importante destacar que o recomendador de rotas de ônibus projetado poderia ser executado em qualquer outro cenário, desde que houvessem disponíveis os dados georreferenciados de linhas de ônibus do local e de paradas dessas linhas.

Supõe-se que usuários registraram informações de acessibilidade em vias públicas, seja em perfis de redes sociais ou em interface assistiva própria para esse fim. Supõe-se ainda que o módulo minerador, a partir dessas informações, produziu dados no formato <Usuário, Latitude, Longitude, Nível de Acessibilidade>, conforme esperado pelo recomendador. A Tabela 1 mostra um exemplo dos resultados trazidos pelo minerador. Esses dados servirão como base para a apresentação do cenário proposto.

Cada vez que o recomendador recebe novas entradas a partir do minerador (novas linhas para a Tabela 1), as paradas de ônibus afetadas pelos novos registros são identificadas. Com base nos valores referentes à latitude e longitude dos pontos, o recomendador identifica quais são as paradas de ônibus em um raio de  $\Delta$  (em metros) do ponto. Para este cenário, utilizamos  $\Delta = 500m$ . Para os dados contidos na Tabela 1, tem-se que os pontos registrados pelos usuários influenciam no cálculo da acessibilidade de 3 estações tubo: as linhas de 1 à 4 da tabela, se referem aos pontos próximos da Estação Tubo UTFPR, as linhas de 5 à 8 se referem aos pontos próximos da Estação Tubo Jardim Botânico e as linhas de 9 à 12 se referem aos pontos próximos da Estação Tubo Sete de Setembro.

**Tabela 1: Modelo baseado em regras gerado pelo minerador, mostrando exemplo de pontos anotados pelos usuários**

Usuário	Latitude	Longitude	Nível Acess.
$c_1$	-25.438439	-49.268569	2
$c_1$	-25.439773	-49.267847	1
$c_2$	-25.439294	-49.267890	2
$c_3$	-25.439638	-49.267491	1
$c_1$	-25.438371	-49.238304	3
$c_2$	-25.438575	-49.237778	2
$c_2$	-25.439640	-49.238926	1
$c_3$	-25.437625	-49.237778	2
$c_1$	-25.439609	-49.271646	1
$c_1$	-25.440897	-49.271453	2
$c_2$	-25.440713	-49.270444	1
$c_3$	-25.438746	-49.272515	2

Os níveis de acessibilidade de cada parada de ônibus  $s_j$ , de acordo com a opinião de cada usuário  $c$  são determinados pela Equação 1. A Tabela 2 mostra a matriz de níveis de acessibilidade, para cada parada de ônibus avaliada pelos usuários.

**Tabela 2: Níveis de acessibilidade de cada parada de ônibus  $s_j$ , determinados com base nos níveis de acessibilidade anotados por cada usuário.**

Usuário	$s_1$	$s_2$	$s_3$	...
$c_1$	1,5	1,5	3,0	...
$c_2$	2,0	1,0	1,5	...
$c_3$	1,0	2,0	2,0	...
...				

A matriz de níveis de acessibilidade é, então, utilizada pelo recomendador, para calcular a utilidade de uma rota para um determinado usuário, permitindo a recomendação da melhor rota com base nos níveis de acessibilidade identificados por usuários com perfis similares.

Para exemplificar a recomendação, supõe-se que um usuário  $c_4$  deseja deslocar-se utilizando o transporte público coletivo. Para esse exemplo, considere que o usuário  $c_4$  sairá do seu ponto de origem “Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) de Curitiba”, para chegar ao ponto de destino “Jardim Botânico de Curitiba”. Para isso, o usuário  $c_4$  acessa a interface apresentada na Figura 2. Essa interface foi desenvolvida baseada nos princípios estabelecidos pela WCAG<sup>3</sup>, para receber os dados de entrada para o recomendador. A partir dessa interface, o usuário pode inserir um ponto de origem e um ponto de destino.

**Figura 2: Entrada de origem e destino no protótipo de interface**

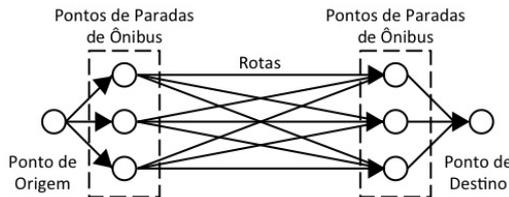
Assim que recebe os parâmetros de entrada (pontos de origem e destino), o recomendador localiza as três paradas de ônibus mais próximas da origem e as três paradas de ônibus mais próximas do destino, utilizando a API do Google Maps. Para o exemplo, de acordo com a API, as três estações tubo mais próximas da origem são Estação Tubo UTFPR ( $s_1$ , na Tabela 2), Estação Tubo Alferes Poli/Catedral da Fé e Estação Tubo 7 de Setembro ( $s_2$ , na Tabela 2). As estações tubo mais próximas do destino são Estação Tubo Jardim Botânico ( $s_3$ , na Tabela 2), Estação Tubo Urbano Lopes e Estação Tubo Hospital Cajuru. Além do nome das estações, são recuperadas informações para cada estação tubo, tais como o tempo gasto a pé, em minutos, do ponto de origem ou de destino definido pelo usuário até a estação tubo e a

<sup>3</sup>O WCAG é um manual de recomendações que explica como deixar o conteúdo da Web mais acessível a pessoas com deficiência visual e pode ser encontrado em <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>

distância (em quilômetros) do ponto de origem ou de destino até a estação tubo.

Em seguida, o recomendador traça rotas combinando as paradas próximas da origem com as paradas próximas do destino, totalizando 9 combinações de rotas, como mostra na Figura 3. O resultado das 9 combinações de rotas são geradas pela API do *Google Maps*, sendo a mesma responsável por oferecer também dados como distância, tempo do percurso e se há ou não pontos intermediários na rota. Para cada uma das rotas, calcula-se a utilidade para o usuário  $c_4$  utilizando a Equações 2 e 3.

A Equação 3 é responsável por definir a similaridade de perfil usuário  $c_4$  com os demais usuários. Para o exemplo, supõe-se que  $sim(c_1, c_2) = 1,5$ ,  $sim(c_2, c_2) = 1,0$ ,  $sim(c_3, c_4) = 2,0$ .



**Figura 3: Combinação das 9 rotas possíveis quando não há paradas intermediárias entre a origem e o destino.**

Em seguida, o recomendador utiliza a Equação 2, para determinar a utilidade  $r_{c,s}$  de cada uma das rotas selecionadas. Por razão de simplicidade, será exemplificado apenas o cálculo de utilidade para o usuário  $c_4$  de duas rotas, a saber: (i) Estação Tudo UTFPR ( $s_1$ ) como origem e Estação Tudo Jardim Botânico ( $s_3$ ) como destino; e (ii) Estação Tubo 7 de Setembro ( $s_2$ ) como origem e Estação Tudo Jardim Botânico ( $s_3$ ) como destino.

Para  $c = c_4$  e  $s = s_{1,3}$

$$r_{c,s_1} = k \times [(1,5 \times 1,5) + (1,0 \times 2,0) + (2,0 \times 1,0)]$$

$$r_{c,s_3} = k \times [(1,5 \times 3,0) + (1,0 \times 1,5) + (2,0 \times 2,0)]$$

$$r_{c_4,s_{1,3}} = r_{c,s_1} + r_{c,s_3}$$

e, para  $c = c_4$  e  $s = s_{2,3}$

$$r_{c,s_2} = k \times [(1,5 \times 1,5) + (1,0 \times 1,0) + (2,0 \times 2,0)]$$

$$r_{c,s_3} = k \times [(1,5 \times 3,0) + (1,0 \times 1,5) + (2,0 \times 2,0)]$$

$$r_{c_4,s_{2,2}} = r_{c,s_2} + r_{c,s_3}$$

Assim, cálculo da utilidade de uma rota  $s$  no recomendador é determinado pela soma das utilidades de cada parada de ônibus contida na rota, pertencentes ao conjunto  $U_s$ . Além disso, o recomendador considera um fator maior para usuários que possuem necessidades (perfis) semelhantes. Uma possível extensão do modelo é a inclusão do nível de acessibilidade dos próprios veículos que atendem às paradas de ônibus.

Depois de combinadas as estações para gerar as rotas, o resultado obtido é apresentado na Tabela 3. Nesta tabela, a primeira coluna refere-se à identificação da rota (R), seguida do nome da estação tubo de origem (ETO), a distância do trajeto (em quilômetros) do ponto de origem até estação

tubo de origem (D(Km)), o nome da estação tubo de destino (ETD), a distância do trajeto (em quilômetros) da estação tubo de destino até o ponto de destino (D(Km)), o tempo gasto de ônibus, em minutos, entre uma estação tubo até a outra (T(m)) e a utilidade da parada de ônibus  $s_j$  para o usuário  $c$  ( $r_{c,s_j}$ ).

**Tabela 3: Resultado das rotas**

R	ETO	D(Km)	ETD	D(Km)	T(m)	$r_{c,s_j}$
1	7 de Setembro Rebouças	0,4	Jardim Botânico	0,7	18	1,725
2	UTFPR	0,1	Jardim Botânico	0,7	13	1,625

De acordo com a saída do recomendador, o trajeto com paradas de ônibus mais acessíveis seriam as Estações Tubo 7 de Setembro (origem) e Jardim Botânico (destino), dado pela utilidade da parada de ônibus ( $r_{c,s_j}$ ). Como pode se observar pelos resultados da tabela, o trajeto recomendado não é, necessariamente, o mais rápido, porém, é o que oferece mais condições de acessibilidade, de acordo com seu perfil e com a opinião de outros usuários com perfis semelhantes. O resultado apresentado na Tabela 3 deverá ser, então, apresentado em uma interface assistiva, para que o mesmo julgue, com base nas informações disponíveis, se a rota sugerida é a que mais se adequa às suas necessidades naquele momento.

## 6. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um algoritmo de filtragem colaborativa que se baseia em informações provenientes das massas sobre o nível de acessibilidade das paradas de ônibus. O objetivo do algoritmo é recomendar rotas de ônibus para pessoas com deficiência visual severa, baseando-se no perfil dos indivíduos e nas peculiaridades da sua deficiência. Um cenário de aplicação foi utilizado para mostrar o funcionamento do algoritmo de recomendação, que recebe como entrada um conjunto de pontos georeferenciados e os níveis de acessibilidade aferidos pelos usuários para, então, recomendar um conjunto de rotas para um usuário. Nesse algoritmo, a opinião de usuários com perfis similares são utilizadas para prever a recomendação de rotas de ônibus, no entanto, em trabalhos futuros deseja-se considerar no algoritmos outras questões que possam influenciar na recomendação, tais como a distância a ser percorrida e os níveis de acessibilidade dos veículos (ônibus) a serem utilizados na rota. Nas próximas etapas do desenvolvimento deste trabalho serão realizadas sessões de avaliação centrada no usuário para determinar a eficiência do algoritmo proposto.

O próximo desafio de pesquisa consiste na definição da interface assistiva para apresentação das recomendações. Como pode-se perceber pela Tabela 3, a quantidade de informações retornadas dificulta a tomada de decisão, já que o usuário com deficiência visual, usando, por exemplo, um leitor de tela, precisaria armazenar mentalmente todos os dados para compará-los e decidir sobre o melhor trajeto. Assim, é necessário estilos de interação adequados para a apresentação desses resultados, de forma que a pessoa com deficiência visual tenha, de fato, autonomia para decidir dentre os trajetos recomendados, o que mais se adequa às suas necessidades físicas e cognitivas.

A respeito do questionário com *feedbacks* sobre o uso de

transportes por deficientes visuais, um trabalho de pesquisa paralelo está concentrado em realizar uma análise qualitativa com o intuito de identificar os principais problemas apontados por deficientes visuais a respeito do serviço público de transporte. Os resultados dessa análise também serão discutidos com a comunidade em trabalhos futuros.

Com esta pesquisa, espera-se contribuir para a discussão sobre como um recomendador por filtragem colaborativa pode ser modelado de forma a auxiliar pessoas com deficiência visual a utilizarem o sistema público de transporte de maneira mais efetiva, segura e autônoma.

## 7. AGRADECIMENTOS

O autor Marlon Fernandes Antonio agradece à PRO-GRAD (Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelo incentivo e apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] G. Adomavicius and A. Tuzhilin. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Trans. on Knowl. and Data Eng.*, 17(6):734–749, June 2005.
- [2] M. Araujo, J. Oliveira, M. Jesus, M. Sá, P. Santos, and T. Lima. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. *Psicologia & Sociedade*, 23(1):574–582, Dezembro 2011.
- [3] S. Azenot, S. Prasain, A. Borning, E. Fortuna, R. Ladner, and J. Wobbrock. Enhancing independence and safety for blind and deaf-blind public transit riders. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 3247–3256, May 2011.
- [4] A. P. Chaves, I. Steinmacher, and V. Vieira. Social networks and collective intelligence applied to public transportation systems: A survey. In *VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, 2011.
- [5] B. Ferris, K. Watkins, and A. Borning. Location-aware tools for improving public transit usability. *IEEE Pervasive Computing*, 9(1):13–19, Jan.-March 2010.
- [6] Z. M. Fornaziero S. Estudo das dificuldades encontrados pelas pessoas com deficiência visual no uso do transporte coletivo. In *XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba*, 2012.
- [7] K. Hara, S. Azenkot, M. Campbell, C. L. Bennett, V. Le, S. Pannella, R. Moore, K. Minckler, R. H. Ng, and J. E. Froehlich. Improving public transit accessibility for blind riders by crowdsourcing bus stop landmark locations with google street view. In *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 16:1–16:8, October 2013.
- [8] K. Hara, V. Le, and J. Froehlich. A feasibility study of crowdsourcing and google street view to determine sidewalk accessibility. In *Proceedings of the 14th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 273–274. ACM, October 2012.
- [9] H. Holone, G. Misund, and H. Holmstedt. Users are doing it for themselves: Pedestrian navigation with user generated content. In *Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, 2007. NGMAST '07. The 2007 International Conference on*, pages 91–99, Sept 2007.
- [10] J. howe. The rise of crowdsourcing, wired, 2006.
- [11] D. A.-Y. Kashif Ali, T. J. Ali Ejaz, and H. S. Hassanein. Crowdits: Crowdsourcing in intelligent transportation systems. In *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, pages 3307 – 3311, April 2012.
- [12] B. Ludwig, B. Zenker, and J. Schrader. Recommendation of personalized routes with public transport connections. In *Intelligent Interactive Assistance and Mobile Multimedia Computing*, volume 53, pages 97–107, 2009.
- [13] J. L. Monteiro. Os desafios dos cegos nos espaços sociais: um olhar sobre a acessibilidade. In *IX ANPED SUL 2012 - Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul*, 2012.
- [14] S. H. Norgate. Accessibility of urban spaces for visually impaired pedestrians. *Proceedings of the ICE - Municipal Engineer*, 165(4):231 –237, December 2012.
- [15] S. Prasain. Stopfinder: Improving the experience of blind public transit riders with crowdsourcing. In *The Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 323–324, October 2011.
- [16] P. T. V. Resende and P. R. Sousa. Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: um estudo sobre os impactos do congestionamento. In *Simpósio de administração da produção, logística e operações internacionais*, FGV.
- [17] B. Sarwar, G. Karypis, J. Konstan, and J. Riedl. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms. In *Proceedings of the 10th International Conference on World Wide Web, WWW'01*, pages 285–295, New York, NY, USA, 2001. ACM.
- [18] S. H. K. Soltania, M. Shamb, M. Awangb, and R. Yaman. Accessibility for disabled in public transportation terminal. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 35(0):89–96, December 2012.

# Folksonomias Representam Conceitualizações Compartilhadas de Domínio?

Josiane M. Pinheiro, Cesar Augusto Tacla  
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)  
 Av. Sete de setembro 3165, CEP 80230-901  
 Curitiba – PR – Brasil  
 +55 44 3310-4685  
 jmpinhei@din.uem.br, tacla@utfpr.edu.br

## ABSTRACT

This paper presents a method for assessing whether folksonomies are shared conceptualizations useful (or not) for conceptual modeling. A method based on the Mika's tripartite model (of actors, concepts and instances) extracts a folksonomy related to a knowledge domain from social applications. The hypothesis is that whether folksonomies are shared conceptualizations then their use in conceptual modeling should reduce the number of divergences among actors when they elicit terms to be part of the model, a concept map. Controlled experiments of conceptual modeling were done with experimental groups that received tags extracted from tagging data from Delicious and control groups that received terms extracted from web pages tagged in Delicious. The results shows that experimental groups had less divergence (mean) in the elicitation of terms when compared to control groups, but in the model these divergences not had significant differences.

## Categories and Subject Descriptors

I.2.6 [Artificial Intelligence]: Learning – Knowledge acquisition.  
 H.3.3 [Information Storage and Retrieval]: Information Search and Retrieval – Information filtering.

## General Terms

Algorithms, Design, Experimentation.

## Keywords

Keywords are your own designated keywords.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos Sistemas de *Tagging* Colaborativo (STC), como Delicious® e Bibsonomy®, usuários associam termos (*tags*) de forma livre a recursos da Web (URLs, vídeos, músicas, entre outros). Esta associação de termos a um recurso na Web feita por um usuário é chamada de categorização ou etiquetagem (do inglês *tagging*). Um recurso pode ser categorizado por vários usuários com quantos e quais termos eles acharem convenientes para representar aquele recurso. O fato interessante é que, apesar de não existir um vocabulário controlado, depois de certo tempo (mais ou menos 100 categorizações) as *tags* utilizadas pelos usuários para etiquetar um recurso parecem estabilizar [9, 12, 23].

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

Ao associarem as mesmas *tags* aos mesmos recursos os usuários constroem um vocabulário consensual para um determinado conjunto de recursos que pode ser representativo em um domínio, como mencionado por vários autores [12, 16, 20, 23, 30, 31], e pode ser visto como uma forma simples de conceitualização compartilhada especificada na forma de uma lista de termos (*tags*, neste caso).

Várias abordagens usam dados dos STCs para construir algum tipo de representação de conhecimento considerada consensual (por exemplo, vocabulário compartilhado, agrupamento de *tags* semelhantes, taxonomia, ontologia) [2, 6, 13, 16, 20, 23, 25, 27, 28, 31]. Esta representação de conhecimento pode ser utilizada tanto para melhorar o próprio sistema de *tagging* (na busca, desambiguação, recomendação de *tags*, entre outras tarefas) quanto para representar o conhecimento necessário a uma aplicação ou para descrever algum domínio. Em muitas abordagens essa representação considerada consensual é chamada de **folksonomia** [8]. No entanto, poucos trabalhos avaliam essa representação por meio de experimentos com usuários [3, 22, 30, 31]. Além disso, a maioria das abordagens avaliam a representação para o objetivo para o qual ela foi criada, e não se ela é realmente consensual ou compartilhada por alguma comunidade de usuários.

A suposição deste trabalho é que se esse conhecimento derivado dos STCs realmente representa uma conceitualização compartilhada, ele pode ser útil na obtenção de modelos conceituais de consenso. A especificação do **modelo conceitual** é um artefato concreto que permite aos atores envolvidos no processo de construção do modelo compreender o domínio, atingir consenso sobre o significado das entidades representadas e se comunicar [11]. O modelo conceitual é a concretização da conceitualização e do modelo mental construídos pelas pessoas sobre algum domínio. Por isso, na passagem de modelos mentais para modelos conceituais entra em cena o problema do gargalo de aquisição de conhecimento, que é agravado quando o número de atores envolvidos no processo é grande (e/ou a quantidade de fontes de informação), causando um aumento no número de divergências e interações para resolvê-las.

Este trabalho investiga se as folksonomias realmente representam conceitualizações compartilhadas de certos domínios. Se esse é o caso então o uso de folksonomias no processo de especificação colaborativa de modelos conceituais deve reduzir o número de divergências entre os atores, facilitando o atingimento de consenso. É proposto um método de extração de folksonomia dos dados do STC baseado no modelo tripartite de Mika [20]. Para avaliar se essas folksonomias representam conceitualizações compartilhadas de um dado domínio, experimentos controlados de

modelagem conceitual foram realizados e seus resultados são descritos neste artigo.

Este artigo está organizado da seguinte forma: A seção 2 descreve algumas abordagens que extraem conhecimento dos STCs e como essas abordagens avaliam essa estrutura. A seção 3 descreve os conceitos de STC e folksonomia e a seção 4 descreve o método de extração de folksonomia proposto. A seção 5 mostra as bases de dados do STC utilizadas neste trabalho e os testes realizados nelas e a seção 6 descreve como foram obtidos os dados de controle. A seção 7 descreve o processo de experimentação, a seção 8 mostra os resultados de experimento, e as seções 9 e 10 trazem as conclusões e trabalhos futuros respectivamente.

## 2. ABORDAGENS QUE EXTRAEM CONHECIMENTO DOS STCs

Existem inúmeras abordagens que exploram os dados dos STCs. Algumas delas utilizam medidas de similaridade e técnicas de clusterização para derivar grupos de *tags* relacionadas [2, 4, 18]. Em [24] os autores utilizam técnicas de KDD (*Knowledge Discovery and Data Mining*) para descobrir regras de associação entre *tags*. Em [25] são utilizados modelos de subsunção para derivar árvores de *tags*. Transformações e análise de redes são utilizadas em [20] e outras ontologias são utilizadas em [3] para derivar grafos de *tags* relacionadas. Algumas medidas de similaridade e divergência são utilizadas em [23] para derivar grafos de *tags* relacionadas e comunidades de usuários. Outras abordagens constroem hierarquias ou taxonomias de *tags* baseando-se em medidas de similaridade e centralidade [14], regras de associação [17] e técnicas de clusterização [22]. *Formal Concept Analysis* (FCA) também é utilizada para derivar conjuntos de tri-conceitos em [16] e modelos semânticos probabilísticos baseados no algoritmo EM (*Expectation-Maximization*) são utilizados para representar o relacionamento entre *tags*, recursos e usuários como vetores multidimensionais em [31]. Algumas abordagens derivam ontologias de *tags* [5] e algumas delas são baseadas em fontes externas de informação, como a WordNet<sup>1</sup>, por exemplo [1, 7, 28].

Para saber se o conhecimento derivado por estas abordagens pode ser considerado consensual sobre um domínio de conhecimento, o conhecimento extraído dos dados do STC precisa ser usado e avaliado por um número significativo de usuários. Porém, a maioria das abordagens revisadas faz uma análise informal que discute sobre o quão coerente as folksonomias são para o propósito para o qual ela foi criada (recomendação de *tags*, busca no espaço de *tags*, representação sobre o domínio) [1, 2, 14, 16, 17, 23–25, 27, 28]. Apenas alguns autores realizam avaliações com usuários [3, 20, 22, 30, 31] e, mesmo assim, nenhum deles avalia se o conhecimento resultante da abordagem é consensual sobre um domínio.

## 3. STC E FOLKSONOMIA

Alguns autores tratam os termos **folksonomia** e **STC** quase como sinônimos [7, 10, 15, 16, 24]. Outros autores não fazem questão de diferenciar os dois termos, mas concordam com a definição de folksonomia sugerida por Wander Wal [8] de “taxonomia construída pelo povo”.

O fato é que apesar de existir consenso implícito na coletividade das *tags*, não existe nos dados de *tagging* nenhuma estrutura explícita [19, 26]. Alguns autores deixam claro que os dados de todos os usuários do STC são diferentes da folksonomia [29]. Para

eles, a folksonomia é uma estrutura extraída dos dados do STC por meio de algum algoritmo. Esta definição será utilizada ao longo deste trabalho e o algoritmo proposto neste trabalho é para extrair a folksonomia do STC é descrito na próxima seção.

Formalmente, um **STC** é uma quádrupla  $S = \{U, T, R, Y\}$ , na qual:  $U$ ,  $T$  e  $R$  são conjuntos finitos de **Usuários**, **Tags** e **Recursos** respectivamente e  $Y$  é uma relação ternária entre eles de forma que  $Y = \{y \mid y \subseteq U \times T \times R\}$ . Neste trabalho, uma **Folksonomia** é uma propriedade emergente de um STC e que pode ser representada como um conjunto  $F = \{S, T', C, A\}$ , onde:  $S$  é um STC,  $T' \subseteq T$ , e  $C = \{(\{t_i, t_j\}, p) \mid t_i, t_j \in T' \text{ e } i \neq j, p \in \mathcal{R}^+\}$ , sendo  $p$  o peso do relacionamento gerado pelo algoritmo de extração  $A$ .

## 4. MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE FOLKSONOMIAS

O método de extração de folksonomias recebe como entrada uma representação inicial de algum domínio de interesse e uma quádrupla  $S$  representando algum STC e produz como saída uma folksonomia  $F$  para o domínio. O método possui três etapas, como mostra o fluxograma da Figura 1. A primeira analisa se existem dados suficientes no STC para representar o domínio desejado. Se a resposta da primeira etapa for positiva, a segunda etapa realiza uma limpeza nas *tags* do STC, e a terceira etapa processa os dados do STC e produz a folksonomia sobre o domínio de interesse.

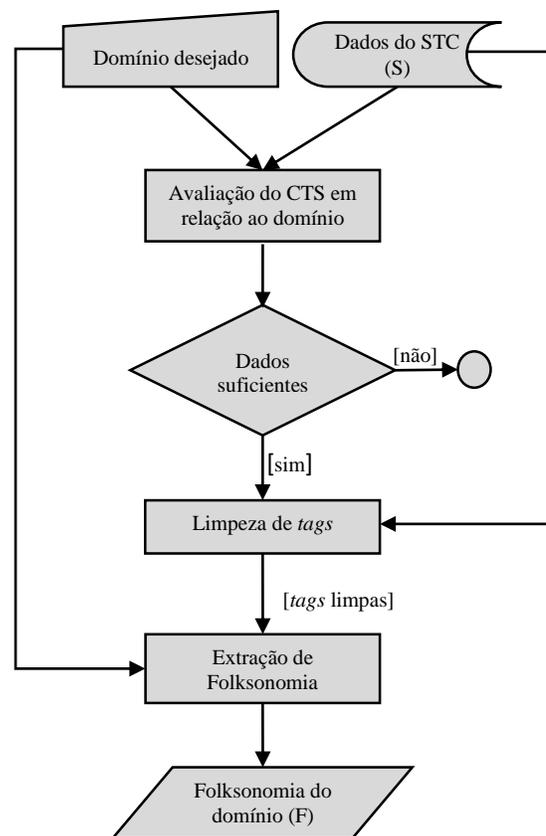


Fig. 1. Fluxograma do Método de Extração de Folksonomias.

A **descrição inicial** do domínio desejado é atualmente um termo simples (palavra) que deve ser relevante no domínio. Qualquer

<sup>1</sup> <http://wordnet.princeton.edu/>

STC pode ser usado como entrada para o método de extração de folksonomias, desde que ele possua a relação  $Y$ .

A **primeira etapa** tem como objetivo determinar se existem dados suficientes no STC para produzir uma folksonomia com termos que possuem significado para o domínio no final do processo de extração<sup>2</sup>. Se a análise concluir que os dados são insuficientes<sup>3</sup>, o método termina. Nesse caso, usuários do método podem testar outros termos para representar o domínio ou outro STC para o mesmo domínio. Caso a análise conclua que os dados do STC são suficientes para gerar informações úteis para o domínio, então a segunda etapa do método é executada.

A **segunda etapa** do método de extração realiza uma limpeza nas *tags* ( $T$ ) do STC. Esta limpeza é necessária porque os usuários dos STCs são livres para utilizar qualquer termo como *tag*. Isso faz com que os usuários criem *tags* com termos diferentes, mas com o mesmo significado. Por exemplo, os termos “semantic\_web”, “semanticWeb”, “semantic-web” e “\*Semantic\_Web” tem o mesmo significado que o termo “Semantic Web”. O processo de limpeza de *tags* passa todos os caracteres da *tag* para minúsculo, remove qualquer caractere que não seja letra ou número (também caracteres asiáticos ou arábicos), e coloca todas as *tags* na forma singular. O processo também remove *stop words* como, “todo”, “toread”, “reference”, “readme”.

A **terceira etapa** do método utiliza os dados do STC com as *tags* limpas para efetivamente extrair a folksonomia. Existem várias abordagens na literatura que extraem conhecimento dos dados de *tagging* como pode ser visto na seção 2. A princípio adotou-se como *algoritmo de extração* a abordagem de Mika [20] para produzir as folksonomias e realizar os primeiros experimentos. A escolha pela implementação da abordagem de Mika justifica-se por alguns fatores:

- é uma das abordagens mais citadas na literatura;
- é relativamente simples, modelando os dados como hipergrafos e realizando algumas transformações consolidadas da área de análise de redes nestes hipergrafos;
- todo conhecimento produzido provém dos dados do STC, não incluído o viés de utilizar uma fonte de dados externa como, por exemplo, a WordNet, utilizada por outras abordagens.

A abordagem de Mika foi implementada da seguinte forma:

- Um grafo bipartite (com dois tipos de nós, também chamado *2-mode network*) conectando *tags* a recursos é construído. Cada conexão é pesada pelo número de vezes que a *tag* foi usada para categorizar o recurso em  $Y$ ;
- O grafo bipartite é dicotomizado usando um limiar = 1 (arestas com peso < 1 são eliminadas e arestas com peso  $\geq 1$  ficam com peso = 1);

<sup>2</sup> Este passo do processo ainda não foi automatizado. No momento, os dados resultantes do método de extração são analisados por humanos para determinar se eles são coerentes para o domínio.

<sup>3</sup> Segundo alguns testes realizados para alguns domínios diferentes utilizando-se o método de extração proposto, a proporção de nº de *taggings*/nº usuários diretamente ligados à *tag* que representa o domínio deve ser maior do que 12, para que o método produza *tags* com significado para o domínio.

- O grafo bipartite é dividido em 2 grafos (*1-mode network*). O primeiro com os recursos e o segundo com as *tags* e o relacionamento entre eles. Esta transformação é obtida pela multiplicação da matriz que representa o grafo pela sua transposta;
- O grafo de *tags* é normalizado por normalização geométrica. As arestas entre duas *tags* são pesadas pela força da conexão entre elas.

A estrutura resultante pode ser considerada como uma folksonomia geral. A folksonomia sobre o domínio desejado pode ser gerada dos relacionamentos da folksonomia geral. São selecionadas as 50 *tags* que possuem maior peso na conexão com o termo inicial (entrada do método). No momento, a folksonomia gerada está sendo avaliada apenas como um vocabulário compartilhado, sem levar em consideração os relacionamentos entre as *tags*. Sabe-se que existe um relacionamento entre as *tags*, mas somente com os dados do STC não é possível saber qual é o significado dessa relação. Para nomear esses relacionamentos seria necessário consultar uma base de dados léxica (por exemplo, WordNet ou YAGO<sup>4</sup>), mas isso poderia introduzir algum viés ao experimento, já que o relacionamento encontrado na base pode não ser o relacionamento pretendido pelos usuários do STC.

## 5. BASES DE DADOS DOS STCs E TESTES

O método de extração foi testado em duas bases de dados do Delicious<sup>5</sup>. A menor foi coletada em 2006 pelo Grupo de Sistemas Interativos Inteligentes da Universidade Estadual de Maringá<sup>6</sup> e possui mais de 181 mil *tags*, 763 mil recursos e 650 usuários que produziram quase 4 milhões de *taggings*. A maior, também foi coletada em 2006 pelo projeto TAGora<sup>7</sup> e possui aproximadamente 2,5 milhões de *tags*, 17 milhões de recursos e 532 mil usuários que produziram 140 milhões de *taggings*. Nessa última, apesar da quantidade de dados ser bastante expressiva, tanto as URLs (recursos) quanto os usuários são anonimizados.

A limpeza de *tags* e o algoritmo de extração foram testados para diversos domínios, entre eles “food”, “travel”, “animal”, “database”, “security”, “fashion” e “biology”. As 50 *tags* com maior peso ligadas a esses termos na folksonomia geral foram extraídas e avaliadas manualmente considerando o significado delas para o domínio. Por exemplo, as *tags* “recipe” e “salt” tem um significado claro para domínio “food”, enquanto a *tag* “design” não tem um significado diretamente ligado ao domínio. Alguns domínios como “food”, “travel” e “database” produziram termos que possuem um significado claro para o domínio desejado. Outros, porém, por possuírem poucos dados no STC, ou por representarem domínios muito abrangentes produziram poucos termos com significado para o domínio.

Foram realizados testes pilotos (com 5 ou menos participantes) para os domínios “food” e “travel” com o intuito de refinar a metodologia de experimentação assim como o algoritmo de extração de folksonomias. A próxima seção descreve como os dados usados pelos grupos de controle foram coletados.

## 6. DADOS DE CONTROLE

A folksonomia pode ser considerada um conhecimento consensual por ser fruto da ação coletiva de seus usuários (por possuir a

<sup>4</sup> <http://www.mpi-inf.mpg.de/yago-naga/yago/>

<sup>5</sup> <https://delicious.com/>

<sup>6</sup> <http://din.uem.br/gsii/>

<sup>7</sup> <http://www.tagora-project.eu/>

dimensão social) [12, 16, 23, 30]. Para colocar essa dimensão coletiva em evidência, elas devem ser comparadas a conjuntos de dados que não possuem essa característica. Sendo assim, um algoritmo que processa páginas Web foi implementado para coletar e contar a frequência dos termos nessas páginas.

Foram processadas as mesmas páginas Web (recursos) presentes no grafo bipartite de tags e recursos gerado pelo algoritmo de extração de folksonomias. Somente as páginas acessíveis e com informações textuais foram processadas (passaram por *tokenização*, retirada de *stop words*, lematização e contagem de frequência dos termos). Finalmente, os termos resultantes desse processamento foram contados e ordenados por frequência. Os 5 termos mais frequentes de cada página foram selecionados para construir um grafo bipartite que conecta os termos às suas páginas Web. Cada aresta foi pesada pela frequência do termo na página. Esse grafo foi dicotomizado, dividido em um grafo de termos e um de páginas e normalizado da mesma forma descrita na seção 4 para obter o grafo de *tags* e recursos da folksonomia. Foram selecionados os 50 termos com maior peso conectados ao termo inicial que representa o domínio.

## 7. EXPERIMENTAÇÃO

Experimentos de modelagem conceitual colaborativa estão sendo feitos para avaliar se as folksonomias extraídas do STC realmente representam uma conceitualização compartilhada sobre um domínio, a ponto de reduzir o gargalo de aquisição de conhecimento e auxiliar os atores envolvidos na modelagem conceitual a produzir modelos conceituais de consenso.

Participaram do experimento 68 alunos de graduação do curso de Ciência da Computação (segundo e terceiro anos) e Bacharelado em Informática (quarto ano) da Universidade Estadual de Maringá. Eles foram divididos em 5 grupos experimentais e 5 grupos de controle formados por 7 participantes em média. Os participantes produziram de forma individual um **mapa conceitual** sobre o domínio “travel”, utilizando os dados de entrada disponibilizados sobre o domínio. A questão focal elaborada foi: “Quando vamos viajar, com o que devemos nos preocupar?”. O domínio “travel” foi escolhido por ser um domínio fora da área de atuação dos participantes, e para o qual nenhum deles deve ser especialista.

Dois conjuntos de dados são disponibilizados para comparação: i) a folksonomia, produzida com base no método de extração de folksonomias descrito anteriormente na seção 4, foi utilizada pelos grupos experimentais; e ii) os termos extraídos das páginas que possuam texto endereçadas pelas *URLs* que foram utilizadas para construir a folksonomia, como descrito na seção 6, foram utilizados pelos grupos de controle. A comparação entre os dois conjuntos de dados é feita principalmente pelo número de divergências geradas entre os participantes dos grupos quando eles selecionaram termos para fazer parte da elicitação de termos e do mapa conceitual.

O procedimento experimental possui duas etapas principais: treinamento dos participantes e experimentação propriamente dita. A etapa de treinamento teve como objetivo bloquear algumas variáveis identificadas em experimentos pilotos anteriores, como, diferentes graus de conhecimento na linguagem, na ferramenta e no método de modelagem utilizados. Por isso, os participantes foram treinados durante 2 horas para produzirem modelos conceituais sobre vários domínios, na forma de **mapas conceituais** [21], utilizando a ferramenta *CMapTools*®, e um método simples de elicitar termos e identificar ligações entre eles. Foram utilizados mapas conceituais, por ser tratar de uma

linguagem visual de modelagem bastante simples e de fácil entendimento. Em mapas conceituais, cada tripla conceito-relação-conceito forma uma afirmação sobre o domínio que está sendo modelado.

Para bloquear a variável relacionada à competência dos participantes em modelagem conceitual, dois dos mapas conceituais produzidos no treinamento por cada participante foram avaliados por um dos autores deste trabalho. Os participantes foram classificados em pouca, média ou boa experiência em modelagem. O objetivo desta classificação é formar grupos experimentais e de controle com experiência de modelagem mais homogênea possível.

O experimento durou aproximadamente 2 horas e começou com a recepção dos participantes, a explicação do experimento e a assinatura dos mesmos de um termo de consentimento. Também foram apresentados o domínio objeto da modelagem (*travel*) e a questão focal. A partir deste ponto os participantes começaram a tarefa experimental que foi dividida em 6 etapas:

1. Os participantes foram convidados a escrever termos que eles considerassem convenientes sobre o domínio para responder a questão focal. Esses termos são chamados de Vocabulário Inicial do participante (VI) e permitem analisar posteriormente o impacto dos dados disponibilizados como entrada, chamados de Termos Sugeridos (TS), sobre a elicitação de termos de cada participante.
2. Os participantes foram convidados a analisar uma lista de termos sugeridos (TS) e decidir se o termo deve fazer parte da elicitação de termos sobre o domínio ou não, ou se desconhecem o termo.
3. Os participantes foram convidados a analisar novamente os termos do VI, agora sob a influência de TS, e decidir se eles ainda devem fazer parte da elicitação de termos sobre o domínio ou não.
4. Os participantes foram convidados a elaborar uma lista de termos elicitados sobre o domínio. Uma lista com todos os termos de TS e do VI que foram marcados como elicitados nas etapas 2 e 3 é mostrada ao participante como a elicitação de termos sobre o domínio. O participante está livre para remover ou inserir algum termo que julgar conveniente (esta é a fase de elicitação de termos).
5. Usando a lista de termos elicitados (etapa 4), os participantes foram convidados a elaborar um mapa conceitual usando a ferramenta *CMapTools*® (está é a fase de modelagem).
6. Os participantes foram convidados a responder um questionário de experiência para avaliar sua própria percepção de conhecimento sobre o domínio “travel”, experiência em modelagem e às dificuldades encontradas durante o experimento.

## 8. RESULTADOS

Dados coletados do experimento foram avaliados comparando o número de divergências geradas entre os participantes de cada grupo tanto nos termos elicitados quanto no mapa conceitual. O objetivo foi avaliar se a folksonomia representa um vocabulário consensual considerando somente os termos escolhidos e não seus relacionamentos. Participantes selecionaram termos para compor os artefatos gerados no experimento (IV, termos elicitados e o mapa conceitual) e fizeram escolhas sobre os termos de TS (para simplificar os termos escolhidos de TS também serão chamados de artefato). Diferentes escolhas de termos para gerar os artefatos

foram consideradas divergências. Mais precisamente, divergências são calculadas como a seguir:

- O número médio de divergências em um artefato é definido a partir de um conjunto de participantes denotado por  $P$  e de um conjunto de termos  $T$ .
- O conjunto  $T$  é formado pela união de todos os termos usados por pelo menos um dos participantes do grupo no artefato. Portanto, cada participante  $P$  está associado a um subconjunto de  $T$ .

**Tabela 1. Exemplo de divergência para um grupo  $P$  e um conjunto de termos  $T$ .**

$P \backslash T$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$d$	$d_{norm}$	
$t_1$	1	1	0	1	0	2	1	
$t_2$	1	1	1	1	1	0	0	
$t_3$	0	0	1	0	0	1	0,5	
$t_4$	1	0	1	1	1	1	0,5	
						$D$	1	0,5

A Tabela 1 mostra um exemplo do cálculo da divergência em relação a cada termo (coluna  $d$ ) e do número médio de divergências para um artefato arbitrário. Cada linha  $t_i$  representa um termo e cada coluna  $p_j$  representa um participante ( $p_1$  até  $p_5$ ). Posições marcadas com 1 indicam que o termo  $t_i$  foi selecionado pelo participante  $p_j$  (caso contrário a posição é marcada com zero). O número na coluna  $d$  indica quão divergente é a **minoria**: na linha  $t_1$ ,  $p_3$  e  $p_5$  divergem de todos os outros participantes, na linha  $t_4$ , somente  $p_2$  diverge dos outros, e na linha  $t_2$  não existe divergência.

O valor máximo da divergência depende do tamanho do grupo. Por exemplo, grupos com 5 participantes tem divergência máxima igual a 2, isto é,  $\text{int}(|P|/2)$ . A última coluna ( $d_{norm}$ ) da Tabela 1 mostra a divergência normalizada conforme a Equação 1 que varia de zero (nenhuma divergência) a 1 (máximo valor da divergência):

$$d_{norm} = \frac{d_i}{\text{int}(|P|/2)} \quad (1)$$

A divergência média é calculada pela média aritmética simples dos valores na coluna  $d$  e  $d_{norm}$ , conforme a Equação 2. Ela mede o grau de divergência entre os participantes  $P$  em relação a um conjunto  $T$ .

A Tabela 1 mostra que dados os termos em  $T$  provenientes dos artefatos produzidos por todos os participantes de  $P$ , foi detectada uma divergência absoluta de 1 (i.e. em média, um participante diverge dos demais por termo) o que corresponde a uma divergência normalizada de 0,5 ou 50%. O pior caso de divergência seria dois participantes divergentes para cada termo  $t_i$ .

$$D = \frac{\sum_{t_i \in T} d_i}{|T|} \quad (2)$$

A Tabela 2 mostra o resultado do experimento por grupo: o número de participantes (#Grupo), o número de termos (#Termos) e a divergência normalizada porcentual (% $d_{norm}$ ) calculada para cada artefato (VI, TS, Termos Elicitados e Modelo). Os grupos que utilizaram a folksonomia são os grupos experimentais e os

grupos que utilizaram dados das páginas Web são os grupos de controle. A Tabela 2 mostra que a divergência média (assim como os desvios padrão) são menores para os grupos experimentais. É importante notar que os grupos experimentais produziram artefatos com um número maior de termos. Essa é uma tendência que os experimentos pilotos já mostravam.

**Tabela 2. Número de participantes, número de termos e divergência média normalizada de cada grupo para os artefatos produzidos no experimento.**

	Grupo	# Grupo	# Termos VI	% $d_{norm}$	# Termos TS	% $d_{norm}$	# Termos Elicitados	% $d_{norm}$	# Termos Modelo	% $d_{norm}$
Folksonomia	1	7	77	39,0	47	46,8	104	41,7	119	43,4
	3	7	65	39,5	47	47,5	86	45,3	80	49,6
	5	8	89	32,3	44	29,5	120	30,6	115	37,9
	7	7	101	40,6	49	34,0	146	39,0	151	41,7
	9	8	66	31,4	47	38,3	102	33,1	86	41,3
	$\bar{x}$	7,4	79,6	36,6	46,8	39,2	111,6	37,9	110,2	42,8
	s	0,5	15,4	4,3	1,79	7,9	22,7	6,1	28,6	4,3
Termos das Páginas	2	7	74	38,3	43	46,5	95	49,8	93	46,2
	4	8	74	31,8	43	48,3	109	40,4	103	37,6
	6	7	62	47,3	47	27,7	104	45,5	99	54,2
	8	5	55	58,2	40	58,7	79	58,9	83	59,6
	10	4	41	56,1	32	39,1	71	49,3	80	50,0
	$\bar{x}$	6,2	61,2	46,3	41,0	44,0	91,6	48,8	91,6	49,5
	s	1,6	13,9	11,3	5,61	11,5	16,2	6,8	10,0	8,3

As colunas em destaque da Tabela 2 mostram que os grupos experimentais, que utilizaram a folksonomia, tiveram médias de divergência (assim como os desvios padrão) menores do que os grupos de controle, que utilizaram os termos extraídos das páginas da Web. No entanto, para determinar se a diferença entre as divergências médias encontradas são realmente significativas ou aconteceram ao acaso é necessário aplicar o Teste t para comparação de duas médias. Para aplicá-lo, é necessário que as distribuições das amostras sejam consideradas normais e que se saiba se as variâncias entre os grupos são iguais ou diferentes. Em seguida, mostram-se os passos até a realização do Teste t. Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o software *Action*<sup>8</sup>.

*Pré-requisito 1: distribuição das amostras de divergências devem ser normais*

Para determinar se a distribuição das amostras de divergências médias são normais ou não foram realizados testes de Shapiro-Wilk com nível de significância de 95% sobre as amostras reproduzidas na Tabela 3 para testar as seguintes hipóteses:

$h_0, normal$  = os dados provêm de uma distribuição normal.

$h_1, normal$  = os dados não provêm de uma distribuição normal.

<sup>8</sup> <http://www.portalaction.com.br/>

**Tabela 3. Amostras das divergências dos Grupos Experimentais (GE) e de Controle (GC) na Elicitação de termos (E) e no Modelo (M).**

		G1	G3	G5	G7	G9	p-valor
GE	E	41,67	45,35	30,63	39,04	33,09	<b>0,78</b>
	M	43,42	49,58	37,83	41,72	41,28	<b>0,59</b>
		G2	G4	G6	G8	G10	p-valor
GC	E	49,82	40,37	45,51	58,86	49,30	<b>0,83</b>
	M	46,24	37,62	54,21	59,64	50,00	<b>0,97</b>

Todos os p-valores para as quatro amostras testadas foram maiores do que 0,05 fazendo com que  $h_0, normal$  seja aceita, ou seja, os dados de todas as amostras provêm de uma distribuição normal.

*Pré-requisito 2: variâncias das amostras de divergências devem ser iguais*

Para comparar as médias das divergências dos dois grupos, é necessário saber se as amostras possuem variâncias iguais ou diferentes. Foram realizados Testes F – para duas variâncias e nível de significância de 95% sobre as amostras para testar as seguintes hipóteses:

$h_0, var$  = as variâncias amostrais dos dois tipos de grupos são iguais.

$h_1, var$  = as variâncias amostrais dos dois tipos de grupos são diferentes.

Para as divergências na elicitação de termos obtemos um p-valor = 0,83 > 0,05 fazendo com  $h_0, var$  seja aceita, ou seja, as variâncias amostrais no grupo experimental e de controle para as divergências encontradas nos termos elicitados podem ser consideradas iguais.

Para as divergências no modelo obtemos um p-valor = 0,23 > 0,05 fazendo com  $h_0, var$  seja aceita, ou seja, as variâncias amostrais no grupo experimental e de controle para as divergências encontradas nos modelos também podem ser consideradas iguais.

#### Aplicação do teste T

Retomando as hipóteses deste trabalho e considerando que nesse experimento a folksonomia está sendo avaliada como vocabulário consensual, a hipótese foi desmembrada em:

$h_0, elic$  = A média das divergências geradas nas elicitações de termos é igual no grupo experimental e no grupo de controle.

$h_1, elic$  = A média das divergências geradas nas elicitações de termos é menor no grupo experimental do que o grupo de controle.

$h_0, model$  = A média das divergências geradas nos modelos é igual no grupo experimental e no grupo de controle.

$h_1, model$  = A média das divergências geradas nos modelos é menor no grupo experimental do que o grupo de controle.

Sabendo-se que as distribuições das amostras são normais e que as variâncias entre os grupos podem ser consideradas iguais, pode-se realizar o Teste t para determinar se a diferença entre as divergências médias encontradas são realmente significativas ou aconteceram ao acaso.

Como as amostras são independentes, foi realizado o Teste t para amostras independentes e variâncias iguais, com significância de 95% para as hipóteses  $h_0, elic$ ,  $h_1, elic$ ,  $h_0, model$ ,  $h_1, model$ :

O Teste t realizado para as divergências encontradas nos termos elicitados resultou em um p-valor = 0,014 < 0,05. Portanto, rejeita-se  $h_0, elic$  e aceita-se a hipótese alternativa de que a média das divergências geradas nos grupos experimentais, que utilizaram a folksonomia pode ser considerada menor do que média das divergências geradas nos grupos de controle.

Já o Teste t realizado para as divergências encontradas nos modelos resultou em um p-valor = 0,07 > 0,05. Portanto, aceita-se  $h_0, model$  de que a média das divergências geradas nos grupos experimentais e nos grupos de controle são iguais. Ou seja, não se pode afirmar que os grupos experimentais geraram números diferentes de divergências na produção dos modelos conceituais.

Outro ponto a considerar na análise dos dados da Tabela 2 é que, na média calculada, as divergências geradas pelos grupos experimentais, são menores do que as divergências geradas pelos grupos de controle, já no Vocabulário Inicial (36,6% x 46,3%). Esse fato gera a dúvida de que a diferença na média das divergências dos termos elicitados e do modelo podem ser consequência das divergências geradas em VI que foram “carregadas” para os outros artefatos, e não influência dos termos sugeridos. Por isso, foi feita uma análise das médias de divergências geradas em VI, para determinar se elas realmente são menores nos grupos experimentais. Sendo assim, temos as duas hipóteses:

$h_0, vi$  = A média das divergências geradas em VI é igual no grupo experimental e no grupo de controle.

$h_1, vi$  = A média das divergências geradas em VI é menor no grupo experimental do que no grupo de controle.

As amostras de VI foram consideradas normais pelo teste de Shapiro-Wilk (p-valor = 0,108 > 0,05 para os grupos experimentais e p-valor = 0,597 > 0,05 para os grupos de controle) e as variâncias foram consideradas iguais para os dois tipos de grupos (p-valor = 0,088 > 0,05).

O Teste t realizado para amostras independentes e variâncias iguais, com significância de 95% para as hipóteses  $h_0, vi$  e  $h_1, vi$  resultou em um p-valor = 0,054 > 0,05 fazendo com que  $h_0, vi$  seja aceita, ou seja, a média das divergências geradas em VI pelos grupos experimentais pode ser considerada igual à média das divergências geradas em VI pelos grupos de controle. Isso é uma evidência de que as diferenças nas divergências dos termos elicitados e do modelo não devem ser consequência das divergências geradas em VI, já que a média das divergências é igual nos dois tipos de grupos.

Além disso, foi feita uma análise de correlação entre os conjuntos de termos que constam em cada artefato nos dois tipos de grupos. As duas matrizes de correlação calculadas pela Correlação de Pearson são mostradas nas Tabelas 4 e 5 a seguir. A correlação positiva varia entre 0 (nenhuma correlação) e 1 (totalmente correlacionada). Sendo assim, quanto mais perto de 1 maior é a correlação entre as duas variáveis.

O que se pode observar nas Tabelas 4 e 5 é que a correlação entre VI e os termos elicitados e do modelo é bem menor do que a correlação de TS com os termos elicitados e do modelo. Sendo assim, mesmo que a média das divergências em VI fosse menor nos grupos experimentais do que no grupo de controle, a influência de VI nesses artefatos é pequena se comparada à influência de TS (quase 3 vezes maior nos termos elicitados e mais de 2 vezes maior no modelo). Outro aspecto a observar é que a correlação entre VI e os termos elicitados e do modelo é bem parecida nos dois tipos de grupos, não justificando a influência de VI na diferença das divergências desses dois artefatos.

**Tabela 4. Matriz de Correlação de Pearson para os termos presentes nos artefatos produzidos pelos grupos experimentais (folksonomia).**

	VI	TS	Elic	Model
VI	1	0,11	0,34	0,37
TS	0,11	1	0,96	0,89
Elic	0,34	0,96	1	0,95
Model	0,37	0,89	0,95	1

**Tabela 5. Matriz de Correlação de Pearson para os termos presentes nos artefatos produzidos pelos grupos de controle (páginas Web).**

	VI	TS	Elic	Model
VI	1	0,05	0,33	0,42
TS	0,05	1	0,94	0,85
Elic	0,33	0,94	1	0,95
Model	0,42	0,85	0,95	1

Outro ponto que pode ser observado nas duas matrizes é que os termos de TS estão mais relacionados aos termos elicitados do que os termos do modelo, e que apesar da diferença ser pequena, a correlação de TS nos dois artefatos é maior nos grupos experimentais.

## 9. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo é investigar se as folksonomias representam conceitualizações compartilhadas de domínios ou não. Se esse for o caso, então grupos de modelagem que usam esses dados para obter um modelo de algum domínio devem se deparar com um número menor de divergências do que grupos usando outros dados que não tem a dimensão social dos dados encontrados no STC.

Um método de extração de folksonomias baseado no modelo tripartite de Mika [20] foi implementado. A folksonomia resultante foi avaliada em um experimento com 68 participantes divididos e cinco grupos experimentais e cinco grupos de controle.

Este trabalho tenta responder a seguinte questão:

As folksonomias extraídas dos dados STCs ajudam os atores a atingir consenso mais facilmente na especificação de modelos conceituais quando comparadas a atores que utilizam dados extraídos de texto por meio de um algoritmo baseado na frequência dos termos?

As divergências geradas em todos os grupos foram calculadas e, após a análise estatística, podemos afirmar por meio do resultado do Teste t que a média de divergências nos termos elicitados foi menor nos grupos experimentais do que nos grupos de controle. Porém, nos termos utilizados para compor o mapa conceitual não se pode afirmar que as divergências geradas são diferentes nos dois grupos. Isso provavelmente se deve ao fato de que os termos elicitados não foram discutidos colaborativamente entre os atores do grupo, como deveria acontecer em situação real, antes dos participantes elaborarem seus mapas conceituais individuais. Dessa forma, como a tendência é que os participantes utilizem um

subconjunto dos termos elicitados no modelo, foram escolhidos subconjuntos de termos diferentes para compor os modelos individuais.

Foram calculadas as matrizes de correlação entre todos os termos utilizados em cada artefato para cada grupo. Essa análise nos permite concluir que os termos sugeridos influenciam muito mais a elicitación de termos e o modelo do que os termos do vocabulário inicial do participante. Essa pode ser uma evidência de que quanto mais consensual forem os termos sugeridos, menor pode ser o número de divergências geradas na elicitación de termos e no modelo.

## 10. TRABALHOS FUTUROS

Outras análises estatísticas devem ser feitas com os dados das respostas do questionário de experiência respondido pelos participantes no final do experimento. O objetivo será determinar se a experiência em modelagem percebida pelo participante influencia na escolha dos termos empregados na elicitación de termos e no modelo. Novos experimentos devem ser realizados com folksonomias geradas por outras abordagens consolidadas como [2, 23], tanto para avaliar a folksonomia como vocabulário consensual como para avaliar os relacionamentos entre as *tags*.

O processo de limpeza de *tags* e o processo de extrair termos das páginas Web estão sendo melhorados, inclusive com a extração de bigramas. Outras mudanças podem melhorar o método de extração de folksonomias: i) a representação do domínio desejado (variável de entrada) deve suportar um conjunto de termos ao invés de apenas um (isso permitirá que o domínio seja melhor especificado); ii) a análise da base de dados do STC para determinar se existe dados suficientes para produzir uma folksonomia com bons termos sobre o domínio deve ser automatizada (atualmente esta análise está sendo feita por inspeção humana). Uma análise da estabilidade das *tags* como apresentado em [23] deve ser incluída. Robu et al. [23] tentam encontrar recursos para os quais o vocabulário de *tags* se estabiliza no tempo e, portanto, podem ser estáveis sobre o domínio. Para fazer isso, a base de dados do STC precisa da data da categorização que vai além da relação Y do STC, sendo necessário incluir a dimensão “tempo da categorização”.

Entre as limitações deste trabalho podemos citar: i) o número de amostras pequeno e a não variedade de domínios alvo dos experimentos, o que deve ser resolvido com a realização de outros experimentos; ii) a não variedade de experiência dos participantes (todos são estudantes), devido à dificuldade de encontrar voluntários que possam realizar o experimento e iii) a impossibilidade de validar a folksonomia gerada como vocabulário consensual perante a própria comunidade que gerou os dados do STC.

## 11. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pela bolsa de doutorado concedida a Josiane M. Pinheiro durante o seu doutorado, no qual este trabalho está sendo desenvolvido. Agradecemos também ao professor Sérgio R. P. da Silva que muito contribuiu para este trabalho, mas que faleceu em março/2014, antes de vê-lo concluído.

## 12. REFERÊNCIAS

- [1] Alves, H. and Santanchè, A. 2013. Folksonomized ontology and the 3E steps technique to support ontology evolution. *Journal of Web Semantics*. 18, 1 (Jan. 2013), 19–30.

- [2] Begelman, G. et al. 2006. Automated Tag Clustering: Improving search and exploration in the tag space. *Collaborative Web Tagging Workshop at WWW'06* (Edinburgh, Scotland, 2006).
- [3] Cantador, I. et al. 2011. Categorising social tags to improve folksonomy-based recommendations. *Journal of Web Semantics*. 9, (2011), 1–15.
- [4] Cattuto, C. et al. 2008. Semantic Grounding of Tag Relatedness in Social Bookmarking Systems. *Proceedings of 7th International Conference on The Semantic Web ISWC'08* (2008), 1–16.
- [5] Chen, W. et al. 2010. Generating ontologies with basic level concepts from folksonomies. *Procedia Computer Science*. 1, 1 (May 2010), 573–581.
- [6] Damme, C. van et al. 2008. Deriving a Lightweight Corporate Ontology from a Folksonomy: a Methodology and its Possible Applications. *Scalable Computing: Practice and Experience - Scientific International Journal for Parallel and Distributed Computing*. 9, 4 (2008), 293–301.
- [7] Damme, C. van et al. 2007. FolksOntology: An Integrated Approach for Turning Folksonomies into Ontologies. *IESWC Workshop Bridging the Gap between Semantic Web and Web 2.0* (2007), 57–70.
- [8] Folksonomy Coinage and Definition: 2007. <http://vanderwal.net/folksonomy.html>. Accessed: 2013-01-16.
- [9] Golder, S.A. and Huberman, B.A. 2006. The Structure of Collaborative Tagging Systems. *Journal of Information Science*. 32, 2 (2006), 198–208.
- [10] Gruber, T. 2007. Collective knowledge systems: Where the Social Web meets the Semantic Web. *Journal of Web Semantics*. 06, 01 (Dec. 2007), 4–13.
- [11] Guizzardi, G. 2005. *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*. University of Twente, Enschede.
- [12] Halpin, H. et al. 2007. The complex dynamics of collaborative tagging. *Proceedings of the 16th International Conference on World Wide Web - WWW'07* (2007), 211–220.
- [13] Hamasaki, M. et al. 2007. Ontology Extraction using Social Network. *Proceeding of International Workshop on Semantic Web for Collaborative Knowledge Acquisition* (2007).
- [14] Heymann, P. and Garcia-Molina, H. 2006. *Collaborative creation of communal hierarchical taxonomies in social tagging systems*.
- [15] Hotho, A. et al. 2006. Information Retrieval in Folksonomies: Search and Ranking. *The Semantic Web: Research and Applications, volume 4011 of LNAI* (2006), 411–426.
- [16] Jäschke, R. et al. 2008. Discovering shared conceptualizations in folksonomies. *Journal of Web Semantics*. 6, 1 (Feb. 2008), 38–53.
- [17] Lin, H. et al. 2009. An Integrated Approach to Extracting Ontological Structures from Folksonomies. *Proceedings of 6th European Semantic Web Conference, ESWC 2009* (Creta, Grécia, 2009), 654–668.
- [18] Markines, B. et al. 2009. Evaluating Similarity Measures for Emergent Semantics of Social Tagging. *Proceedings of the 18th International Conference on World Wide Web - WWW'09* (2009), 641–650.
- [19] Mathes, A. 2004. Folksonomies - Cooperative Classification and Communication Through Shared Metadata. *Library and Information Science*. (2004), 1–13.
- [20] Mika, P. 2007. Ontologies are us: A unified model of social networks and semantics. *Journal of Web Semantics*. 5, 1 (Mar. 2007), 5–15.
- [21] Novak, J.D. and Cañas, A.J. 2008. *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*.
- [22] Plangprasopchok, A. et al. 2010. Growing a Tree in the Forest: Constructing Folksonomies by Integrating Structured Metadata. *16h ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD) 2010* (2010).
- [23] Robu, V. et al. 2009. Emergence of consensus and shared vocabularies in collaborative tagging systems. *ACM Transactions on the Web*. 3, 4 (Sep. 2009), 1–34.
- [24] Schmitz, C. et al. 2006. Mining Association Rules in Folksonomies. *Lecture Notes in Computer Science - The Semantic Web: Research and Applications* (2006), 411–426.
- [25] Schmitz, P. 2006. Inducing ontology from Flickr tags. *Collaborative Web Tagging Workshop at 15th WWW'06 Conference* (Edinburgh, Scotland, 2006).
- [26] Smith, G. 2008. *Tagging: People-powered metadata for the social web*. New Riders.
- [27] Specia, L. et al. 2007. Bridging the Gap Between Folksonomies and the Semantic Web: An Experience Report. *Workshop Bridging the Gap between Semantic Web and Web 2.0, European Semantic Web Conference* (2007), 93–106.
- [28] Specia, L. and Motta, E. 2007. Integrating Folksonomies with the Semantic Web. *4th European Semantic Web Conference* (Berlin Heidelberg, Germany, 2007), 624–639.
- [29] Strohmaier, M. et al. 2012. Evaluation of Folksonomy Induction Algorithms. *Transactions on Intelligent Systems and Technology*. (2012).
- [30] Wu, H. et al. 2006. Harvesting social knowledge from folksonomies. *Proceedings of the seventeenth conference on Hypertext and hypermedia - HYPERTEXT'06*. (2006), 111–114.
- [31] Wu, X. et al. 2006. Exploring social annotations for the semantic web. *Proceedings of the 15th International Conference on World Wide Web - WWW'06*. (2006), 417–426.

# MoodleGroups: Um Aplicativo para Identificar as Relações Sociais entre Alunos em Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Dhanielly Lima  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Computação  
+55 92 3305-2808  
dhanielly@icomp.ufam.edu.br

Bruno Gadelha  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Computação  
+55 92 3305-2808  
bruno@icomp.ufam.edu.br

José Francisco Netto  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Computação  
+55 92 3305-2808  
jnetto@icomp.ufam.edu.br

Vitor Bremgartner  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Computação  
+55 92 3305-2808  
vitorbref@icomp.ufam.edu.br

## ABSTRACT

With increasing use of Internet and Distance Education, the common practice has been to use the Learning Management System (LMS), enabling collaborative activities and interaction among users. However, many LMS do not have a tool to monitor the interactions among users, making diagnosis difficult about the class by teacher. To solve this problem, this paper presents a strategy that makes use of a Multi-Agent System responsible for analyze forums in which students have participated and messages that students have exchanged in a LMS, and displays the information to the teacher by a shaped sociogram by means of mobile devices. Thus, the teacher can view anytime and anywhere social interactions of their students within the course, and adopt tactics that promote social inclusion, since there may be in the classroom students with difficulties in socializing. This approach helps the teacher to promote interaction among students and is a way to construct the student's knowledge.

## Categories and Subject Descriptors

I.2.11 [Artificial Intelligence]: Distributed Artificial Intelligence --- *intelligent agents, multiagent systems*.  
J.4 [Computer Applications]: Social and Behavioral Sciences --- sociology.  
K.3.1 [Computers and Education]: Computer uses in Education --- *distance learning*.

## General Terms

Experimentation, Human Factors.

## Keywords

LMS, Multi-Agent System, Social Relations, Sociogram.

## RESUMO

Com o crescente uso da Internet e da Educação a Distância, a prática comum tem sido utilizar os Ambientes Virtuais de

Aprendizagem (AVAs) que permitem a realização de atividades colaborativas e a interação entre os usuários. Porém, muitos AVAs não possuem uma ferramenta para monitorar as interações entre os usuários, dificultando o diagnóstico do professor a respeito da turma. Para resolver este problema, o artigo apresenta uma estratégia que faz uso de um Sistema Multiagente, responsável por analisar os fóruns que os estudantes participam e as mensagens trocadas entre os estudantes em um AVA, e apresenta as informações ao professor sob a forma de sociograma por intermédio dos dispositivos móveis. Desta forma, o professor pode visualizar a qualquer momento e em qualquer lugar as interações sociais de seus alunos dentro do curso, e adotar táticas que promovam a inserção social, visto que pode haver na turma estudantes com dificuldades de socializar. Esta abordagem auxilia o professor a promover a interação entre os estudantes e é um meio de construir o conhecimento do aluno.

## Palavras Chave

AVA, Sistema Multiagente, Relação Social, Sociograma.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescente uso da Internet, a sociedade está se tornando cada vez mais conectada à rede, o que afeta as relações interpessoais, de trabalho e a educação [1]. Ao mesmo tempo, pode-se dizer também que a Internet tem se transformado em uma importante ferramenta para fins pedagógicos, devido ao avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e pela procura por plataformas educacionais, que possibilitam uma interação entre alunos e professores, compartilhando o conhecimento [2].

A disseminação e adoção das TICs contribuem para a formação de comunidades de aprendizagem que privilegiam a construção do conhecimento, a comunicação, a formação continuada, a gestão administrativa, pedagógica e de informações [3]. Porém, algumas TICs, entre elas os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) possuem uma quantidade escassa de ferramentas para auxiliar os professores no âmbito das relações sociais, dificultando desta forma a promoção da inserção social e da detecção dos grupos e subgrupos dentro de uma disciplina. As TICs devem então dar suporte à mediação e prover um ambiente onde estudantes e professores pudessem estabelecer uma presença social [1].

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

O fato de socializar os participantes de um curso é importante, dado que influencia e proporciona o compartilhamento do conhecimento, o que caracteriza a Era do Conhecimento, que é marcada pela forte utilização da Internet nas relações humanas e é caracterizada pela valorização e compartilhamento do conhecimento, pela inovação como fator estratégico, pelo trabalho colaborativo e o desenvolvimento de uma inteligência coletiva [4].

A fim de ilustrar a motivação dessa pesquisa, é apresentado o seguinte cenário: Um professor ministra uma disciplina de um curso de Educação a distância (EaD) disponibilizando o conteúdo e incentivando a interação entre os alunos através de um AVA e suas ferramentas. Porém, o professor e os tutores que o auxiliam notaram a baixa participação dos alunos nas discussões e o baixo rendimento dos alunos nas atividades solicitadas no AVA. O professor é ciente de que se as interações entre os alunos forem incentivadas, mais motivados eles ficarão, o que resultará em uma melhora no rendimento dos alunos na disciplina, uma vez que leu o trabalho de Turoff [5] que mostra que um grupo tem uma capacidade maior de gerar alternativas para um determinado problema de forma criativa, levantando as vantagens e desvantagens de cada uma delas e selecionando as alternativas mais viáveis para as tomadas de decisão. Assim, o professor decide investigar como os alunos estão se relacionando dentro do ambiente virtual a fim de tentar fazer com que esses alunos atuem como um grupo. Para tanto, ele tenta verificar manualmente todas as mensagens enviadas nos fóruns de discussão e as mensagens trocadas entre os alunos, e percebe que esse trabalho exige dedicação e bastante tempo disponível. Dado que em meio a tantas ferramentas que são disponibilizadas pelo AVA, não há um gerenciamento de forma automática e inteligente no que diz respeito às relações sociais estabelecidas pelos alunos dentro do curso. Então, como ajudar esse professor?

Considerando o cenário descrito, este trabalho mostra o desenvolvimento do aplicativo MoodleGroups, que é voltado para a educação e tem como finalidade identificar as relações sociais entre os alunos de um Ambiente Virtual de Aprendizagem. O aplicativo será acessado pelo professor por intermédio dos dispositivos móveis, e como resultado será mostrado o sociograma dos alunos participantes do curso, obtido com o auxílio dos Agentes Inteligentes (AIs).

Através do MoodleGroups, professores podem visualizar as interações a qualquer momento e em qualquer lugar, visto que as tecnologias proporcionam um grande impacto na aprendizagem, de modo que os estudantes e professores poderão mover-se cada vez mais para fora da sala de aula em direção a um ambiente de aprendizagem, real ou virtual, caracterizado por uma aprendizagem contextualizada, personalizada e colaborativa [6].

Este artigo está estruturado da seguinte forma: as Seções 2 e 3 descrevem a fundamentação teórica no qual se baseia o trabalho; a seção 4 mostra os trabalhos relacionados; a seção 5 apresenta a proposta, com o modelo arquitetural; a seção 6 apresenta a avaliação funcional do aplicativo e por fim a seção 7 com as considerações finais.

## 2. A UTILIZAÇÃO DE SOCIOGRAMAS NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

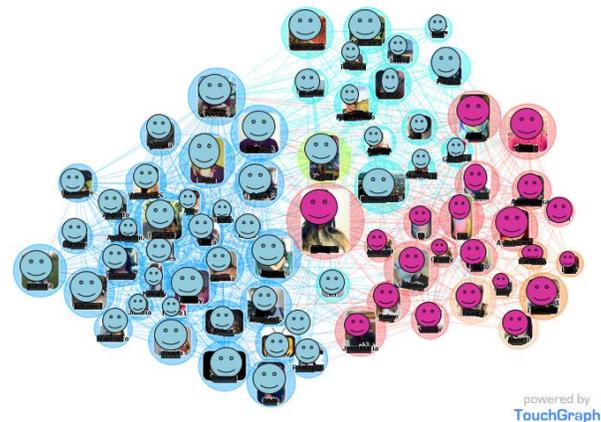
Conforme Moreno [7], o padrão do universo social é invisível, mas os gráficos podem torná-lo visível. A sociometria de Moreno

evoluiu para o que hoje é conhecido como “Análise de Redes Sociais” ou “Social Network Analysis (SNA)”. Os métodos sociométricos quando são representados graficamente recebem o nome de sociograma, que também podem ser chamados de diagrama de relação social ou diagrama de rede social.

O objetivo do sociograma de acordo com Vaz [8] é tornar a leitura das relações mais fácil. Desta forma, o sociograma deve permitir a visualização das relações da maneira mais clara possível.

Entre os softwares que elaboram sociogramas citamos: o NetDraw [9], Weft QDA [10] e o NodeXL [11].

A Figura 1 é um exemplo de sociograma que foi elaborado de acordo com as relações sociais de um usuário do Facebook [12], o sociograma foi elaborado com o auxílio da ferramenta online TouchGraph [13].



**Figura 1. Exemplo de um Sociograma de um usuário da rede social Facebook.**

Na Figura 1 os círculos representam as pessoas que fazem parte do grupo de amizade do usuário x, e os grupos e subgrupos nos quais as pessoas fazem parte, sendo destacados por cores diferenciadas.

No sociograma da Figura 1 é levado em consideração os amigos do usuário x que mais postam em seus perfis e os que mais possuem amigos em comuns com o usuário x. É possível detectar também as pessoas que são pontes de relacionamento, ou seja, o usuário de um determinado grupo (diferenciado pela cor) que está conectado com um outro usuário de cor diferente. As pessoas que interligam um grupo ao outro na sociometria recebem o nome de ponte de relacionamento. Os grupos são formados pelas pessoas que são amigas entre si, logo são aquelas pessoas que possuem o outro usuário adicionado em seu Facebook também.

Com isso, pode-se concluir que os sociogramas são representações gráficas das relações existentes em um grupo de indivíduos e, mais do que um método de apresentação, os sociogramas constituem um método de exploração, uma vez que possibilitam a identificação de fatos sociométricos e a análise estrutural de uma comunidade [8].

Logo, a utilização de sociogramas poderia auxiliar os professores de um AVA tendo em vista que os mesmos não possuem um mecanismo que lhe mostrem as interações de forma gráfica, proporcionando uma visão geral e detalhada acerca das relações sociais que são estabelecidas no decorrer de um curso. Essas

informações são importantes ao professor, tendo em vista que a mediação é um fator chave na Educação a Distância (EaD), e o uso de recursos muda o conceito de presença tanto do professor quanto do aluno [14]. A disponibilização de sociogramas proporcionaria ao professor a oportunidade de adotar medidas preventivas de acordo com as representações visuais, podendo promover a socialização dos seus alunos que possuem dificuldades em interagir, além de promover a interação entre os grupos existentes na disciplina.

### 3. A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS MULTIAGENTE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Existe uma abordagem na Inteligência Artificial Distribuída (IAD) que tem como finalidade de sua pesquisa os agentes inteligentes, esta abordagem é a de Sistemas Multiagente (SMA) [15].

Para Jaques [16], quando um sistema é formado por mais de um agente, ele é conhecido como SMA. A autora ainda afirma, que os agentes são entidades autônomas que têm conhecimento de sua existência e da existência dos demais agentes, por isso colaboram uns com os outros para atingirem um objetivo comum dentro do ambiente.

Segundo Krupansky [17], um SMA é uma coleção de agentes de software que trabalham em conjunto, podendo cooperar ou competir, ou ainda empreender alguma combinação de cooperação e competição. O conceito de Krupansky[17] evoca a noção de que os agentes agindo em conjunto são mais eficientes do que agindo solitariamente.

Os Agentes Inteligentes – AI, segundo Wooldridge [18], quando empregados em um sistema devem possuir as seguintes características: autonomia, habilidade social, reatividade, pró-atividade. Desta forma, um agente é um sistema computacional, posicionado em algum ambiente, que é capaz de agir com autonomia flexível visando atingir os objetivos para o qual foi projetado [19].

Com base em tais informações, a utilização de agentes neste contexto justifica-se pelo fato dos mesmos apresentarem uma flexibilidade maior no tratamento dos elementos que compõem o sistema, deixando o sistema com um maior nível de inteligência e atendendo da melhor forma as necessidades do aprendiz. Além disso, de acordo com Filho [20], vários trabalhos incorporam agentes de software aos AVAs com a finalidade de acrescentar características de iniciativa por parte do ambiente e tornar esses ambientes mais atrativos aos seus usuários.

### 4. TRABALHOS CORRELATOS

Vários trabalhos analisam a interação dos usuários dentro do AVA, e outros além de realizar tal análise, também incorporam agentes de software a esses ambientes a fim de torná-los mais atrativos aos seus usuários. Os trabalhos relacionados são descritos a seguir.

O trabalho de Cordenonsi *et al* [1], apresentou uma análise do processo de colaboração em pequenos grupos de estudantes que foram envolvidos em um ambiente virtual tridimensional, onde o

grupo de estudantes tinham que resolver um problema. Desta forma, a pesquisa consistiu em observar e analisar a colaboração que ocorreu entre o grupo na resolução do problema, levando em considerando as métricas do modelo 3C de colaboração.

O trabalho de Bartholo *et al* [21], apresentou um modelo, denominado M-AVA, para apoiar a adaptação de AVAs existentes para o contexto de dispositivos móveis. A partir da concepção do M-AVA observou-se a necessidade de incluir uma camada de adaptação na arquitetura de AVAs, a fim de que os mesmos pudessem atender a demanda de novas tecnologias. Para mostrar a viabilidade do uso do modelo de adaptação proposto, foi apresentado no trabalho um estudo de caso em detalhes.

Já o trabalho de Pimentel *et al* [23], mostra a utilidade do Modelo 3C em diferentes etapas do processo de desenvolvimento de sistemas colaborativos do grupo de pesquisa do mesmo. Mostrando a importância do Modelo 3C nas análises do groupware a ser desenvolvido; no estabelecimento do foco para o desenvolvimento de sucessivas versões do groupware num processo iterativo e investigativo; e para o desenvolvimento de arquitetura e componentes 3C.

Foi apresentado por Silva *et al* [22], uma abordagem baseada em agentes para recomendação sensível ao contexto de Objetos de Aprendizagem, a fim de aperfeiçoar o processo de ensino na aprendizagem móvel.

Nos trabalhos de Bremgartner [2] e Jaques [16], foi utilizado na abordagem os agentes inteligentes como solução estratégica para um determinado problema relacionado aos Ambientes Virtuais de Aprendizagem.

Outro trabalho importante é o de Saltz *et al* [24], que utiliza os grafos a fim de obter uma análise mais clara acerca das interações sociais dos alunos dentro de um AVA. No trabalho é empregado o conceito de redes sociais para realizar uma análise das interações de cada aluno, obtendo como resultado um grafo social do estudante que é disponibilizado ao professor.

E por fim o trabalho de Gerosa [25], que analisa profundamente as interações que ocorrem nos fóruns de discussão, possibilitando uma melhor coordenação dos professores para com os alunos. No presente artigo é investigado como melhorar o apoio à coordenação de um fórum usando dispositivos móveis para mitigar as dificuldades do mediador em seguir o status de um fórum.

### 5. MODELO ARQUITETURAL DA APLICAÇÃO

A arquitetura do sistema proposto é composta inicialmente por alguns agentes, sendo estes: o agente professor, o agente sociograma e os agentes de interação que ficam responsáveis por ler, coletar e analisar os dados de interação dos alunos em mensagens e fóruns de discussão, além de um AVA e por um banco de dados, onde estão salvas todas as informações referentes aos cursos, conforme ilustra a Figura 2.

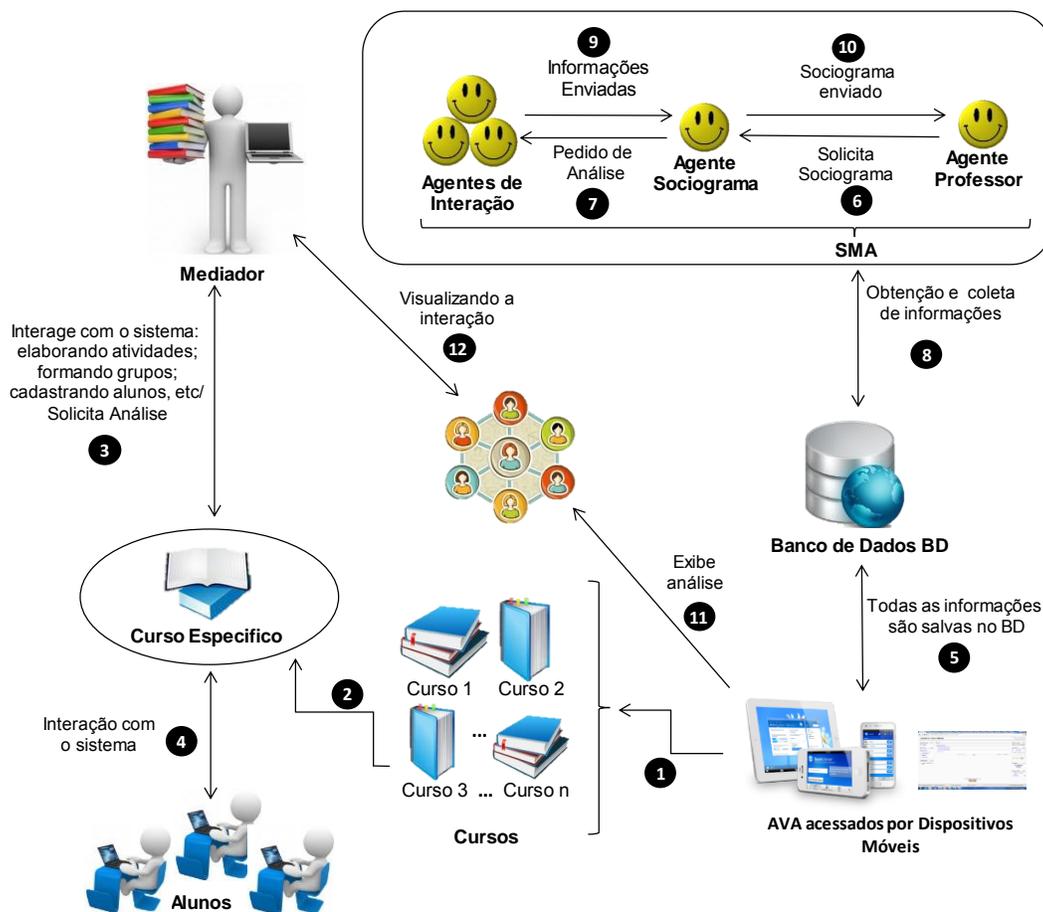


Figura 2. Modelo Arquitetural do MoodleGroups.

De acordo com o modelo arquitetural da Figura 2, pode-se observar o seguinte:

1. Em um AVA pode-se ter vários cursos de diferentes áreas, que são utilizados com a finalidade de capacitar as pessoas nos diversos níveis do conhecimento, em que o AVA no presente trabalho pode ser acessado por dispositivos móveis;
2. Para exemplificar melhor a proposta do projeto, é utilizado um curso específico;
3. Este curso assim como os demais possui um mediador que interage com o sistema elaborando atividades, cadastrando alunos e formando grupos.
4. No curso também existem os alunos, que interagem com o sistema respondendo as atividades propostas pelo mediador. Tais atividades necessitam da interação do aluno com o ambiente e consequentemente com os demais alunos do curso; esses alunos podem interagir de diversas formas no sistema, como por exemplo nos fóruns de discussões e nas mensagens.
5. As interações são registradas nas tabelas do banco de dados. Ou seja, tudo o que os alunos fazem, tal como: acessar o curso, responder uma atividade, bater papo com outros colegas, e publicar nos fóruns, são registrados no banco de dados.
- 6-13. Se o professor por um acaso desejar saber como está o nível de afinidade/interação dos alunos entre si, ele deverá solicitar a

análise das interações dos alunos no AVA. Desta forma, os agentes são acionados, seguindo a seguinte ordem: o agente professor é o primeiro agente a ser acionado, ele é responsável por pegar a informação em forma de sociograma e mostrá-la ao mediador, ou seja, o agente professor solicita ao agente sociograma o visual das interações, que é um sociograma dos alunos matriculados no curso. Quando o agente sociograma é acionado ele repassa as informações ao sistema implementado com o auxílio da biblioteca Javascript D3 [26] usada para montagem do sociograma. Sendo assim, os agentes de interação são responsáveis por ler, coletar e analisar os dados no banco de dados, e repassar esses dados ao sistema responsável, que após receber as informações dos agentes de interação montará o sociograma e repassará essa montagem de forma gráfica para o aplicativo, onde são vistas as informações pelo professor.

## 6. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

Os experimentos para a validação do MoodleGroups foram realizados utilizando duas bases de dados, a primeira consistia de uma base fictícia e a segunda foi uma base de dados de um curso de Educação a Distância de uma Instituição de Ensino Superior (IES). A plataforma utilizada foi o Moodle [27].

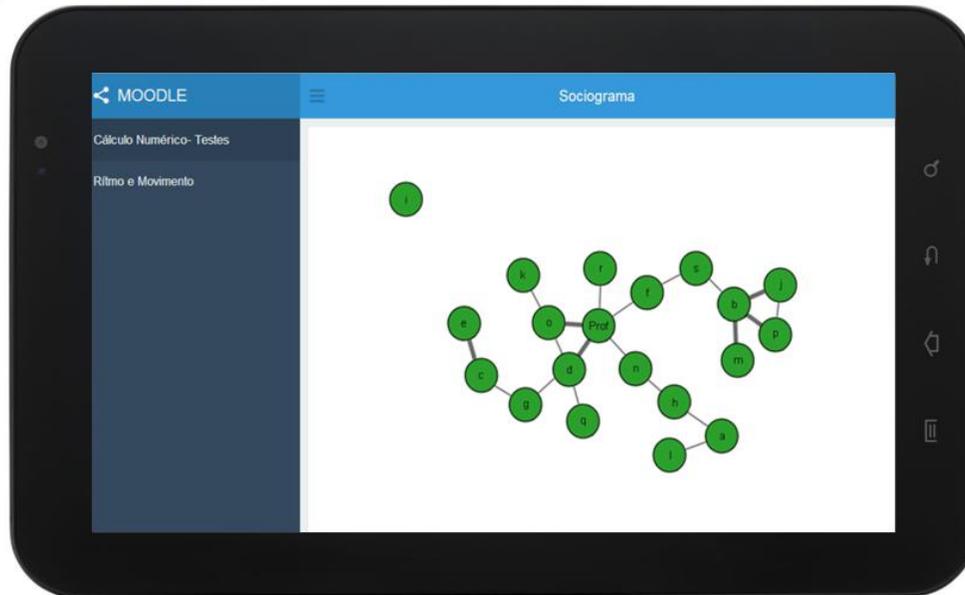
Os testes iniciais envolviam uma base de dados fictícia, com apenas 20 alunos cadastrados, sendo um o professor e os demais alunos participantes. Já no segundo teste a base de dados era de

um curso real e contava com mais de 50 alunos. As figuras dos testes serão mostradas na subseção 6.1.

## 6.1 Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido para ser utilizado na plataforma Moodle, nos dispositivos móveis com o sistema operacional

Android [28] de versões 4.0 em diante. Para ter acesso ao aplicativo o usuário deve ser professor de um dos cursos cadastrados no sistema. Ao acessar o curso através de um dispositivo móvel o professor terá a sua disposição o sociograma de sua turma, conforme mostra a Figura 3. É importante ressaltar que o Sistema Multiagente foi feito no framework JADE [29].



**Figura 3. MoodleGroups apresentado um sociograma.**

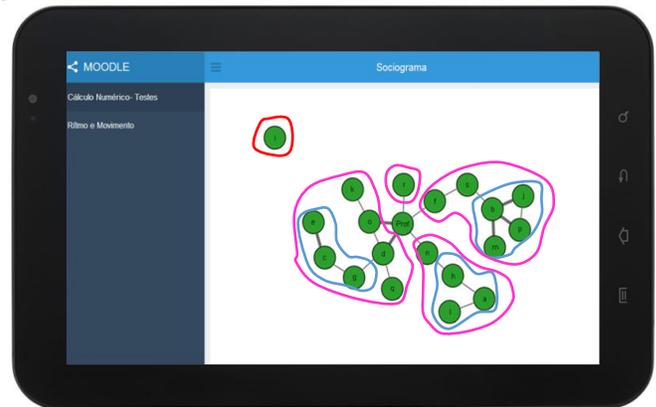
Na Figura 3, é possível visualizar um menu lateral, onde ficam os cursos que são ministrados pelo professor que acessou o sistema. No exemplo, tem-se dois cursos, sendo o primeiro o de Cálculo Numérico (base de dados fictícia), e segundo o curso Ritmo e Movimento (base de dados real).

O curso de Cálculo numérico é o curso que está sendo mostrado pelo sociograma da Figura 3. No exemplo, é possível verificar no sociograma diversas situações que foram detectadas e que estão presentes no curso, tais como:

- Os grupos e subgrupos;
- As pontes de relacionamento;
- Os alunos que possuem o menor índice de interação ou nenhuma interação;
- E os alunos que mais interagem com o professor.

Caracterizando melhor a situação, a Figura 4 mostra os Grupos representados pela demarcação de cor rosa, e os subgrupos representados pela cor azul, além disso também existe um grupo de cor vermelha que representam os alunos que não tiveram nenhuma interação com os demais participantes ou até mesmo com o ambiente de ensino. No caso exemplificado, percebe-se que os subgrupos ficam dentro dos grupos maiores.

O professor, de posse dessa informação visual, pode optar por diversas ações, tais como integrar o grupo de menor interação (o que possui demarcação vermelha) com os demais grupos, auxiliando na socialização de seus alunos, e podendo trabalhar diretamente com os alunos que não estão interagindo com o sistema ou com os demais alunos, seja por dificuldade de comunicação ou outros motivos.



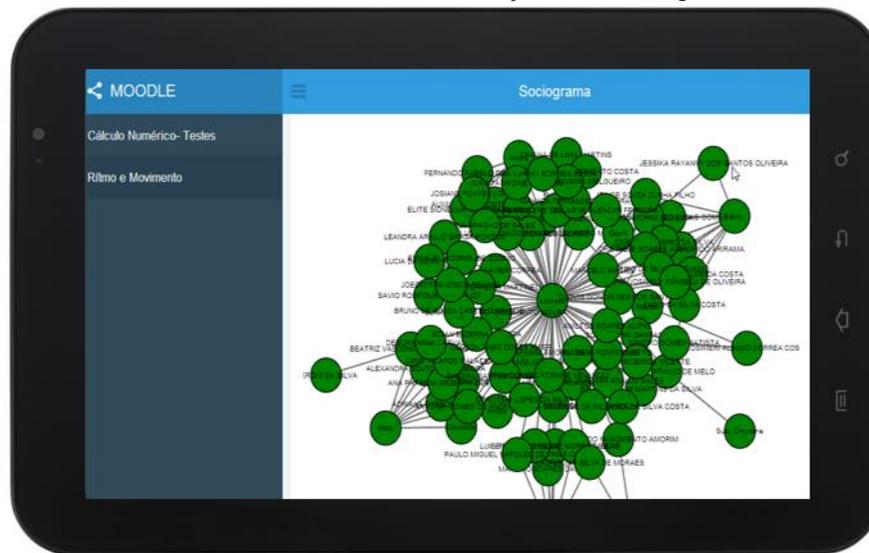
**Figura 4. Disposição dos grupos e subgrupos dentro do curso.**

As pessoas que são pontes de relacionamento e os alunos que mais interagem com o professor são melhores vistos na Figura 3. Como por exemplo, os alunos {b, d, s}. O aluno {b} interliga os alunos {m, p, j} ao {s}; e o {s} interliga um subgrupo ao {f}. Já o aluno {d} interliga os alunos {g, c, e} aos alunos {q, o} e ao professor. Desta forma, os alunos {d, f, n, o, s} poderiam auxiliar o professor na comunicação com os grupos existentes. Logo, sabendo o professor quais são os alunos que são pontes de relacionamento dentro da turma, poderia utilizar essa informação ao seu favor, a fim de obter uma melhor comunicação e socialização entre os alunos.

E por fim, pode-se detectar os alunos que mais interagem com o professor, sendo estes os alunos: {d, f, n, o, r}. Além disso é possível verificar as interações mais intensas, que são representadas pelas linhas mais grossas, caracterizando assim, um

nível mais intenso de interação entre as pessoas que as possuem, como por exemplo a interação entre os alunos  $\{b, p, m, j\}$ .

Na Figura 5, é mostrado o segundo curso, que possui um número maior de alunos, com diversas interações e uma estrutura diferente da que foi vista na Figura 3.



**Figura 5. MoodleGroups, curso Ritmo e Movimento.**

Na Figura 5, há um grande fluxo de interação entre os alunos, onde é possível visualizar que existe uma grande interação entre os alunos com o professor. Sendo o professor o líder positivo no sociograma da Figura 5, isso se dá pelo fato dele possuir mais interações que os demais participantes, estando o professor no centro das interações e tendo ele ligações de forma direta com quase todos os estudantes participantes do curso. É possível verificar também que em meio a tantas interações, existem alunos no curso que interagem pouco levando em consideração as interações dos demais alunos.

Além dessas informações que são obtidas e repassadas ao professor, o mesmo também pode interagir com o sociograma no dispositivo móvel, ampliando a imagem com os dedos, ou até mesmo a ação de movimentar o sociograma.

## 7. CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado o aplicativo MoodleGroups para auxiliar os professores no processo de mediação de interações entre alunos. O aplicativo proposto possui uma camada de inteligência, sendo ela responsável por coletar dados acerca das interações sociais dos alunos dentro dos fóruns e das mensagens em AVAs. Essas informações são repassadas ao sistema e este é responsável pela montagem do sociograma das interações dos alunos matriculados no curso. Por fim, essa informação é disponibilizada ao professor via dispositivos móveis.

Assim, o MoodleGroups é uma resposta ao problema do professor ilustrada no cenário apresentado neste artigo. O professor visualizando os sociogramas à sua disposição pode promover a socialização dos alunos com pouca interação e integrar os grupos existentes com os demais grupos da classe. Além disso, ele pode perceber situações diferentes que ocorrem ao longo do curso, como por exemplo, um aluno que participava de um grupo e posteriormente saiu, migrando para um outro grupo da classe. Com isso, o professor além de tomar ações preventivas, pode acompanhar a evolução da turma durante o curso.

Sendo assim, o aplicativo proposto visa auxiliar o professor de um curso a Distância, proporcionando ao mesmo uma visão geral e integrada das interações, para que seja possível acompanhar e adotar ações preventivas, promovendo a inserção social dos alunos dentro do curso.

Atualmente o trabalho encontra-se no estágio de autenticação e de aprimoramento de interface para o aplicativo, a fim de proporcionar um melhor design e segurança ao usuário final. Desta forma, este trabalho se apresenta como um resultado parcial de uma investigação sobre a utilização de Sistemas Multiagentes integrados a Ambientes Virtuais de Aprendizagem no contexto da Educação a Distância.

Além do melhoramento da interface do aplicativo, a continuação deste trabalho é avaliar a eficácia desta proposta em diversas turmas reais que utilizam frequentemente fóruns e troca de mensagens entre alunos em AVAs.

## 8. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a SAMSUNG pelo suporte financeiro concedido para a realização do projeto no qual o artigo pertence.

## 9. REFERÊNCIAS

- [1] Cordenonsi, A. Z., Bernardi, G., Muller, F. M., Silva, T. G., Bos, S. A., e Fleck, R. 2013. Aprendizagem Colaborativa em Mundos Virtuais 3D: Analisando a Colaboração sob a Perspectiva do Modelo 3C de Colaboração". In: X Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC'2012). Outubro 8-11, 2013, Manaus, AM, Brasil. Proceedings – Full Paper. ISSN 2318-4132.
- [2] Bremgartner, V., e Netto, J. F. de Magalhães. 2012. Improving Collaborative Learning by Personalization in Virtual Learning Environments Using Agents and Competency – Based Ontology. Proc. 42<sup>th</sup> Frontiers in Education Conference (FIE), Seattle, WA, 2012. pp.1-6, Outubro 3-6. DOI: 10.1109/FIE.2012.6462345.

- [3] Almeida, M. E. B. 2001. Formando Professores para Atuar em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. In: Almeida, Fernando (organizador). Educação a Distância: Formação de Professores em Ambientes Virtuais e Colaborativos de Aprendizagem. São Paulo: MCT/PUC SP.
- [4] Cortelazzo, I. B. C. 2010. Prática Pedagógica, Aprendizagem e Avaliação em Educação a Distância. Ed 2. Curitiba: Ibplex.
- [5] Turoff, M. e Hiltz, S. R. 1982. Computer Support for Group versus Individual Decisions. IEEE Transactions on Communications (Com-30:1), pp.82-90, Janeiro 1982.
- [6] Valentini, C. B., e Soares, E. M. S. 2010. Aprendizagem em Ambientes Virtuais: Compartilhando Ideias e Construindo Cenários / org. – Dados eletrônicos. – Caxias do Sul, RS: Educus, 2010. Vários autores. Modo de acesso: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/aprendizagem-ambientes-virtuais/index> Edição atualizada da versão impressa publicada em 2005. ISBN 978-85-7061-600-5.
- [7] Moreno, J. L. 1934. Who Shall Survive? A New Approach to the Problem of Human Interrelations. With a Foreword by W. A. White. Washington: Nerv. & Ment. Dis. Publ. Co., 1934. (Nerv. & Ment. Dis. Monog. Ser. No. 58.) pp. xvi+440. Reviewed by Gardner Murphit.
- [8] Vaz, J. G. 2009. A Construção dos Sociogramas e Teoria dos Grafos. In: Revista Brasileira de Psicodrama. São Paulo, Brasil.
- [9] NetDraw - Borgatti, S.P., 2002. NetDraw Software for Network Visualization. Analytic Technologies: Lexington, KY. <https://sites.google.com/site/netdrawsoftware/home>
- [10] Weft QDA - <http://www.pressure.to/qda/>
- [11] NodeXL - A network or graph is dened as a collection of n nodes. <http://nodexl.codeplex.com/>
- [12] Facebook. <https://www.facebook.com/>
- [13] TouchGraph.com: Graph Vizualization and Social Network Analysis Software/Navigator. <http://www.touchgraph.com/facebook>.
- [14] Tori, R. 2010. Educação sem Distância: As Tecnologias Interativas na Redução de Distâncias em Ensino e Aprendizagem. São Paulo: Senac.
- [15] Frigo, L. B., Pozzebon, E., e Bitterncourt, G. 2004. O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes. 2004. World Congress on Engineering and Technology Education (WCETE). Março 14-17, 2004, São Paulo, SP, Brasil.
- [16] Jaques, P. A., e Oliveira, F. M. 2000. Um Experimento com Agentes de Software Para Monitorar a Colaboração em uma Turma Virtual. In: Revista Brasileira de Informática na Educação. Número 07.
- [17] Krupansky, J. 2005. Agtivity – Advancing The Science Of Software Agente Technology. Definition: Multi-Agent System (MAS). URL: [agtivity.com/def/multi\\_agent\\_system.htm](http://agtivity.com/def/multi_agent_system.htm). > Acesso em Janeiro de 2014.
- [18] Wooldridge, M. 2009. An Introduction to MultiAgent Systems. Ed 2, Wiley. 484 pages. ISBN: 978EUDTE00553.
- [19] Jennings, N. R. 1994. Cooperation in Industrial Multi-agent System. World Scientific.
- [20] Filho, J. B. S. S. 2007. Agentes de Software para o Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle: Facilidades de Gerência. In: Revista Sistemas de Informação e Gestão de Tecnologia. Vol. 4 .
- [21] Bartholo, V. de F., Amaral, M. A. e Cagnin, M. I. 2009. Uma Contribuição para a Adaptabilidade de Ambientes Virtuais de Aprendizagem para Dispositivos Móveis. In: Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE). Vol 17, No 2.
- [22] Silva, L. C. N., Neto, F. M. M., e Junior, L. J. 2011. MobiLE: Um Ambiente Multiagente de Aprendizagem Móvel para Apoiar a Recomendação Sensível ao Contexto de Objetos de Aprendizagem. Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – XVII Workshop de Informática na Escola. (XXII SBIE – XVII WIE). Novembro 21-25, 2011. Aracaju, SE, Brasil. ISSN: 2176-4301.
- [23] Pimentel, M., Gerosa, M. A., Filippo, D., Raposo, A. Fuks, H., e Lucena, C. J. P. 2006. Modelo 3C de Colaboração para o Desenvolvimento de Sistemas Colaborativos. In: III Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC'2006). Novembro 20-22, 2006, Natal, RN, Brasil.
- [24] Saltz, J., Hiltz, S., e Turoff, M. 2004. Student Social Graphs: Visualizing a Student's Online Social Network. Paper Presented at the Meeting of the Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Illinois, USA, 2004.
- [25] Gerosa, M. A.; Filippo, D., Pimentel, M., Fuks, H. and Lucena, C. J. P. 2010. Is the Unfolding of the Group Discussion Off-Pattern? Improving Coordination Sippport in Educational Forums Using Mobile Devices. In: Computers & Education. Vol 54, Issues 2, February 2010. DOI: 10.1016/J.compedu.2009.09.004.
- [26] D3 – Data Drive Documents. <http://d3js.org/>.
- [27] Moodle. A Free, Open Source Course Management System for Online Learning, 2013, <http://www.moodle.org>
- [28] Android. <http://www.android.com/>
- [29] JADE. <http://jade.tilab.com/>

# Uma análise de assortatividade e similaridade para Artigos Científicos

Leonardo Maia Barbosa

Departamento de Engenharia de  
Computação e Automação Industrial  
Universidade Estadual de Campinas  
Campinas, SP, Brasil  
barbosal@dca.fee.unicamp.br

Romis Attux

Departamento de Engenharia de  
Computação e Automação Industrial  
Universidade Estadual de Campinas  
Campinas, SP, Brasil  
attux@dca.fee.unicamp.br

Alan Godoy

Departamento de Engenharia de  
Computação e Automação Industrial  
Universidade Estadual de Campinas  
Campinas, SP, Brasil  
godoy@dca.fee.unicamp.br

## ABSTRACT

Complex network is a recent research subject which is related to multiple application domains, like computer, social, and biological systems, providing conceptual and numerical tools to examine the network components and their relationships. Currently, there are several models and techniques which help to understand such systems. The assortative mixing is a metric to measure the tendency for vertices in a network to connect preferentially to other vertices that are like them in some way. This work presents assortativeness and similarity analysis for a network generated from scientific articles, connecting papers, keywords, authors and countries. The main goal is, given a set of scientific papers to be analyzed, to investigate how concepts, institutions and individuals are related and to reflect about the scientific collaboration in such field. In order to generate the network basis, a graph database will be used to process the data from a local article sample.

## RESUMO

A teoria de redes complexas deu origem a uma área de pesquisa vinculada a múltiplos domínios, como redes de computadores, redes sociais, redes biológicas dentre outras, provendo meios para analisar os componentes da rede e seus relacionamentos. Atualmente existem modelos e técnicas baseadas em um conjunto de regras que ajudam a entender o comportamento destes sistemas peculiares. Um estudo em especial diz respeito à assortatividade em redes, a qual objetiva identificar tendências de vértices se conectarem a outros vértices que possuem perfil similar ou dissimilar considerando alguma característica em comum. Este trabalho apresenta uma análise de assortatividade e similaridade para propriedades extraídas de artigos científicos, empregando como base um banco de dados orientado a grafos. O propósito é realizar um estudo sobre os relacionamentos das partes e examinar como se dá a colaboração científica para uma área específica, utilizando para isso uma amostra local de artigos. Outrossim, as técnicas utilizadas serão expostas e os resultados discutidos.

## Categories and Subject Descriptors

G.2.2 [Mathematics of Computing]: Graph Theory

J.4 [Computer Applications]: Social and Behavioral Sciences

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems, October 6-9, 2014, Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

## General Terms

Human Factors, Measurement

## Keywords

Complex Networks, Graph Theory, Social Network Analysis, Assortativity, Similarity

## 1. INTRODUÇÃO

Uma Rede Complexa pode ser caracterizada como um tipo de sistema complexo, ou seja, um sistema cuja organização depende fortemente da interação de suas partes constituintes. Estas interações se dão numa perspectiva local, entre vizinhos, ou entre partes afastadas no sistema, e podem levar a comportamentos de larga escala os quais não podem ser previstos trivialmente a partir dos comportamentos individuais. Estes efeitos coletivos são denominados comportamentos emergentes [1, 2]. Um desafio, nesse caso, é entender a dinâmica da rede e a relação entre comportamento individual e global do sistema para que se possam extrair padrões e inferir modelos.

Desde sua origem, há poucas décadas, o estudo de redes complexas tem evoluído significativamente, de modo que hoje existem conceitos bem estabelecidos que se propõem a descrever o comportamento de redes observadas no mundo real. Dentre estas propriedades algumas podem ser citadas como, por exemplo:

- Clusterização: medida para identificar os quão conectados estão os elementos de uma rede [3].
- Centralidade: mede a importância de um nó ou vértice dentro da rede [4, 5].
- Robustez e Resiliência: analisa a resistência ou comportamento da rede sob remoção de vértices ou arestas [6, 7].
- Comunidades: identifica subconjuntos de vértices que estão conectados mais fortemente entre si do que o resto da rede [8, 9].
- Efeito de mundo pequeno: redes apresentam um pequeno tamanho médio de menor caminho entre os vértices, quando comparado ao tamanho da rede [3, 10].

Refere-se o leitor interessado no estudo mais aprofundado desses conceitos às referências [11, 12, 13].

Outra métrica relevante é a assortatividade, que tem o objetivo de identificar correlações entre as propriedades de vértices adjacentes em redes [14, 15]. Um uso comum da assortatividade é no estudo da correlação entre os graus (número de conexões) dos nós que são vizinhos em uma rede. Neste âmbito, alguns estudos evidenciaram uma assortatividade positiva para redes sociais online de mundo real, e negativa para redes tecnológicas e biológicas [16], confirmando o resultado exposto por Newman [14]. Outros estudos mostram que, como consequência do

crescimento da rede, redes sociais online passaram de um estado de assortatividade positiva para negativa [17, 18]. Em [19], foi destacada uma assortatividade positiva maior para redes de interação, que consideram interações reais<sup>1</sup> entre usuários, do que para redes sociais, que consideram apenas o relacionamento social estático.

Este trabalho propõe uma abordagem para analisar a assortatividade em redes de relações entre entidades extraídas de um conjunto de artigos científicos (os artigos em si, autores, país de localização dos autores, palavras-chave, data de publicação). Diversas pesquisas já foram realizadas sobre redes de coautoria e citações [14, 15, 20, 21], este trabalho, no entanto, propõe-se a realizar uma análise considerando não apenas a relação entre nós de um mesmo tipo (autores ou artigos), mas também como entidades representando aspectos diversos se relacionam. O principal diferencial deste trabalho é a aplicação de medidas bibliométricas utilizando uma rede complexa mista. Assim, são avaliados diferentes pontos de vista da colaboração no meio acadêmico, com intuito identificar informações e padrões ocultos a priori. Esta abordagem permite, por exemplo, avaliar a correlação entre datas de publicação e palavras-chave, evidenciando possíveis tendências de pesquisa.

Para discussão deste método, foi realizado um estudo de caso focado em artigos científicos escritos em inglês e vinculados ao termo “collaborative” (em português pode ser traduzido como “colaborativo” ou “que envolve colaboração”). Este trabalho em andamento visa analisar detalhadamente a rede mista composta por todos estes componentes e seus relacionamentos, destacando algumas das propriedades observadas.

Na seção 2, serão apresentadas as medidas adotadas bem como suas propriedades. Na seção 3, será explicada a forma de implementação e técnicas utilizadas para alcançar os resultados. Na seção 4, far-se-á um estudo de caso sobre uma amostragem local de artigos. Na seção 5 os resultados serão expostos e analisados. Finalmente, a seção 6 traz as conclusões e principais perspectivas.

## 2. MEDIDAS

A seguir, serão apresentadas as medidas de assortatividade e similaridade, aplicadas neste estudo.

### 2.1 Assortatividade

Conforme mencionado na seção 1, a finalidade da medida de assortatividade é identificar a tendência de vértices em uma rede se associarem com outros vértices similares. Serão apresentadas e discutidas, a seguir, algumas formulações dessa medida [14, 15].

#### 2.1.1 Assortatividade de grau

A assortatividade de grau independe de outras propriedades nominais existentes no vértice, pois o grau é uma propriedade escalar sempre disponível nas redes se a estrutura destas é conhecida. A partir disso, pode-se determinar, por exemplo, se os vértices com elevados valores de grau possuem uma propensão de se associar com outros vértices com grau alto. A definição da assortatividade de grau é dada por:

$$r = \frac{M^{-1} \sum_i j_i k_i - [M^{-1} \sum_i \frac{1}{2} (j_i + k_i)^2]}{M^{-1} \sum_i \frac{1}{2} (j_i^2 + k_i^2) - [M^{-1} \sum_i \frac{1}{2} (j_i + k_i)^2]} \quad (1)$$

onde  $M$  é o número total de arestas,  $j_i$  e  $k_i$  são respectivamente os valores de grau para os vértices que estão nos extremos da  $i$ -ésima aresta, com  $i = 1 \dots M$ . Como demonstrado em (1), a assortatividade de grau, é na verdade, o coeficiente de correlação de Pearson aplicado para os valores de grau dos vértices das extremidades das arestas, vigorando, dessa forma, a condição  $-1 \leq r \leq 1$ , sendo que  $r = 1$  indica uma perfeita assortatividade e  $r = -1$  uma completa desassortatividade. No último caso, tem-se que vértices com graus mais altos tendem a se relacionar com vértices com graus mais baixos.

Uma variação da medida de assortatividade de grau surge da possibilidade de se considerar o direcionamento das arestas, o que dá origem à assortatividade de grau direcionada:

$$r = \frac{\sum_i j_i k_i - M^{-1} \sum_i j_i \sum_i k_i}{\sqrt{[\sum_i j_i^2 - M^{-1} (\sum_i j_i)^2] - [\sum_i k_i^2 - M^{-1} (\sum_i k_i)^2]}}, \quad (2)$$

sendo  $j_i$  e  $k_i$ , respectivamente, os valores de grau de entrada e grau de saída dos vértices extremos da  $i$ -ésima aresta e  $M$  o número total de arestas.

Neste trabalho, é considerado o valor total de grau para a medida de assortatividade de grau, que possui o mesmo resultado da abordagem de graus remanescentes proposta em [20].

#### 2.1.2 Assortatividade discreta

Para a medida de assortatividade discreta, são consideradas algumas características discretas ou enumerativas, ou seja, propriedades nominais que permitem uma classificação dos vértices em uma rede. Esta medida é definida por:

$$r = \frac{\sum_i e_{ii} - \sum_i [a_i b_i]}{1 - \sum_i [a_i b_i]}, \quad (3)$$

na qual  $e_{ij}$  define a quantidade de arestas na rede que conectam o vértice  $i$  ao vértice  $j$ , o termo  $\sum_i e_{ii}$  é o traço da matriz quadrada formada pelos elementos  $e_{ij}$  e suas respectivas relações,  $a_i$  é o somatório dos elementos da coluna  $j$  dado por  $\sum_j e_{ij}$ , por fim,  $b_i$  é o somatório dos elementos da linha  $i$  dado por  $\sum_j e_{ij}$ . O resultado de  $r$  está situado no intervalo  $-1 \leq r \leq 1$ , sendo que valores mais altos indicam maior assortatividade dos elementos avaliados.

## 2.2 Similaridade

As medidas de similaridade citadas abaixo foram implementadas de modo a encontrar padrões em comum para elementos do mesmo tipo sob diferentes perspectivas, ou seja, características distintas [23].

#### 2.2.1 Jaccard

O índice de Jaccard é largamente utilizado em situações com atributos binários assimétricos. Esta medida compara dois vetores binários, e desconsidera valores que não são indicativos de similaridade, ou seja, que são falsos em ambos os casos. Neste trabalho, cada atributo binário indicará a ocorrência ou não de relacionamento entre determinados vértices. O coeficiente de Jaccard é definido por:

$$J = \frac{M_{11}}{M_{01} + M_{10} + M_{11}}, \quad (4)$$

<sup>1</sup> Interações reais entre usuários são atividades verificadas que relacionam estes, como por exemplo, troca de mensagens.

onde  $M_{11}$  é o número de correspondências para ambos casos verdadeiros,  $M_{10}$  apenas o primeiro caso verdadeiro e  $M_{01}$  somente o segundo caso verdadeiro. Assim a definição pode ser entendida, o número de ocorrências correspondentes sobre o número de correspondências não relacionadas a termos absolutamente ausentes  $M_{00}$ .

### 2.2.2 Correlação de Pearson

O índice de Pearson é uma métrica comum para definir padrões de similaridades em vetores. O coeficiente é definido pelo cálculo da covariância dos vetores sobre o produto do desvio padrão de cada vetor, como segue abaixo:

$$corr = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]} \sqrt{[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]}} \quad (5)$$

onde  $x_i$  e  $y_i$  são os  $i$ -ésimos elementos dos vetores  $X$  e  $Y$  respectivamente e  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  representam as médias dos vetores. Os valores dos vetores serão os pesos dos relacionamentos entre determinados vértices, que, neste trabalho, são dados pela soma da quantidade de ocorrências da respectiva relação.

## 3. IMPLEMENTAÇÃO

Este trabalho foi realizado tendo como base a técnica de extração de dados esboçada em [24]. A partir desta abordagem, é possível extrair atributos e suas respectivas relações de artigos científicos no formato PDF, que é o mais difundido e utilizado pela comunidade acadêmica.

Os seguintes atributos serão utilizados neste trabalho para análise:

- Artigo (título da publicação)
- Autor (nome)
- País (localização dos autores)
- Palavras-chave (definidas pelos autores)
- Ano de publicação

Já as relações entre os atributos são definidas de acordo com a ocorrência em cada artigo. Os seguintes tipos de relacionamento são considerados:

- Artigo\_País
- Artigo\_Palavras-chave
- Artigo\_AnoDePublicação
- Artigo\_ReferenciadoPor\_Artigo
- Autor\_Artigo
- Autor\_Autor
- Autor\_Palavras-chave
- Autor\_AnoDePublicação
- País\_País
- País\_PalavrasChave
- País\_AnoDePublicação
- Palavras-chave\_Palavras-chave
- Palavras-chave\_AnoDePublicação

Assim, por exemplo, existe um relacionamento de colaboração entre autores, do tipo Autor\_Autor, caso o artigo tenha múltiplos autores. Outro exemplo considerando artigos, existe um relacionamento do tipo Artigo\_ReferenciadoPor\_Artigo quando um artigo for referenciado por outro. Ou ainda, para o relacionamento País\_País, existe um relacionamento entre países

se houver uma colaboração entre autores que estão localizados em diferentes países.

Para o armazenamento dos dados e efetivação do modelo de redes complexas foi adotado o Neo4J [25], que é um banco de dados baseado em grafo. Este banco de dados possui suporte às propriedades necessárias para a construção da rede mista formada por todo conteúdo extraído.

Por conseguinte, todos os atributos e suas relações são inseridos respectivamente como nós e relacionamentos em uma instância do banco dedicada especialmente para este estudo. A rede formada possui as seguintes propriedades de grafo:

- Direcionada - permite configurar e identificar o sentido no qual o relacionamento acontece.
- Ponderada - mantém um campo para armazenar o peso do relacionamento entre vértices. Neste trabalho, este campo será utilizado para identificar múltiplas ocorrências de um mesmo relacionamento, armazenando para isso a quantidade vezes que este ocorre.
- Semântica - possui um rótulo de identificação para cada tipo de relacionamento. A implementação semântica da rede permite a indução de sub-redes, filtrando vértices de acordo com os tipos de relacionamentos desejados. Esta característica permite o estudo de sub-redes sem a necessidade de gerar novas instâncias de grafo ou banco.

Por fim, as medidas utilizadas foram implementadas em Java de modo a suportar comandos de interface com o banco de dados.

## 4. ESTUDO DE CASO

Para esta análise, foi considerada uma amostra local contendo 214 artigos selecionados a partir de uma busca na base IEEEExplore pelo termo “collaborative” e ordenada por relevância. Todos os artigos estão no idioma inglês e são advindos de diferentes conferências, revistas, jornais etc. Abaixo seguem alguns dados sobre a rede formada (ilustrada parcialmente na Figura 1):

- 1.451 nós ou vértices
- 7.626 relacionamentos (arestas)
- 11.248 propriedades (campo em nós e arestas contendo informações adicionais)
- 13 tipos de relacionamento
- 29 MB espaço ocupado pelo banco de dados em disco

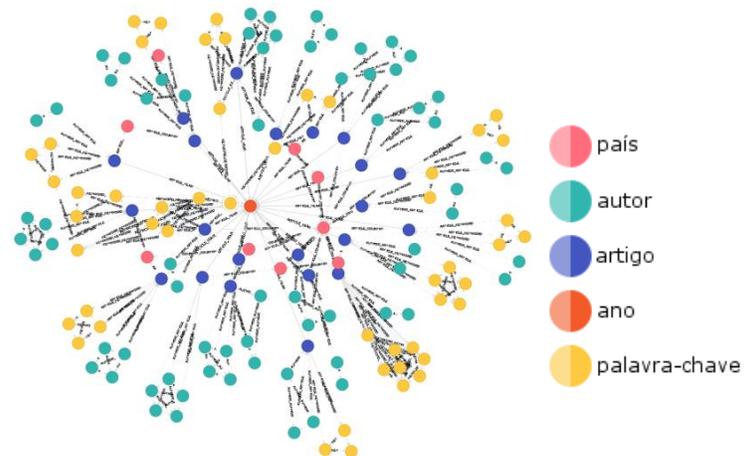


Figura 1. Ilustração parcial da rede complexa formada<sup>2</sup>

## 5. RESULTADOS

A princípio, são analisados os resultados para assortatividade de grau e assortatividade discreta, considerando o direcionamento das relações quando aplicável. Posteriormente, algumas verificações a respeito da similaridade dos elementos e seus relacionamentos são evidenciadas. Para estas análises, é importante considerar a premissa de que apenas os vértices que possuem relacionamentos são considerados.

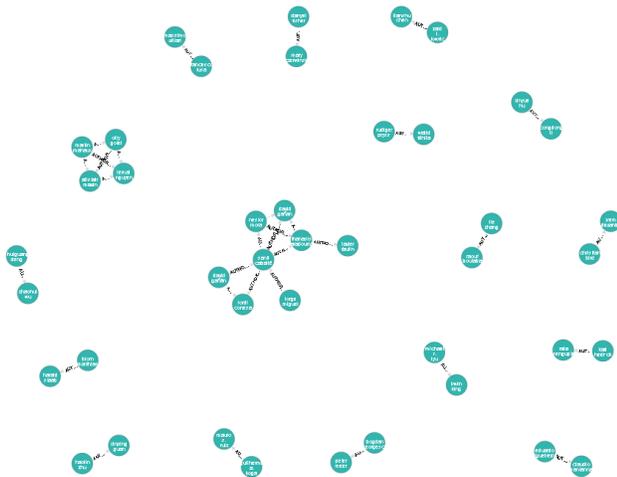
### 5.1 Análise de assortatividade de grau

#### 5.1.1 Colaboração entre autores

Nesta análise os autores estão diretamente relacionados com os co-autores, formando grupos com membros totalmente interligados (cliques) e, eventualmente, componentes conexos maiores, como ilustrado na Figura 2. Assim, se o vértice faz parte de um componente conexo caracterizado por uma clique, ele vai ter o mesmo grau que todos seus vizinhos, o que, por sua vez, aumenta a assortatividade e resulta em valor positivo para a medida:

$$r(\text{autor}) = 0.788$$

De modo afim, Newman obteve um resultado de assortatividade também positivo em [15] para colaboração entre autores.



**Figura 2. Demonstração da rede de colaboração entre autores**

#### 5.1.2 Colaboração entre países

Para o relacionamento entre países, a medida de assortatividade não direcional apresenta o seguinte valor:

$$r(\text{país}) = -0.116$$

Diferentemente do relacionamento entre autores, o valor ligeiramente negativo aponta uma propensão de não assortatividade, ou seja, países com um alto grau de conexão tendem a se relacionar (colaborar) com países que possuem baixo grau de conexão e vice-versa. Assim países que colaboram ativamente na comunidade científica não necessariamente possuem publicações apenas com outros países de perfil similar. Esta assortatividade menor do que a observada entre autores pode indicar que a constituição de colaborações entre cientistas está mais ligada ao desempenho individual de cada autor do que à imagem de seu país junto à comunidade acadêmica.

#### 5.1.3 Associação entre palavras-chave

A análise para associação entre palavras-chave consiste em verificar a co-ocorrência destas nos artigos. O resultado para a medida de assortatividade não direcional de grau é:

$$r(\text{palavras-chave}) = 0.025$$

O baixo valor neste caso indica que, para a associação entre palavras-chave, não verificou-se um padrão relacionado ao grau de cada vértice. Assim, uma palavra-chave que é comumente utilizada pode estar relacionada à outra palavra-chave menos utilizada. Ainda nesta análise, é possível destacar o perfil de alguns vértices palavras-chave que agem como hubs<sup>3</sup> em relação aos demais. Estes vértices estão identificados na Tabela 1, e suscitam as principais classificações de pesquisa, sendo que os demais figuram como particularidades.

**Tabela 1. Palavras-chave com maior grau na rede de palavras-chave**

Palavra-chave	Quantidade de relacionamentos entre palavras-chave
collaboration	60
collaborative filtering	34
coordination	25
cloud computing	24
cscw <sup>4</sup>	21
awareness	20
human factors	19
collaborative design	16
security	15

#### 5.1.4 Associação entre artigos

Na análise de associação de artigos, são consideradas as referências entre estes. Para este tipo de relacionamento, o direcionamento é considerado, pois podemos identificar qual artigo foi referenciado e também qual fez referência. Abaixo segue o resultado para a medida de assortatividade direcional:

$$r(\text{artigos}) = -0.327$$

O valor negativo indica que para esta amostra, artigos com alto grau de citação não necessariamente estão relacionados apenas com outros artigos que tem alto grau de citação. Desta maneira, existe uma propensão de que artigos com alto grau de citação sejam referenciados por artigos de menor grau, agindo com o perfil de intermediadores da informação. Isto vai ao encontro de um recente estudo sobre referências bibliográficas na comunidade acadêmica, o qual mostra que, atualmente, apenas uma pequena parte dos artigos é largamente referenciada [26].

## 5.2 Análise de assortatividade discreta

### 5.2.1 Associação de palavras-chave por ano

Para este resultado, foram exploradas as associações de palavras-chave utilizadas em diferentes artigos e agrupadas por ano. Esta análise remete à seguinte indagação: na linha do tempo, as palavras-chave utilizadas em um determinado artigo coincidem com palavras-chave de outros artigos? Os dados que levam à resposta desta pergunta seguem abaixo.

<sup>2</sup> [http://figshare.com/articles/article\\_network\\_sample/1155271](http://figshare.com/articles/article_network_sample/1155271)

<sup>3</sup> Hubs são os vértices com maior grau em uma rede que atuam como intermediadores de conexão.

<sup>4</sup> CSCW é a sigla de Computer Supported Cooperative Work.



Por ser tratar de um grafo direcional, a matriz resultante é assimétrica, conforme mostra a Tabela 4. É possível observar que existe certa tendência de que artigos provenientes de um mesmo continente façam referência para artigos do mesmo continente.

O que traz um valor positivo para esta medida de assortatividade discreta:

$$r = 0.307$$

A partir desta tabela, pode-se observar o fluxo da informação, no qual artigos provenientes de países da Ásia, Europa e América do Norte são referenciados ou citados em artigos de outros continentes. Para os artigos provenientes América do Sul, houve um baixo valor de citação e esta ocorreu apenas neste continente. Os continentes, Austrália e África, não aparecem, pois não possuem artigos referenciados considerando o banco de dados da amostragem.

A Figura 4, ilustrada abaixo, desconsidera referências internas e visa demonstrar os continentes que possuem artigos referenciados por outros continentes. Neste aspecto apenas América do Norte, Europa e Ásia vigoram como fonte de informação.

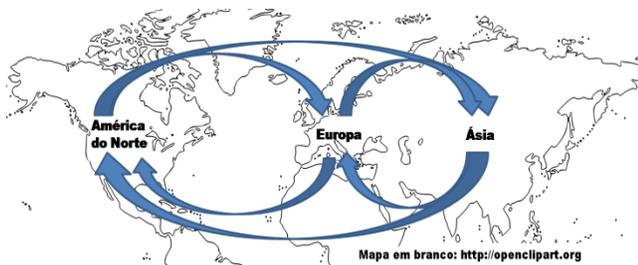


Figura 4. Referência de artigos para diferentes continentes

#### 5.2.4 Associação de palavras-chave por continente

Neste item, é explorada a sintonia de palavras-chave para continentes, ou seja, palavras-chave compartilhadas por continentes. Para este cálculo, é somado o peso do relacionamento de palavras-chave que têm relacionamento com múltiplos países, agrupando resultado final por continente.

Tabela 5. Associação de palavras-chave por continente

	Ásia	Austrália	Europa	África	América do Sul	América do Norte
Ásia	204	8	113	6	64	145
Austrália	8	0	7	0	0	5
Europa	113	7	136	16	50	79
África	6	0	16	0	0	0
América do Sul	64	0	50	0	20	59
América do Norte	145	5	79	0	59	36

Os valores descritos na Tabela 5 formam uma matriz simétrica, pois o tipo de relacionamento considerado é não direcional. A partir disso, o resultado da assertividade é:

$$r = -0.001$$

Com um resultado próximo de nulo, a assortatividade de palavras-chave para continentes não possui um padrão definido. Isto significa que existe uma mescla para adoção de palavras-chave,

ou seja, as palavras-chave utilizadas em artigos de países do mesmo continente também são utilizadas em publicações outros continentes. Assim, países de outros continentes podem estar realizando também pesquisas que envolvem aquela mesma palavra-chave, mesmo que não exista colaboração entre estes.

Observando diferentes continentes a partir da tabela anterior, nota-se que a Ásia possui várias palavras-chave em comum com América do Norte e Europa. Este resultado indica certa sintonia no contexto de pesquisas. Curiosamente estes são os mesmos continentes citados no item anterior e ilustrados na Figura 4, mostrando que existe uma possível correlação positiva entre o fluxo da informação e a sintonia das palavras-chave.

América do Norte e América do Sul apresentam um quadro interessante, no qual possuem mais palavras-chave em comum entre os continentes do que se comparado apenas internamente. Isso também pode apontar uma sintonia no contexto de pesquisas entre países destes continentes.

Para continentes como a África e Austrália, que possuem um número menor de cooperação com países de outros continentes, a tabela revela que existe alguma harmonia entre pesquisas isoladas e pesquisas colaborativas considerando a adoção de palavras-chave em comum.

Ao realizar um filtro desta análise para países, mais especificamente para o Brasil, é possível verificar que, quando considerada as palavras-chave existe uma sintonia nas pesquisas: 30% das palavras-chave utilizadas em artigos do Brasil também são utilizadas em países de outros continentes (ilustradas na Figura 5).

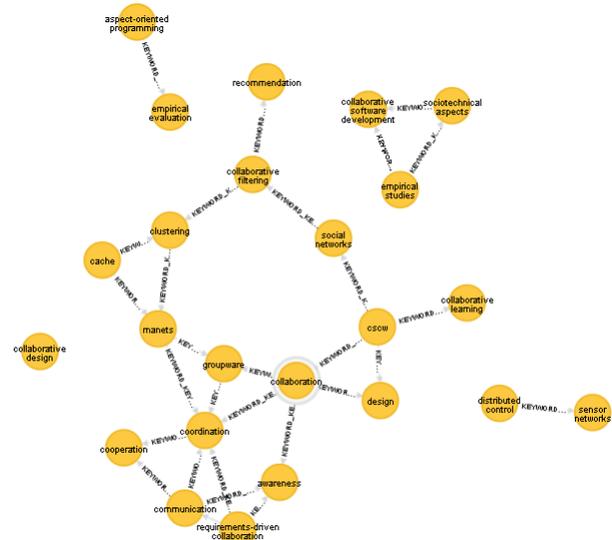


Figura 5. Interseção entre palavras-chave utilizadas no Brasil e países de outros continentes

## 5.3 Similaridades

Este tipo de análise foi implementada com o objetivo de identificar similaridades entre os relacionamentos dos vértices que compõe a rede dos atributos extraídos de artigos.

### 5.3.1 Similaridade para autores

Neste primeiro ensaio, é realizada uma comparação para verificar se os autores de artigos mais referenciados atuam ativamente na rede de colaboração de autores. Para isso, foram selecionados todos os autores dos artigos que possuem valores de referência

maior que zero para compor o primeiro vetor. Em seguida foram coletados relativamente, os valores do relacionamento do tipo Autor\_Autor provenientes da rede de colaboração entre autores, para constituir então o segundo vetor. Para o cálculo do coeficiente de Jaccard foi considerado a existência do respectivo relacionamento na rede para compor o vetor do tipo binário, assim o valor verdadeiro está para o relacionamento existente. Já para o coeficiente de Pearson, o peso do relacionamento foi contabilizado - neste caso, é a respectiva quantidade de vezes que os relacionamentos ocorrem. Seguem abaixo os valores da similaridade de Jaccard e Pearson para esta análise, considerando apenas os artigos da amostragem.

$$\begin{aligned} Jaccard(autores) &= 0.981 \\ Pearson(autores) &= 0.605 \end{aligned}$$

O resultado de Jaccard mostra que grande parte dos autores dos artigos mais referenciados são colaboradores, ou seja, possuem pelo menos um relacionamento direto com outro autor considerando a rede de colaboração entre autores. Já o coeficiente de Pearson mostra que existe uma correlação linear positiva para os valores considerando o peso, o qual simboliza a quantidade de ocorrências dos relacionamentos. Isto quer dizer, dado que um autor possui uma quantidade de artigos referenciados maior que zero, quanto maior esta quantidade, maior a colaboração deste autor para com outros autores e vice-versa.

### 5.3.2 Similaridade para países

Esta análise tem o propósito de comprovar se os países de artigos mais referenciados são países colaborativos, ou seja, países que possuem publicações em conjunto com outras nações. O primeiro vetor é constituído pelos países que possuem artigos referenciados. Por sua vez, o segundo vetor é composto respectivamente pelos valores do relacionamento País\_País da rede de colaboração entre países. Seguindo o item anterior, para os artigos da amostra, foram calculados os coeficientes de similaridade de Jaccard e Pearson:

$$\begin{aligned} Jaccard(países) &= 1 \\ Pearson(países) &= 0.933 \end{aligned}$$

O resultado de Jaccard mostra que 100% dos países de artigos referenciados possuem pelo menos um artigo publicado com outro país. O valor final para o coeficiente de Pearson demonstra que existe uma alta correlação de linearidade positiva para esta medida, o que evidencia que, dado um país que possui um número de artigos referenciados maior que zero, quanto maior este número, maior colaboração deste país com outras nações. A mesma afirmação é válida para o inverso.

### 5.3.3 Similaridade para palavras-chave

A primeira parte da análise de similaridade para palavras-chave procura averiguar se as palavras-chave mais utilizadas pelos autores são as mesmas que possuem o maior número de relações na rede formada pelas palavras-chave. Para isso, foram selecionadas todas as palavras-chave que foram utilizadas pelos autores, compondo então o primeiro vetor. Já para o segundo vetor, foram coletados os valores do relacionamento do tipo Palavra-chave\_Palavra-chave provenientes da rede de associação entre palavras-chave. No cálculo da similaridade para palavras-chave, é aplicado apenas o coeficiente de Pearson, pois conforme explicado previamente, apenas vértices com relacionamento foram considerados. Assim, o valor de Jaccard é igual a um, pois todo autor ou artigo possui um relacionamento com as palavras-chave de seu respectivo artigo. Para o resultado de Pearson, tem-se:

$$Pearson(palavras - chave/autor) = 0.798$$

Este resultado comprova que, dado que uma palavra-chave foi adotada por um autor, quanto maior a probabilidade de este autor utilizá-la, maior a chance de esta aparecer em outro artigo diferente e, portanto se associar com as demais palavras-chave.

A segunda parte da análise verifica se as mesmas palavras-chave presentes em artigos referenciados são também as mais adotadas por autores em geral. O primeiro vetor mantém as palavras-chave de artigos os quais possuem valores de referência maior que zero. Para o segundo vetor, foram coletados respectivamente os valores do relacionamento do tipo Autor\_Palavra-chave provenientes da rede de associação entre autores e palavras-chave. O coeficiente de Pearson considera o peso do relacionamento (quantidade de vezes que o relacionamento ocorre):

$$Pearson(palavras - chave/artigo) = 0.718$$

O resultado positivo para a correlação linear mostra que, uma vez que determinada palavra-chave é utilizada em artigos referenciados, quanto mais esta for utilizada nestes artigos, maior é o valor de utilização pelos autores. O inverso desta afirmação também é verdadeiro. Este valor acompanha o resultado de *Pearson(autores)* mostrado previamente, e pode apontar uma influência difundida proveniente de artigos com grande valor de citação.

## 6. CONCLUSÃO

As redes complexas ajudam a entender os comportamentos emergentes de elementos e suas relações, que dificilmente são identificados a priori ou individualmente. Pesquisas nesta área têm trazido promissores resultados para diversas aplicações. A partir desta pesquisa, que se encontra em andamento, espera-se ampliar a base de dados para avaliar como se dá a colaboração científica em determinados temas e identificar possíveis pontos de melhorias que permitam enriquecer o ambiente acadêmico.

Este trabalho apresentou um estudo de medidas de assortatividade e similaridade em redes complexas para propriedades extraídas de artigos científicos. A análise foi realizada considerando diferentes variáveis e perspectivas acadêmicas, ainda não exploradas em sua plenitude na literatura.

A implementação das técnicas utilizadas foi viável devido ao uso de um banco de dados orientado a grafos, que traz a capacidade de implementar uma rede complexa e suportar todas suas propriedades necessárias. Além disso, é possível manter o estudo dinâmico da rede, pois a tarefa de adicionar os dados é simples uma vez que a base está definida. Outra característica interessante é a possibilidade de padronizar e compartilhar os resultados.

Contemplando os resultados de assortatividade de grau, o valor positivo para autores e ligeiramente negativo para países, pode demonstrar que a colaboração científica está mais ligada ao autor do que à cultura acadêmica do país. Ainda neste contexto, foi demonstrado um valor negativo para artigos, o que significa que poucos artigos referenciados estão relacionados com muitos outros não referenciados. Através do cálculo da medida de assortatividade discreta, foi possível identificar os padrões na dinâmica de colaboração internacional, que considera a origem do continente de artigos referenciados, bem como a sintonia da pesquisa, que contempla as palavras-chave de artigos de diferentes países.

Já para os resultados de similaridade, identificou-se que, de certa forma, os artigos mais referenciados influenciam outros aspectos. Um exemplo são os autores e países destes artigos que, possuem

alto valor de colaboração em suas respectivas redes e funcionam como intermediadores da informação. Outro ponto é que as mesmas palavras-chave encontradas nos artigos referenciados também fazem parte do dicionário de autores em geral.

É importante ressaltar que todos os resultados alcançados foram realizados considerando uma amostra de artigos que, não obstante, pode ser expandida em estudos posteriores também para outras áreas científicas. Entre as metas para trabalhos futuros estão, ampliar a base de dados para validação dos resultados e aplicação de medidas recentes relacionadas a redes complexas, particularmente redes mistas. Por fim, vale salientar que os resultados aqui observados corroboram com a ideia de que a colaboração no mundo científico traz grandes impactos para a difusão da informação e do conhecimento em todo mundo, bem como para os próprios pesquisadores.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES o apoio financeiro.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Mitchell, M. and Newman, M. 2001. *Complex Systems theory and evolution*. University of Michigan. Santa Fe Institute.
- [2] Godoy, A. 2010. *Aplicação de Redes Complexas para a Definição de Vizinhança na Otimização por Enxame de Partículas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP.
- [3] Watts, D. J. and Strogatz, S. H. 1998. *Collective dynamics of 'small-world' networks*. Nature 393, 440–442.
- [4] Borgatti, S. P. and Everett, M. G. 2006. *A Graph-theoretic perspective on centrality*. Social Networks, 28 (4). pp. 466–484.
- [5] Freitas, L. Q. 2010. *Medidas de Centralidade em Grafos*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [6] Callaway, D. S., Newman, M., Strogatz, S. H. and Watts, D. J. 2000. *Network robustness and fragility: Percolation on random graphs*. Phys. Rev. Lett. 85, 5468–5471.
- [7] Barbieri, A. L. 2011. *Análise de robustez em redes complexas*. Dissertação de Mestrado em Física Aplicada. Instituto de Física de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.
- [8] Fortunato, S. 2010. *Community detection in graphs*. Phys. Rep. 486 (3-5): 75–174. DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>.
- [9] Porter, M. A., Onnela, J. P. and Mucha, P. J. 2009. *Communities in Networks*. Not. Amer. Math. Soc. 56: 1082–1097, 1164–1166.
- [10] Travers, J. and Milgram, S. 1969. *An experimental study of the small world problem*. Sociometry 32, 425–443.
- [11] Baronchelli, A., Ferrer-i-Cancho, R., Pastor-Satorras, R., Chater, N. and Christiansen, M. H. 2013. *Networks in Cognitive Science*. Elsevier. DOI=<http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2013.04.010>.
- [12] Brandes, U. and Erlebach, T. 2004. *Network Analysis, Methodological Foundations*. Springer. Lecture Notes in Computer Science.
- [13] Newman, M. 2003. *The structure and function of complex networks*. University of Michigan. Santa Fe Institute.
- [14] Newman, M. 2002. *Assortative Mixing Networks*. University of Michigan. Santa Fe Institute.
- [15] Newman, M. 2003. *Mixing patterns in networks*. University of Michigan. Santa Fe Institute.
- [16] Catanzaro, M., Caldarelli, G. and Pietronero, L. 2004. *Social network growth with assortative mixing*. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, vol. 338, no. 1, pp. 119–124.
- [17] Hu, H. and Wang, X. 2009. *Disassortative mixing in online social networks*. EPL (Europhysics Letters), vol. 86, no. 1, p. 18003.
- [18] Hu, H. and Wang, X. 2009. *Evolution of a large online social network*. Physics Letters A, vol. 373, no. 12, pp. 1105–1110.
- [19] Wilson, C., Boe, B., Sala, A., Puttaswamy, K. and Zhao B. User interactions in social networks and their implications. In *Proc. of the ACM European Conference on Computer systems (EuroSys '09)*. Nuremberg, Germany: ACM, 2009, pp. 205–218
- [20] Barabási, A. L., Jeong, H., Neda, Z., Ravasz, E., Schubert, A. and Vicsek, T. 2002. *Evolution of the social network of scientific collaborations*. Elsevier Science B.V.
- [21] Andrade, M. T. T., Braga, P., Carneiro, T. K. G., Ribeiro, N. M., Moret, M. A. and Pereira, H. B. B. 2014. *Contextualized Analysis of Social Networks: Collaboration in Scientific Communities*. Social Networking, 2014, 3, 71-79. DOI=<http://dx.doi.org/10.4236/sn.2014.32009>.
- [22] Steinmacher, I., Aurélio, M., Silva, G., Côgo, F. R. and Chaves, A. P. 2013. Tópicos de pesquisa e rede de coautoria no Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos. In *X SBSC - Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*. 2013. Manaus, AM, Brasil.
- [23] Kumar, V., Steinbach, M. and Tan P. 2009. *Introdução ao Data Mining - Mineração de Dados*. Ciência Moderna, Rio de Janeiro.
- [24] Barbosa, L. M. and Attux, R. 2014. Uma Proposta para Identificar Informação em Artigos Científicos Utilizando Redes Complexas. In *VII EADCA – Encontro dos Alunos e Docentes do Departamento de Computação e Automação Industrial*. Universidade Estadual de Campinas.
- [25] Neo4j Graph Database. <http://www.neo4j.org>. (acessado em 01/05/2014).
- [26] Barabási, A. L., Song, C. and Wang, D. 2012. *Handful of papers dominates citation*. Nature. Vol 49

# Uma Abordagem para Seleção e Visualização Colaborativa de Informações em Situações de Emergência

Bruno S. Nascimento

PPGI – Programa de Pós-Graduação em Informática

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, Brasil

bruno.nascimento@ppgi.ufrj.br

Marcos R.S. Borges

PPGI – Programa de Pós-Graduação em Informática

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, Brasil

mborges@nce.ufrj.br

Adriana S. Vivacqua

PPGI – Programa de Pós-Graduação em Informática

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, Brasil

avivacqua@dcc.ufrj.br

## ABSTRACT

Emergency situations are characterized by their complexity and the heterogeneity of the available information. Often, emergency managers are confronted with redundant or irrelevant information causing the problem of information overload. Evidence of this problem were identified in an exploratory survey conducted in the Integrated Command and Control Centre of the city of Rio de Janeiro (CICC-RJ). In this paper we propose an approach that allows a user to overcome the difficulties of information overload. Our approach takes into account that from a set of available information, a manager can select only the information of interest. This information can be transformed and then mapped to one or more views to compose a dashboard. The whole process is interactive, allowing the manager always necessary to redefine your dashboard. In addition, our approach provides the use of collaborative mechanisms, because we believe that there are times that it is no longer possible for a single user to face the immense data sets available alone.

## RESUMO

Situações de emergência são caracterizadas por sua complexidade e heterogeneidade da informação disponível. Frequentemente, os gestores de emergência são confrontados com informações redundantes ou irrelevantes causando o problema da sobrecarga de informação. Evidências desse problema foram identificadas em uma pesquisa exploratória realizada no Centro Integrado de Comando e Controle da cidade do Rio de Janeiro (CICC-RJ). Neste artigo propomos uma abordagem que permite a um gestor superar as dificuldades da sobrecarga de informações. Nossa abordagem leva em consideração que a partir de um conjunto de informações disponíveis, um gestor possa selecionar somente as informações do seu interesse. Essas informações podem ser combinadas/adequadas e então, mapeadas para uma ou mais visualizações a compor um *dashboard*. Todo o processo é interativo, permitindo ao gestor redefinir sempre que necessário o seu *dashboard*. Além disso, nossa abordagem prevê o uso de mecanismos de colaboração, pois consideramos que existem momentos que não é mais possível para um único usuário enfrentar os imensos conjuntos de dados isoladamente.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

## Categories and Subject Descriptors

H.5.3 Information Interfaces and Presentation (e.g., HCI): Group and Organization Interfaces – *Computer-supported cooperative work*.

## General Terms

Management, Design, Human Factors.

## Keywords

Situações de emergência, Visualização Colaborativa, *Dashboards*.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Comes *et al.* [4] situações de emergência são caracterizadas por sua complexidade e heterogeneidade da informação disponível. Frequentemente, os gestores de emergência são confrontados com informações redundantes ou irrelevantes causando o problema da sobrecarga de informação. A própria informação nesse cenário pode evoluir dinamicamente: informações novas ou mais precisas podem se tornar disponíveis, enquanto informações já conhecidas podem ser confirmadas ou refutadas.

As atividades realizadas em situações de emergência são por natureza colaborativas, várias equipes e organizações trabalham em conjunto, e os seus esforços conjuntos convergem para o mesmo resultado, fazendo a situação voltar à normalidade [19].

Durante uma emergência, os gestores são frequentemente sobrecarregados com relatórios e dados ofertados de diversos sistemas de informação que competem por sua atenção. Além disso, relatórios mal concebidos em relação à forma de apresentação da informação podem ser difíceis de compreender e distrair a atenção desses gestores agravando o problema [23].

Evidências do problema supracitado foram identificadas em uma pesquisa exploratória realizada no Centro Integrado de Comando e Controle da cidade do Rio de Janeiro (CICC-RJ). Para superar a sobrecarga de informações, sistemas de informação devem ser concebidos de forma a fornecer a informação certa no momento certo, na forma de apresentação certa para a pessoa certa [10].

A partir de uma pesquisa exploratória propomos uma abordagem que permite a um gestor superar as dificuldades da sobrecarga de informações. Nossa abordagem leva em consideração que a partir de um conjunto de informações disponíveis, um gestor possa selecionar somente as informações do seu interesse. Essas informações podem ser combinadas/adequadas e então, mapeadas para uma ou mais visualizações a compor um *dashboard*. Todo o

processo é interativo, permitindo ao gestor redefinir sempre que necessário o seu *dashboard*.

Características colaborativas devem estar presentes nessa solução, visto que existem momentos que não é mais possível para um único usuário enfrentar os imensos conjuntos de dados disponíveis e tomar decisões isoladamente. Para isso, buscou-se na área de Visualização Colaborativa formas de transcender os tradicionais sistemas de visualização, passando de uma estrutura monolítica – somente um usuário interagindo – para uma estrutura com suporte a colaboração.

Este artigo está organizado da seguinte maneira: na Seção 2 é apresentada uma pesquisa exploratória realizada no Centro Integrado de Comando e Controle da cidade do Rio de Janeiro (CICC-RJ). Apresentamos a área de Visualização Colaborativa e o conceito de *Dashboards*, respectivamente nas Seções 3 e 4. Os trabalhos relacionados são apresentados na Seção 5. E na Seção 6 é apresentado a abordagem. Para finalizar a Seção 7 apresenta as considerações finais e os trabalhos que estão sendo realizados.

## 2. PESQUISA EXPLORATÓRIA

Uma pesquisa exploratória foi realizada no Centro Integrado de Comando e Controle da cidade do Rio de Janeiro (CICC-RJ) ao longo do primeiro semestre de 2014. A pesquisa envolveu diversas etapas: observação *in loco*, entrevistas semi-estruturadas com gestores e levantamento bibliográfico.

A pesquisa nos possibilitou obter evidências do problema da sobrecarga de informações, bem como obter uma maior compreensão das dificuldades enfrentadas pelos gestores (ou operadores de emergência). A partir da pesquisa foi possível avaliar quais teorias ou conceitos existentes poderiam ser aplicados ao problema ou se seriam necessários desenvolver novas abordagens para solucionar o problema. Cada uma das etapas serão apresentadas nas subseções a seguir.

### 2.1 Observação *in loco*

Nas observações nossa preocupação era de não interferir nas atividades realizadas pelos gestores e operadores de emergência. Durante as observações *in loco* acompanhamos a ação dos operadores de emergência em situações rotineiras e a preparação para o monitoramento de situações de emergência com alto impacto social, como megaeventos, catástrofes naturais, manifestações sociais, para citar alguns.

Dentre as várias impressões obtidas nas observações, destacamos:

- A colaboração entre as agências e os primeiros socorristas na resposta. Agências, incluindo os governos federais, estaduais e locais colaboram e compartilham informações através de alguns sistemas de informação disponíveis. Entretanto, a integração dos sistemas de informações “ainda” não significa a abertura completa dos bancos dados de cada uma das instituições. Esse ponto é crítico pois existem várias questões quanto a preservação de informações sigilosas;
- Em caso de emergência, as decisões devem ser tomadas rapidamente usando a melhor informação disponível;
- Mesmo com todo o aparato tecnológico disponível. O monitoramento das informações depende dos mediadores humanos, do seu olhar e da capacidade interpretativa.

## 2.2 Entrevistas semi-estruturadas

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com 2 gestores do CICC-RJ. Começamos cada entrevista com uma introdução rápida descrevendo o propósito da entrevista. Nosso objetivo era entender: a estrutura e proposta do CICC, o dia-a-dia de trabalho dos operadores de emergência, suas práticas e quaisquer desafios que eles enfrentavam. Também foi perguntado sobre os sistemas de visualização disponíveis e quais eram suas limitações. Cada entrevista durou cerca de 1 hora.

A partir dessas entrevistas pôde-se listar diversas dificuldades relacionadas ao problema da sobrecarga de informações. Dentre as quais destacamos:

- A dificuldade em decidir o que deve receber atenção e obter as principais informações de interesse de acordo com o contexto em tempo hábil;
- A falha na habilidade ou falta de recursos para adicionar valor à informação que pode ser perdida ou não reconhecida ou;
- A dificuldade de compreensão de informações devido as formas de apresentação mal concebidas.

## 2.3 Levantamento bibliográfico

Foi realizado um levantamento bibliográfico, que permitiu estabelecer a fundamentação teórica necessária para a pesquisa. Buscou-se referências relacionadas aos tópicos de acordo com a Tabela 1. Alguns desses tópicos serão apresentados brevemente nas próximas Seções.

Tabela 1. Descrição do levantamento bibliográfico

Tópicos	Descrição
Estrutura dos CICCs	Foram coletados documentos disponíveis da Secretaria Extraordinária de Segurança para Grandes Eventos do Ministério da Justiça. Algumas teses, dissertações e artigos também serviram como material de pesquisa.
Causas e sintomas da sobrecarga de informações	Em nossas análises foram encontradas evidências do problema da sobrecarga de informações. Essa sobrecarga faz com que os gestores de emergência gastem muito tempo processando grandes volumes de dados na tentativa de extrair algum conhecimento significativo. Logo, tornou-se necessário o uso de alguma estratégia para organizar e representar estas informações, de modo que os problemas gerados por sua sobrecarga sejam minimizados.
Visualização Colaborativa	Identificado o problema da sobrecarga de informação e levando em conta a natureza colaborativa dos atores envolvidos em uma situação de emergência, aprofundamos o estudo na área de Visualização Colaborativa (Seção 3).
<i>Dashboards</i>	Os gestores de emergência necessitam de um sistema de apoio as suas decisões. <i>Dashboards</i> podem oferecer uma solução ao

	problema da sobrecarga de informação, fornecendo um conjunto de indicadores para gestão de desempenho ou monitoramento, incorporando vários conceitos e aplicações (Seção 4).
Trabalhos relacionados	Realizamos um levantamento de trabalhos inseridos no domínio de emergência, que buscam superar o problema da sobrecarga de informações empregando seleção e visualização como parte da solução (Seção 5).

### 3. VISUALIZAÇÃO COLABORATIVA

De acordo com Hu *et al.* [12], com os crescentes desafios de análise de dados e visualização, a resolução de problemas que envolvem colaboração tem atraído o interesse de pesquisadores de visualização. O campo de pesquisa que envolve visualização e aspectos de colaboração é denominado Visualização Colaborativa. Este termo refere-se a um subconjunto de aplicações da área de *Computer-Supported Cooperative Work* (CSCW) no qual o controle de parâmetros ou produtos do processo de visualização são compartilhados [16]. Segundo Isenberg *et al.* [14], uma definição mais ampla para visualização colaborativa é:

*“O uso compartilhado de representações visuais de dados, suportadas por computador e interativas, com o objetivo comum de contribuir para as atividades de processamento de informação em conjunto.”*

Visualização Colaborativa facilita o desenvolvimento de sistemas que permitem aos colaboradores visualizar e analisar o mesmo conjunto de dados, ou imagens, destacando os seus elementos. De acordo com Isenberg e Carpendale [15], em muitos domínios o aumento da colaboração levou a mais inovação, promovendo a partilha de conhecimentos, habilidades e ideias. A análise compartilhada não só eleva a capacidade de processamento de informação, mas também permite a uma equipe negociar e discutir os seus pontos de vista e interpretações sobre um conjunto de dados e contribuir perspectivas únicas sobre um determinado problema.

Segundo Hu *et al.* [12], sistemas de visualização colaborativa vem sendo desenvolvidos por grandes projetos científicos. No trabalho de Wood *et al.* [22] é apresentado uma extensão do modelo de visualização científica – proposto por Haber e McNabb [11] – que serve como base para o desenvolvimento destes tipos de aplicações. O modelo de Haber e McNabb [11] apresenta o processo de visualização como um *pipeline* que é iniciado com a entrada de dados que passam por processos de filtro, mapeamento e renderização até a geração de uma imagem final. Já no trabalho de Wood *et al.* [22] é proposto um *pipeline* de visualização para cada colaborador considerando a atuação de vários participantes independentes. Em seu modelo a troca de dados é feita em pontos arbitrários do *pipeline* permitindo enviar e receber dados. Também é possível realizar o controle compartilhado, onde a definição de parâmetros deve ser controlada localmente pelo usuário ou externamente por um colaborador. A colaboração dinâmica requer que os *pipelines* e o compartilhamento entre eles sejam um processo interativo, com um modo instrutor permitindo o lançamento de módulos e que *pipelines* inteiros sejam externamente inicializados.

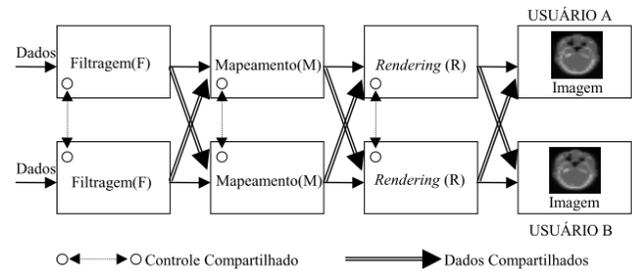


Figura 1. Extensão do modelo de visualização (extraído de Wood *et al.* [22])

#### 3.1 Correntes de Pesquisa em Visualização Colaborativa

Em diversos trabalhos [2, 12, 14, 15] são descritos duas grandes correntes de pesquisa no qual retratam o cenário de visualização colaborativa: distribuída e colocada.

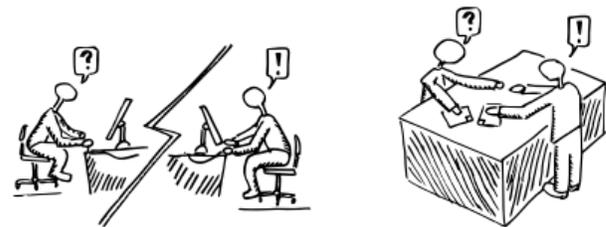


Figura 2. Visualização Colaborativa distribuída e colocada (extraído de Isenberg [14])

A visualização colaborativa distribuída (imagem esquerda da Figura 2) tem seu foco nas arquiteturas e mecanismos de sincronização para permitir o trabalho remoto e eficiente, permitindo a colaboração tanto a nível de sistema quanto a nível de usuário. Um ambiente distribuído é um cenário comum para visualização colaborativa. Este tipo de ambiente permite que usuários de diferentes locais acessem dados, compartilhem imagens e análises dos resultados, interação e cooperação, através de uma rede, sejam por meio de momentos síncronos (veja exemplo do sistema CoMotion - <http://www.gdviz.com/>) ou assíncronos (veja exemplos dos sistemas sense.us - <http://vis.stanford.edu/papers/senseus>, Many Eyes - <http://www.manyeyes.com/> e Swivel - <http://www.swivel.com/>).

A visualização colaborativa colocada (imagem direita da Figura 2) ocorre quando usuários compartilham o mesmo espaço de trabalho, ou seja, diferentemente da visualização colaborativa distribuída onde os usuários estão remotamente dispersos, o cenário colocalizado fornece um meio para que usuários estabeleçam comunicação em um mesmo local, por exemplo, aplicações em torno de uma mesa *multi-touch* ou em um ambiente *multi-display*. É importante ressaltar que apesar desse tipo de tecnologia se tornar mais acessível (muitas vezes não há necessidade de uso de hardware específico), as entradas síncronas adicionais podem levar a desafios relacionados a: mecanismo de apoio a coordenação, percepção das atividades realizadas pelos demais usuários ou a transferência de itens originados de diversos

dispositivos para um mesmo espaço de trabalho, para citar alguns. No caso de considerarmos as entradas assíncronas no cenário colocado (mesmo local, tempos diferentes), recentemente tem havido novas pesquisas, principalmente em situações no qual é desejável apresentar informações do ambiente (por exemplo em hospitais, aeroportos e shopping centers).

#### 4. DASHBOARDS

De acordo Zagorecki *et al.* [24] a ideia de *dashboard* evoluiu a partir do conceito de sistemas de apoio a decisão que surgiram na década de 1970. Em muitos aspectos, *Dashboards* é simplesmente um novo nome para “*Executive Information Systems – EIS*”. Estes sistemas foram particularmente focados em visualização de dados para apoio a decisão e foram primeiramente desenvolvidos entorno de 1985. Seu propósito era mostrar indicadores de desempenho em uma simples interface para executivos de empresas que, de fato, raramente o utilizavam. De acordo com Few [9], nessa época a ideia não era prática; principalmente devido a problemas relacionados a atualização e ao manuseio da enorme quantidade de dados disponíveis. Segundo o autor os dados eram por vezes incompletos, não confiáveis e espalhados por diversas fontes. Portanto, na mesma década que o EIS surgiu, ele também entrou em um estado de hibernação, aguardando por uma era onde essas ideias pudessem ser realizadas.

Durante a década de 1990, *data warehousing*, *online analytical processing – OLAP* e eventualmente *business intelligence – BI* trabalharam como parceiras na tentativa de domar o avanço selvagem da era da informação. A ênfase durante estes anos era sobre a coleta, a correção, a integração, o armazenamento e o acesso a informações precisas, oportunas e úteis. Desde a década de 1980 o esforço foi em grande parte focado em tecnologias e, em menor grau, em metodologias necessárias para tornar os dados disponíveis e úteis. Com isso, os beneficiários diretos, foram em sua maioria, os usuários com maior grau de proficiência no uso de computadores, capazes de usar as complicadas ferramentas de navegação nos grandes e, frequentemente complexos bancos de dados.

Também surgiu no início da década de 1990 uma nova abordagem para gerenciamento que envolveu a identificação e uso de indicadores de desempenho (*Key performance indicators – KPIs*). Este método introduzido por Robert S. Kaplan e David P. Norton é conhecido como *Balanced Scorecard* [5]. De acordo com Few [9] os avanços em *data warehousing* e o conjunto de tecnologias relacionadas configuraram o cenário de interesse atual da gestão através de métricas (não somente métricas financeiras). *Business Performance Management – BPM* tornou-se uma preocupação internacional. Com essa infraestrutura construída pelo *data warehousing* e o interesse do BPM em métricas que podem ser facilmente monitorados, impulsionaram novamente a ideia dos *dashboards*.

No final da década de 1990, o conceito de *dashboards* ressurgiu de forma atualizada. O mesmo conceito foi replicado para níveis gerenciais mais baixos e desta vez, provou ser mais útil e aceito pelos usuários potenciais. De acordo com Few [9] *dashboards* se tornaram populares após o escândalo da Enron em 2001, entretanto, ainda não existe uma definição clara acerca dos *dashboards*, nem por fornecedores de software nem mesmo por acadêmicos. Os fornecedores de *dashboards* os define a partir das características que os seus produtos têm. Já os pesquisadores falam sobre diferentes tipos de aplicações do conceito de *dashboard* e em diferentes estágios de seu desenvolvimento [18].

Para este trabalho consideraremos a definição proposta por Few [8], que define um *dashboard* como:

“Uma representação visual das informações mais importantes e necessárias para alcançar um ou mais objetivos, consolidadas e organizadas em uma única tela para monitoramento das informações em um *relance*.”

#### 4.1 Princípios Fundamentais

*Dashboards* podem apoiar uma ampla gama de necessidades para monitoramento, abrangendo todas as tarefas que se beneficiam de uma visão imediata do que está acontecendo. Para desenvolver um *dashboard* é necessário considerar um conjunto de características que afetam a forma como eles serão planejados. A Tabela 2 apresenta sucintamente essas características.

**Tabela 2. Conjunto de características para o planejamento de um dashboard**

Características	Descrição
Frequência de atualização	Diária De hora em hora Em tempo real
Experiência do usuário	Novato Qualificado Especialista
Tamanho da audiência	Uma pessoa Múltiplos usuários com as mesmas requisições Múltiplos usuários que necessitam monitorar diferentes subconjuntos dos dados
Plataforma	Desktop/laptop Web server/browser Dispositivos móveis
Tipo de tela	Telas de grande proporção Telas de tamanho padrão Telas pequenas Telas de tamanhos variados
Tipos de dados	Quantitativo Não quantitativo

Essas características tem uma influência significativa na forma como um *dashboard* deve ser planejado. Portanto, devem ser consideradas durante as fases de especificação e implementação do *dashboard*.

## 5. TRABALHOS RELACIONADOS

Diferentes trabalhos encontrados na literatura estão inseridos no domínio de emergência. Destes, alguns buscam superar o problema da sobrecarga de informações empregando seleção e visualização.

Ernst and Ostrovskii [7] e Andrienko and Andrienko [1] abordaram a visualização inteligente de informação situacional em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), porém, com foco na apresentação específica para cada papel envolvido e seu contexto. Ambos utilizam visualização temática, interpretação da necessidade e da intenção do usuário e conhecimento específico do domínio, documentado em ontologias.

Engelbrecht [6] propõe um modelo para avaliação da informação com relação a sua utilidade a cada momento. O modelo obtido baseia-se em métodos multicritério de tomada de decisão e foi aplicado em uma ferramenta colaborativa desenvolvida para visualização em uma mesa *multi-touch*.

O trabalho de Ibarra *et al.* [13] apresenta uma estratégia para selecionar e visualizar os “pontos de interesse” mais relevantes em um mapa digital, de acordo com a área de influência da emergência. Esta estratégia foi implementada na ferramenta MobileMap, que apoia a tomada de decisão dos bombeiros em emergências urbanas.

No trabalho de Wampler *et al.* [21] é apresentada uma ferramenta de visualização dinâmica – denominada de *Command Post of the Future* (CPOF) - que suporta a tomada de decisão colaborativa em unidades táticas. O sistema utiliza um espaço de trabalho personalizável com base nas necessidades do usuário, em vez de um formato estático.

O trabalho de Zagorecki *et al.* [24] aborda uma investigação sobre a aplicação de *dashboards* na gestão de emergências. A ideia principal é entregar informações sobre o estado da organização, por meio de medidas simples, sumários de desempenho e visualizações intuitivas.

Em todos trabalhos relacionados, observou-se que de fato existe uma grande preocupação em superar a sobrecarga de informações. Se levarmos em consideração que as equipes de emergência atuam em ambientes complexos, que se caracterizam pela ação de diversos tipos de atores, a imprevisibilidade de acontecimentos, a troca de informações de diferentes formas e a adaptação ao longo da evolução de uma situação [17], este problema se torna ainda mais difícil de lidar.

Também observamos que geralmente os trabalhos apresentados nesse tipo de domínio fazem uso de soluções que são definidas em tempo de projeto. Devido a dinamicidade do ambiente, novos requisitos de informação podem surgir em tempo de uso, fazendo com que a seleção de informações de interesse e o tipo de visualização sejam modificados. Esse fato tem se tornado crítico nos últimos anos, fazendo com que os gestores encontrem dificuldades para fazer adaptações tendo em vista a rigidez das soluções.

Nossa proposta se diferencia das demais abordagens mencionadas, pelo fato de permitir aos gestores selecionar informações de interesse e visualizá-las de acordo seu contexto. Propomos um processo interativo, que permite ao gestor redefinir sempre que necessário suas informações e o tipo de visualização, de forma a compor seu próprio *dashboard* independentemente do domínio. Além disso, nossa abordagem prevê o uso de mecanismos de colaboração, pois consideramos que existem momentos que não é

mais possível para um único gestor enfrentar os imensos conjuntos de dados disponíveis e tomar decisões isoladamente.

## 6. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A abordagem proposta visa permitir ao gestor selecionar e visualizar informações de interesse de acordo com o seu contexto e ainda prevê mecanismos de colaboração. Nossa abordagem apresenta um *pipeline* que vai da seleção a visualização da informação como uma transição através de uma sequência, começando com a geração das informações do domínio e terminando com as formas de apresentação adequadas para cada tipo de informação em um *dashboard* (Figura 3).

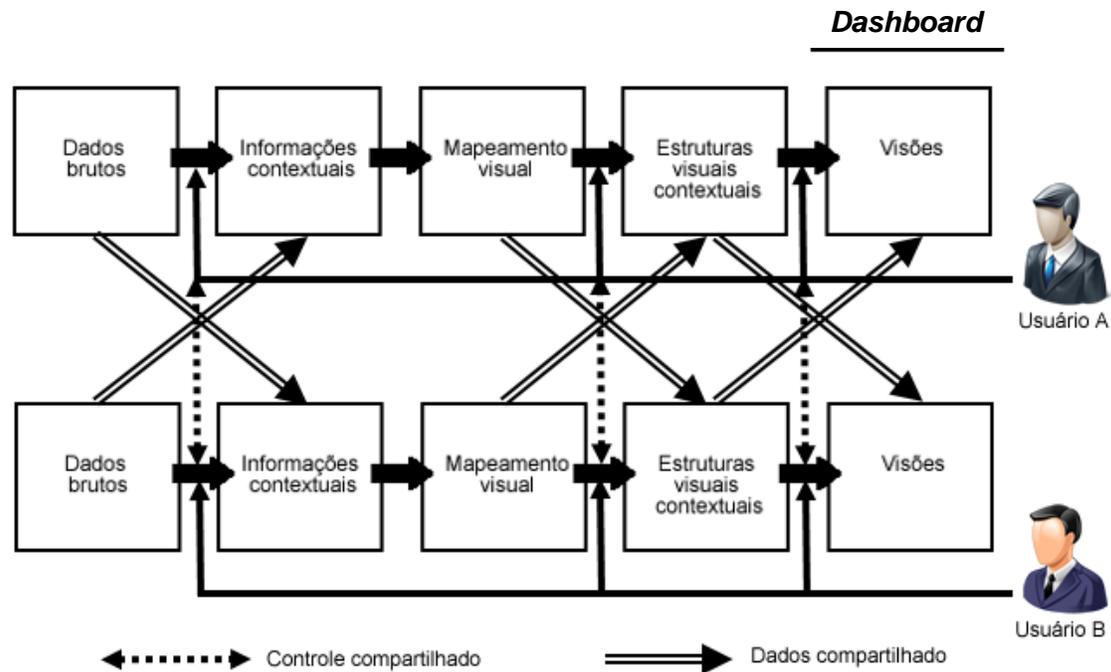
Nosso *pipeline* foi inspirado nos modelos de referência de visualização propostos por Card *et al* [3] e no modelo de visualização colaborativa proposto por Wood *et al.* [22]. O emprego de um modelo tem como objetivo oferecer referências importantes de como criar visualizações a partir de dados brutos, identificando-se componentes essenciais a serem considerados na utilização de uma determinada técnica ou no desenvolvimento de uma nova [20].

A Figura 3 contém cinco caixas que vão desde os dados brutos (à esquerda) até a definição do *dashboard* (à direita). A caixa mais à esquerda representa todos os dados que estão disponíveis no domínio em sua forma bruta, seja ele dinâmico ou estático. Entende-se por um dado dinâmico aquele que muda ao decorrer do tempo. Já o dado estático permanece constante.

Partimos do princípio que todas os dados estão disponíveis em um determinado formato e que não necessariamente obedecem a um esquema. Esses dados são dos mais diferentes formatos e provenientes de diversas fontes.

A segunda caixa representa as informações contextuais, essas informações são provenientes dos dados brutos. Estas informações são obtidas através de seleção explícita. Na transição da caixa que representa os dados brutos para a caixa que representa as informações contextuais, a informação é selecionada de acordo com às necessidades do gestor. Nesse momento o gestor define quais são as informações do seu interesse de acordo com seu contexto, podendo realizar transformações sobre os dados brutos, tais como: filtragem, agrupamento, ou gerar novas informações (média, soma, desvios, etc.). Esta seleção busca separar a informação relevante entre a irrelevante.

A terceira caixa representa o mapeamento visual. Esta caixa representa as formas de visualização mais adequadas para cada tipo de informação. Essas formas de visualização podem variar desde o emprego de gráficos tradicionais (de pontos, de barras, circulares e histogramas), tabelas, formas mais elaboradas (com uso de cores e símbolos geométricos), imagens reais (figuras ou vídeos) ou mapeamentos (de um objeto ou espaço físico) até representações mais complexas através do uso de diagramas (árvores, redes e grafos) ou metáforas visuais, fazendo referência a relacionamentos e conceitos abstratos. A transição da caixa que representa as informações contextuais para a caixa que representa o mapeamento visual é de caráter inteiramente da aplicação. A relação da informação para uma forma de visualização é de 1...n, ou seja, a partir de uma informação pode-se ter uma ou mais visualizações associadas. Para clarificar isso, imagine uma informação que represente o índice pluviométrico de uma determinada região durante um período de tempo. Essa informação pode ser mapeada para uma tabela ou para um gráfico.



**Figura 3. Abordagem para seleção e Visualização Colaborativa de Informações**

A quarta caixa representa as estruturas visuais contextuais, ou seja, todas as visualizações definidas pelo gestor. Para isso, deve ocorrer transição da caixa que representa o mapeamento visual para a caixa que representa as estruturas visuais contextuais. Uma vez que todas as formas de visualização mapeadas estão disponíveis, o gestor pode escolher qual visualização é a mais adequada para o contexto dele. Estas visualizações irão compor um *dashboard*, permitindo a ele ter acesso às informações do seu interesse de forma consolidadas e organizadas.

Por fim, a quinta caixa representa as visões. Estas são resultados de transformações visuais e definição de eventos. Cada visualização pode ter uma visão correspondente. Na transição da caixa que representa as estruturas visuais contextuais para a caixa que representa as visões, os gestores podem realizar transformações nas visualizações (ex. modificar o nível de zoom) ou criar eventos que os ajudem a identificar mudanças contextuais que carecem de atenção (ex. fazer a tela piscar ou emitir um sinal sonoro).

Com relação aos mecanismos de colaboração, nossa abordagem suporta diferentes cenários. Assim como no trabalho de Wood *et al.* [22] nossa abordagem contempla um *pipeline* de visualização para cada colaborador considerando a atuação de vários participantes independentes. Está previsto a realização de troca de dados em pontos arbitrários do *pipeline* permitindo enviar e receber dados, formando um espaço de trabalho compartilhado. Além disso, é possível realizar o controle compartilhado, onde a definição de parâmetros deve ser controlada localmente pelo gestor ou externamente por um colaborador.

Quanto a arquitetura para suporte desses mecanismos de colaboração nossa recomendação é que seja adotado um modelo de arquitetura centralizado baseado no modelo cliente-servidor. Visto a complexidade dos tipos de informações do cenário de emergência relacionadas a: processos de captura das informações, seu sigilo, confiabilidade, para citar alguns. Deixamos a cargo do servidor todo o gerenciamento e processamento. Com isso, o

gestor interage com o sistema cliente, sendo que todas as etapas do *pipeline* são tratadas no servidor. É importante ressaltar que nesse tipo de arquitetura o tempo de *feedback* é suscetível aos atrasos de rede, pois o processamento é realizado no servidor.

Cabe também destacar que todo o processo é interativo. Isso é útil porque os gestores estão interessados apenas em informações relevantes ao desenvolvimento da tarefa atual. Levando em conta a dinamicidade dos eventos o gestor pode optar por redefinir seu *dashboard* sempre que necessário.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi apresentado uma pesquisa exploratória realizada no Centro Integrado de Comando e Controle da cidade do Rio de Janeiro (CICC-RJ). Nesta pesquisa encontramos evidências do problema de sobrecarga de informação e verificamos que o sucesso dos gestores depende de ter a informação certa disponível no momento certo, na forma de apresentação certa.

A pesquisa exploratória permitiu avaliar quais teorias ou conceitos existentes poderiam ser aplicados ao problema ou se seriam necessários desenvolver novas abordagens para solucionar o problema.

Com base nessa pesquisa foi proposto uma nova abordagem que visa permitir ao gestor selecionar e visualizar informações de interesse de acordo com o seu contexto e ainda prevê mecanismos de colaboração. Nossa abordagem apresenta um *pipeline* que vai da seleção a visualização da informação como uma transição através de uma sequência, começando com a geração das informações do domínio e terminando com as formas de apresentação adequadas para cada tipo de informação em um *dashboard*.

Um conjunto de características para o planejamento de um *dashboard* foi apresentado. Essas características devem ser

levadas em conta durante as fases de especificação e implementação do *dashboard*.

Espera-se que a solução ajude aos gestores a identificar informações de interesse que careçam de atenção imediata. O *dashboard* deve manter a percepção da situação com a última informação existente (de acordo com a frequência de atualização definida pelo gestor) e usar mecanismos para uma visualização de fácil interpretação.

É importante salientar que apesar de uma situação de emergência ser por natureza colaborativa, o uso de mecanismos de colaboração é de decisão do gestor, ou seja, é ele quem decide quando e o que compartilhar, e até mesmo quem exerce o controle local de um conjunto de dados (ou visualização) quando compartilhados.

O trabalho apresentado encontra-se em andamento e os seus objetivos foram apenas parcialmente atingidos. Infelizmente, não houve possibilidades de implementação, teste e avaliação da abordagem, ficando para uma próxima fase. No entanto, em conversas com potenciais usuários a solução parece ser promissora. Eles sinalizaram que esse tipo de abordagem é novo para eles e que tais ferramentas serão potencialmente úteis na sua prática.

Esperamos alcançar resultados que serão aplicáveis em uma ampla gama de domínios. A implementação da abordagem se mostra factível e é apenas um primeiro passo para depois pensarmos em outras soluções mais sofisticadas como: recomendação de informação ou visualização inteligente.

## 8. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado parcialmente por recursos da FAPERJ e do CNPq. Bruno S. Nascimento recebe bolsa de doutorado da CAPES.

## 9. REFERÊNCIAS

- [1] Andrienko, N. and Andrienko, G. 2007. Intelligent visualisation and information presentation for civil crisis management. *Transactions in GIS*. (2007), 291–298.
- [2] Brodlie, K.W. et al. 2004. Distributed and Collaborative Visualization. *Computer Graphics Forum*. 23, 2 (Jun. 2004), 223–251.
- [3] Card, S.K. et al. 1999. *Readings in information visualization: using vision to think*. Morgan Kaufmann.
- [4] Comes, T. et al. 2012. Efficient scenario updating in emergency management. ... *Response and Management* .... April (2012), 1–10.
- [5] Eckerson, W.W. 2010. *Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business*. John Wiley & Sons.
- [6] Engelbrecht, A.F.F. 2011. *Um Modelo De Apoio A Percepção Situacional Na Resposta A Emergências*. 2011. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Grauação em Informática. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [7] Ernst, V. and Ostrovskii, M. 2007. Intelligent cartographic presentations for emergency situations. *Mobile Response*. (2007), 87–105.
- [8] Few, S. 2004. Dashboard Confusion. *Intelligent Enterprise*. (2004).
- [9] Few, S. 2013. *Information Dashboard Design: Displaying Data for At-a-glance Monitoring*. Analytics Press.
- [10] Fischer, G. 2012. Context-aware systems: the “right” information, at the “right” time, in the “right” place, in the “right” way, to the “right” person. *Proceedings of the International Working Conference ....* (2012).
- [11] Haber, R.B. and McNabb, D.A. 1990. Visualization idioms: A conceptual model for scientific visualization systems. *Visualization in scientific computing*. 74, (1990), 93.
- [12] Hu, X. et al. 2012. Evaluation of co-located and distributed collaborative visualization. *Proceedings of the 5th ....* (2012), 95–103.
- [13] Ibarra, M.J. et al. 2012. Visualization of relevant information on mobile devices for emergency situations. *2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI)*. (Oct. 2012), 1–10.
- [14] Isenberg, P. et al. 2011. Collaborative visualization: Definition, challenges, and research agenda. *Information Visualization*. 10, 4 (Jul. 2011), 310–326.
- [15] Isenberg, P. and Carpendale, S. 2007. Interactive tree comparison for co-located collaborative information visualization. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*. 13, 6 (2007), 1232–9.
- [16] Johnson, G. and Elvins, T. 1998. Introduction to collaborative visualization. *ACM Siggraph Computer Graphics*. 32, May (1998), 8–11.
- [17] Mitchell, M. 2009. *Complexity: A guided tour*. Oxford University Press.
- [18] Pauwels, K. et al. 2009. Dashboards as a Service Why, What, How, and What Research Is Needed? *Journal of Service Research*. 12, 2 (2009), 175–189.
- [19] Quintanilha, C.B. et al. 2011. Social networks and emergency: From society to the command room. *Proceedings of the 2011 15th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*. (Jun. 2011), 538–543.
- [20] Valiati, E.R. de A. 2008. *Avaliação de Usabilidade de Técnicas de Visualização de Informações Multidimensionais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- [21] Wampler, R. et al. 2009. Determining a Critical-Skill Hierarchy for Command Post of the Future (CPOF). (2009).
- [22] Wood, J. et al. 1997. Collaborative visualization. *Visualization '97., Proceedings.* (1997), 253–259.
- [23] Yigitbasioglu, O.M. and Velcu, O. 2012. A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems.* 13, 1 (Mar. 2012), 41–59.
- [24] Zagorecki, A. et al. 2012. Executive Dashboard Systems For Emergency. *Communications–Scientific Letters of the University of Zilina.* 14, 2 (2012), 82–89.

# Desafios para colaboração no atendimento pré-hospitalar em acidentes de múltiplas vítimas

Rodrigo C. Andrade  
PPGI – Programa de Pós-  
Graduação em Informática  
UFRJ – Universidade Federal do  
Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil  
rodrigo.andrade@ppgi.ufrj.br

Bruno S. Nascimento  
PPGI – Programa de Pós-  
Graduação em Informática  
UFRJ – Universidade Federal do  
Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil  
bruno.nascimento@ppgi.ufrj.br

Marcos R.S. Borges  
PPGI – Programa de Pós-  
Graduação em Informática  
UFRJ – Universidade Federal do  
Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil  
mborges@nce.ufrj.br

Adriana S. Vivacqua  
PPGI – Programa de Pós-  
Graduação em Informática  
UFRJ – Universidade Federal do  
Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil  
avivacqua@dcc.ufrj.br

## ABSTRACT

Although many researchers have discussed important questions about medical emergencies management, there are still few technologies designed to support the aspects of collaboration (communication, coordination and cooperation) that fulfill the gaps between prehospital care and the experts inside the emergency department (medical first responders, surgeons, radiologists, nurses). In this field, there is few empirical data available and a sparse vision regarding the factors that could make easier or harder the collaboration between the stakeholders. In this article, we present a broad view of the relevant challenges through an exploratory research. We used the 3C Collaboration model for organizing the problem domain to shore-up the future development of a collaborative system.

## RESUMO

Embora vários pesquisadores tenham levantado questões importantes quanto a gestão de emergências médicas, ainda existem poucas tecnologias projetadas para apoiar os aspectos de colaboração (comunicação, coordenação e cooperação) que preenchem a lacuna entre o atendimento pré-hospitalar e os especialistas dentro do departamento de emergência (médicos socorristas, cirurgiões, radiologistas, enfermeiros). Neste campo existem poucos dados empíricos disponíveis e há uma visão esparsa sobre os fatores que podem dificultar ou facilitar a colaboração entre os *stakeholders*. Neste artigo, apresentamos uma visão geral dos desafios e obstáculos relevantes, através de uma pesquisa exploratória. Utilizamos o modelo 3C de colaboração para organização das problemáticas do domínio, de modo a embasar a proposta futura de desenvolvimento de um sistema colaborativo.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.3 Information Interfaces and Presentation (e.g., HCI): Group and Organization Interfaces – Computer-supported cooperative work.

## General Terms

Management, Design, Human Factors.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. SBSC 2014 Brazilian Symposium on Collaborative Systems. October 6-9, 2014. Curitiba, PR, Brazil. Copyright 2014 SBC. ISSN 2318-4132 (pendrive).

## Keywords

Colaboração, Acidentes de múltiplas vítimas (AMV), Emergências.

## 1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista de saúde, gestão de emergência é uma atividade ampla e colaborativa cujo foco está em salvar vidas durante e após a crise. Em grandes crises, com múltiplas vítimas, dentro de um cenário caótico tais como inundações, terremotos, desabamento e incêndios, é crucial existir uma colaboração estreita entre os serviços médicos de atendimento pré-hospitalar e os departamentos de emergência médica hospitalar.

Decisões tomadas em situações de crise sem um modelo de colaboração bem definido, podem causar atrasos e danos nos cuidados dos pacientes que em geral estão em sério risco de morte. Um exemplo disso ocorreu durante os ataques de 11 de setembro ao WTC em 2001, onde inicialmente, todas as vítimas foram encaminhadas para os três hospitais mais próximos, o que causou uma sobrecarga nessas instituições Segundo Oster *et al* [1]. Mais recentemente, temos o caso do resgate do incêndio na boate Kiss, no final de janeiro de 2013, em Santa Maria (RS) – Brasil. No qual as equipes de atendimento pré-hospitalar que atuaram no resgate tiveram grandes dificuldades nos processos de triagem, tratamento e transporte para os departamentos de emergências hospitalares, devido à diversos fatores como a grande quantidade de vítimas, a velocidade dos acontecimentos, o tempo disponível para tomar decisões, a disponibilidade de recursos, a falta de percepção situacional e a pressão do tempo [2].

Para que se tenha uma gestão de emergência satisfatória é necessário desenvolver sistemas que apoiem a colaboração de forma eficaz e transparente entre as equipes. Embora algumas iniciativas estejam sendo desenvolvidas para apoiar socorristas e as equipes de emergência, ainda existem poucas tecnologias projetadas para apoiar os aspectos de colaboração, que preenchem a lacuna entre o atendimento pré-hospitalar e os especialistas dentro do departamento de emergência (médicos socorristas, cirurgiões, radiologistas, enfermeiros). Conforme veremos nas próximas seções, pouco de tecnologia tem sido agregado nessas situações no Brasil e em boa parte do mundo. Principalmente, quando se trata de acidentes de múltiplas vítimas (AMV), os modelos atuais de triagem, tratamento e transporte empregados no atendimento pré-hospitalar, ainda utilizam métodos tradicionais que são baseados em papel. Entretanto, como o intuito principal é o compartilhamento da informação entre as equipes, seu funcionamento acaba sendo subutilizado a não ser que diversas cópias desses papéis sejam feitas e repassados para cada membro

da equipe, o que torna o processo laborioso e lento, não permitindo otimizar a visualização e melhorar a tomada de sentido das informações ali contidas.

Nosso objetivo de pesquisa a longo prazo é desenvolver sistemas de informação que apoiem a colaboração entre as equipes no atendimento pré-hospitalar em acidentes de múltiplas vítimas. Entretanto, antes de efetivamente projetar estes sistemas, devemos entender os desafios que as equipes enfrentam ao tentar coordenar um ao outro durante uma crise. Além disso, é necessário saber como se dá a comunicação entre as equipes, quais tipos de informações lhes são relevantes, e como se dá o processo de cooperação entre especialistas de saúde dentro do escopo inicial do atendimento pré-hospitalar.

Para isso, este trabalho apresenta uma pesquisa exploratória quanto aos desafios e obstáculos relevantes que envolvem membros das equipes de atendimento pré-hospitalar no que diz respeito a sua atuação em AMV. Nesta pesquisa, foram realizadas revisões bibliográficas, observação de vídeos instrucionais e entrevistas com *stakeholders* tanto com experiência em emergência médica hospitalar quanto com experiência em regaste e pronto-atendimento no SAMU.

Utilizamos o modelo 3C de colaboração para organização das problemáticas do domínio, de modo a embasar a proposta futura de desenvolvimento de um sistema colaborativo.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção seguinte apresenta uma sucinta apresentação do modelo 3C de colaboração. A seção 3 descreve o domínio de Acidentes de Múltiplas Vítimas. A seção 4 apresentam os desafios de colaboração nesse domínio. A seção 5 apresentam algumas tecnologias de apoio a AMV. As considerações finais são apresentadas na seção 6.

## 2. MODELO 3C DE COLABORAÇÃO

De acordo com Pimentel *et al.* [3] o modelo 3C analisa a colaboração em três dimensões: comunicação, coordenação e cooperação. A comunicação se realiza através da troca de mensagens; pela argumentação e pela negociação entre pessoas. Já a coordenação se realiza através do gerenciamento de pessoas, atividades e recursos; e a cooperação se realiza através da atuação conjunta em um espaço compartilhado para a execução das tarefas.

O modelo 3C de colaboração foi originalmente proposto no artigo de Ellis *et al.* [4] com algumas diferenças de nomenclatura. O modelo 3C é utilizado frequentemente na literatura como um meio de classificar/organizar sistemas colaborativos, como por exemplo em Pimentel *et al.* [3] [7], Borghoff e Schlichter [5] e Sauter [6].

Segundo Pimentel *et al.* [3] no modelo 3C, esquematizado na figura 1, a separação em dimensões foca nos aspectos relevantes para a análise da colaboração, entretanto, os Cs se inter-relacionam para que a colaboração ocorra.

De acordo com Brna [8] o suporte computacional à colaboração é melhorado se houver um aumento de consciência do modelo de colaboração que está sendo utilizado. O modelo 3C, como todo modelo, é uma simplificação da realidade e, portanto, não deve ser usado indistintamente em todas as situações.

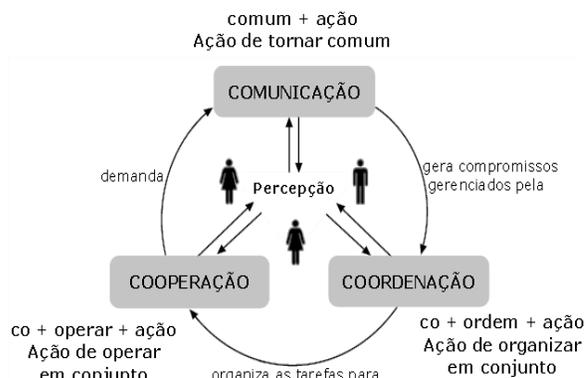


Figura 1. Diagrama do modelo 3C de colaboração [3]

## 3. ACIDENTES COM MÚLTIPLAS VÍTIMAS (AMV)

Segundo o protocolo nacional de emergência [9], o atendimento a acidentes com múltiplas vítimas é um desafio no qual os serviços de atendimentos pré-hospitalares e os hospitais se deparam com frequência. Diante dessas situações ocorre uma incapacidade dos serviços de saúde lidarem com esse problema, havendo, desta forma, necessidade de se estar preparado e treinado para atender esses acidentes.

A estrutura básica no atendimento pré-hospitalar em AMV é basicamente composta pela coordenação operacional, geralmente, comanda pelo corpo de bombeiros e a coordenação médica geral. A coordenação médica é hierarquicamente subdividida em três subcoordenações, isto é, coordenação de triagem, coordenação de tratamento e coordenação de transporte, conforme ilustrado na figura 2.

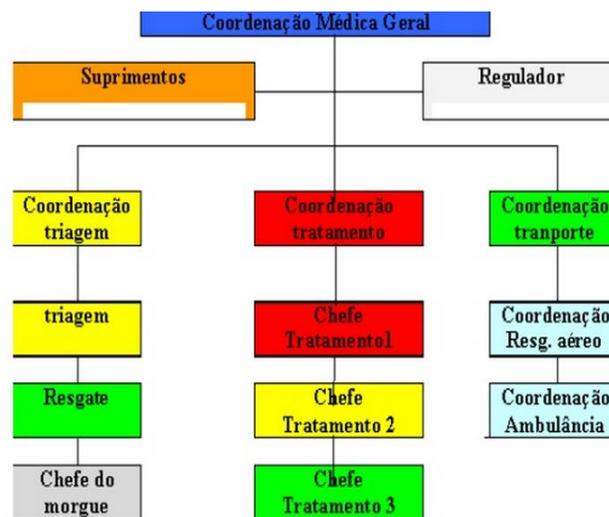


Figura 2. Hierarquia da Coordenação Médica Geral [10]

Durante um evento de emergência com múltiplas vítimas, o agrupamento médico contando com médicos socorristas, enfermeiros, socorristas e voluntários chegam ao local e ocorre nos primeiros 20 minutos a evacuação por parte dos bombeiros e equipes de apoio das vítimas de menor gravidade e primeiros

socorros aleatórios (sem triagem) dos mais urgentes. Em geral nesse momento a coordenação é pouca e a chegada dos recursos são desorganizadas [14].

Neste caso, o conceito do melhor esforço, ou seja, o melhor atendimento para a vítima mais grave deve dar lugar ao conceito de melhor atendimento para o maior número possível de vítimas, no momento que elas mais precisam e no menor tempo possível. Nas subseções seguintes, são detalhadas os três princípios básicos no atendimento dessas situações: triagem, tratamento e transporte.

### 3.1 Triagem

O processo de triagem dos traumatizados durante uma situação de crise é considerado de grande importância, pois inicialmente é por meio dele que as principais informações serão geradas e consumidas em tempo real pela equipe de coordenação e controle no local, equipe de saúde e posteriormente pela equipe médica hospitalar.

O processo de triagem é uma tarefa eticamente complicada para os agentes de saúde, pois nela é necessário decidir como utilizar recursos limitados de maneira mais eficiente possível, a fim de fornecer auxílio a um número máximo de pessoas feridas. Na triagem dos pacientes os casos extremos devem ser rapidamente observados. Tanto aqueles que estão em risco de morte tão eminente que qualquer tentativa de cuidados não será suficiente para reverter o quadro, quanto para aqueles que se recuperarão independente do tratamento [11].

Esse é um momento crítico, pois é com base nos dados gerados na triagem que os gestores terão subsídios para o processo de tomada de decisão que afetará os resultados dos cuidados das vítimas, minimização de danos e transporte daqueles com necessidades urgentes.

Durante o processo de triagem os agentes de saúde vão até as vítimas e realizam um conjunto de procedimentos e ao final destes eles determinam o nível de gravidade da vítima. Em seguida, é colocado em cada vítima uma etiqueta (figura 3) que determina seu nível de gravidade.

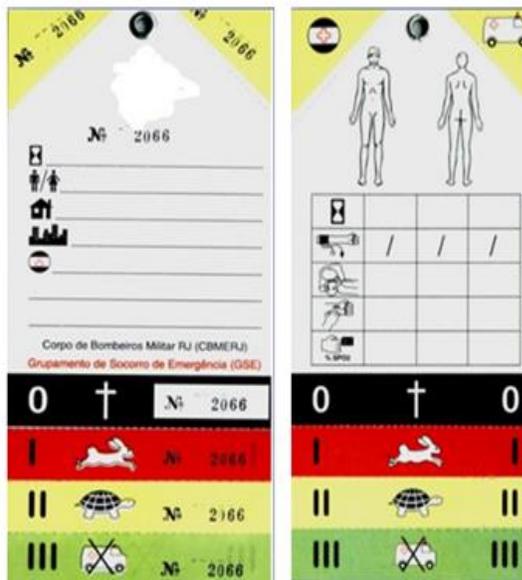


Figure 3. Etiqueta de identificação em triagem[12]

A triagem pelo método Start, realizada pelo Corpo de Bombeiros, é uma técnica simples usada para triagem rápida de um grande número de pacientes e deve ser utilizada em situações em que a triagem deve ser dinâmica. Esse método é o mais difundido no meio médico, e busca identificar três problemas que vão levar à morte dentro de uma hora, se não tratados: insuficiência respiratória, hemorragia significativa e traumatismo craniano [13].

Com o objetivo de facilitar o estabelecimento de prioridades entre os diferentes casos de urgência, foi-se estabelecido os seguintes níveis de gravidades e cores respectivas:

- **Nível 0 (Preto):** Urgência de prioridade mínima – Compreende situações onde a vítima se encontra em óbito. Onde há um desequilíbrio entre os recursos médicos e o número de vítimas, todos os pacientes com traumatismos severos, com poucas chances de sobrevivência, também vão para essa área de prioridade.

- **Nível 1 (Vermelho):** Socorro imediato, primeira prioridade ou prioridade imediata – são vítimas que requerem atenção imediata no local ou tem prioridade no transporte.

- **Nível 2 (Amarelo):** Vítimas com prioridade secundária, no qual, o socorro deve ser rápido, mas pode aguardar vítimas com maior prioridade. São vítimas sem indicativo de que virão a morrer nos próximos minutos, se não forem socorridas.

- **Nível 3 (Verde):** Com prioridade tardia, são vítimas deambulando, com lesões menores e que não requerem atendimento imediato. Não devem ser consideradas isentas de lesão. Apenas não são prioritárias naquele momento. Podendo ser atendidas no local e posteriormente encaminhadas a hospitais.

Em seguida, as vítimas são encaminhadas ao local indicado pelo agente de saúde durante a fase inicial da análise de risco, conforme ilustrado na figura 4 (a) e são dispostas em marcações para a início / continuidade do tratamento e transporte, no caso figura 4 (b) prioridade vermelha.



Figure 4. Fluxo de vítimas para triagem. (a) modelo de fluxo das vítimas; (b) foto de simulação da triagem de uma vítima com prioridade 1 [14]

### 3.2 Tratamento

A fase de tratamento visa estabilizar os pacientes que estão aguardando transporte e realizar as manobras de primeiros socorros. Geralmente compostos por médicos, socorristas, enfermeiros e voluntários.

Sabe-se que o atendimento nos primeiros minutos após o trauma visa o não agravamento do quadro clínico do paciente, influenciando na sobrevivência do politraumatizado [15].

Em geral, o tratamento das vítimas na cena do acidente é iniciado após a realização da triagem e o conhecimento das necessidades de cuidados médicos de cada uma delas. As áreas de tratamento ou de prioridades são definidas conforme a gravidade das vítimas em prioridade Vermelha, Amarela, Verde e Preto. Essas áreas de prioridades serão identificadas por lonas ou bandeiras coloridas nas cores das prioridades.

Por fim, durante o desastre, a triagem deve ser considerada um processo contínuo, ou seja, constantemente deve ser repetida em cada vítima, mesmo para as que já receberam um socorro inicial, pois a situação pode alterar-se e uma vítima considerada de baixa prioridade pode, alguns minutos depois, necessitar cuidados imediatos para que se mantenha viva.

### 3.3 Transporte

Durante uma situação de desastre, é imprescindível que vítimas com determinados tipos de ferimentos sejam encaminhadas para hospitais corretos, ou seja, hospitais só podem receber pacientes cujo tipo de ferimento pode ser atendido. Assim, os pacientes em estado grave e que possuem alto risco de morte, necessitam de transporte rápido em unidade de suporte avançado para centro especializado de atendimento ao trauma [16]. Os demais casos, podem ser transportados em unidade de suporte básica à medida que estes recursos estejam disponíveis.

No atendimento em situações de desastres, é essencial que a viatura de transporte conte com os equipamentos indispensáveis para oferecer a assistência necessária à vítima de forma a estabilizá-la até que a mesma chegue ao hospital. Para isso, o sistema conta com 6 tipos de unidades móveis, conforme Portaria Ministerial 2048. São elas, Ambulância de Transporte destinado ao transporte de vítimas que não apresentam risco de morte; Ambulância de Suporte Básico, destinado ao transporte de vítimas com risco de morte conhecido porém não classificado com potencial necessidade de intervenção médica durante o transporte; Ambulâncias de Resgate destinadas ao atendimento de vítimas em locais de difícil acesso contendo equipamentos de salvamento (terrestre, aquático, altura); Ambulância de Suporte avançado, destinado ao transporte de vítimas em prioridade máxima que necessitam de cuidados intensivos dispondo de equipamentos médicos; Aeronave de Transporte médico, aeronave de asa fixa ou rotativa utilizada no transporte de pacientes intra-hospitalar ou aeronave de asa rotativa para resgate; Embarcação de Transporte médico, veículo motorizado aquaviário destinado ao transporte de vítimas por via marítima ou fluvial.

## 4. DESAFIOS DE COLABORAÇÃO NO ATENDIMENTO PRÉ-HOSPITALAR EM AMV

Para identificar os desafios de colaboração nos serviços de atendimentos pré-hospitalares em AMV realizamos uma pesquisa exploratória conforme descrito abaixo.

- (a) Levantamento bibliográfico: foram realizadas pesquisas na *ACM Digital Library*, *IEEE Xplore Digital Library*, alguns *proceeding* de conferências ligadas à área de colaboração e informática na saúde. Além disso, pesquisamos em grandes indexadores da área de saúde, tais como *PubMed*, *Medline*, *Scopus*. A pesquisa foi conduzida sem uma restrição temporal. Por se tratar de uma questão nacional, foram revisados os planos

federais e estaduais do Ministério de Saúde e da Corporação de Bombeiros. As palavras-chaves utilizadas na revisão foram “*emergency management*”, “*collaboration*”, “*MCI*”, “*mass casualty incidents*”, “*triage*”, “*IT health*”, “*pre-hospital disaster management*” e seus correspondentes em português.

- (b) Observação de materiais instrucionais: tivemos acesso aos vídeos de treinamento dos bombeiros, estudos de casos e discussões.
- (c) Entrevistas não-estruturadas: foram conduzidas entrevistas com 2 pessoas da área médica atuantes em emergência hospitalar, 1 enfermeiro militar do corpo de bombeiros e 1 enfermeiro não-militar. Todos com experiência em acidentes com múltiplas vítimas.

Com base nessa pesquisa identificamos alguns importantes desafios que foram organizados de acordo com as dimensões do modelo 3C de colaboração, a fim de embasar possíveis soluções para o desenvolvimento de sistemas colaborativos.

### 4.1 Quanto a comunicação

Em cada uma das áreas de prioridades, equipes de médicos, enfermeiros e socorristas atuam realizando os procedimentos necessários para estabilização e posterior transporte das vítimas ao hospital. Além dessas tarefas, essas equipes fazem a identificação, com anotação de dados em cartão que fica preso a cada uma das vítimas, preparando-as para o transporte.

Manter o fluxo de informação e comunicação atualizado é essencial para processo de tomada de decisão dos gestores. Desde a etapa de triagem até o tratamento e transporte dos traumatizados, as informações geradas e consumidas em tempo real são intensas pela equipe de coordenação e controle no local, equipe de saúde e posteriormente pela equipe médica hospitalar.

Se as informações críticas para a tomada de decisões não são compartilhadas de forma adequadas ou não estão disponíveis para compartilhamento, as equipes acabam tomando decisões erradas. Por exemplo, gerentes deixam de ativar o plano de desastre no momento adequado ou o comandante do incidente encaminha pacientes demais para um único hospital ao invés de distribuir entre outros disponíveis [17].

Grande parte da comunicação entre equipes de pré-hospitalar e os departamentos de emergência médica hospitalar é oral durante a transferência da vítima oriundas da emergência, tais como procedimentos realizados, medicamentos administrados, feridas, etc. Dessa forma, devido à complexidade do ambiente, boa parte dessas informações podem ser perdidas, prejudicando o atendimento do paciente.

Outro desafio para acidentes com múltiplas vítimas ocorre em casos que necessitam empregar forças de apoio de outros países. Neste caso, problemas na comunicação podem ocorrer entre os especialistas estrangeiros devido à barreira com o idioma. Isso pode causar transtornos tanto na comunicação entre as equipes quanto na comunicação entre as vítimas.

### 4.2 Quanto a coordenação

Neste ambiente caótico e complexo, se tratando de acidentes de múltiplas vítimas, existem diversos desafios da coordenação médica e operacional para resgate das vítimas. Alguns desses desafios se encontram na própria gestão das equipes multidisciplinares, tais como, médicos, enfermeiros, socorristas, bombeiros, motoristas, etc. na definição dos papéis que cada equipe irá desempenhar.

É complicado obter uma visão geral imediata e precisa da situação tais como, número de vítimas, grau de emergência, localização, tipo de ferimentos, etc. Se essa situação estender para uma escala maior de múltiplos locais esse processo se torna mais complexo e trabalhoso, pois para obter essas informações básicas, os gestores não apenas terão que analisar as inúmeras listas (papeis) do local, mas outras inúmeras de outros locais de maneira manual.

Desenvolver tecnologias de informação e comunicação que apoiem a coordenação requer que os desenvolvedores entendam o fluxo de trabalho e de informação entre as equipes de resposta à crise a fim de apoiar a coordenação entre as mesmas. Sem entender esse fluxo de trabalho, dentro de cada equipe, não seria possível identificar as potenciais áreas de ruptura na coordenação entre essas equipes.

O trabalho da coordenação envolve a compreensão da situação, elaboração do plano de ações, mobilização de equipes de diferentes organizações, avaliação de riscos, priorização de objetivos, decisões rápidas e coordenação de recursos. Sua execução é bastante dinâmica, pois o desdobramento de eventos externos e das próprias ações das equipes modifica a evolução da situação. Isto faz com que seja necessário ao comando atualizar constantemente suas informações sobre as mudanças no contexto para, a partir disso, dar continuidade ao entendimento da situação e tomar novas decisões.

Pelo fato da equipe médica ser formada pelos indivíduos responsáveis pela realização da triagem e tratamento, este grupo trabalha na linha de frente da emergência, resgatando vítimas, realizando atendimentos médicos e orientando as pessoas. Suas atividades são intensamente colaborativas e precisam de alto grau de coordenação a fim de se obter os resultados almejados sem comprometer a segurança própria.

Além disso, distribuir e organizar recursos também acaba sendo um desafio, ainda mais que as informações contextuais para essa tomada de decisão em geral não estão disponíveis de maneira eficaz.

Outras questões que surgem é que uma boa parte das forças auxiliares de resposta consiste também de voluntários que apesar de terem boas habilidades, possuem poucas experiências com situações de emergência em larga escala e não operam com o rigor hierárquico como as forças armadas, bombeiros, etc.

### 4.3 Quanto a cooperação

No processo de cooperação cada uma das outras dimensões (comunicação e coordenação) se inter-relacionam a fim de promover a colaboração em si.

Na cooperação em AMV cada equipe realiza o trabalho individualmente (triagem, tratamento e transporte) e depois combina os resultados para obter o resultado final. O modelo atual empregado neste tipo de atendimento oferece pouco suporte à cooperação entre as equipes, restringindo o fluxo de informação e assim oferecendo poucos subsídios claros para um melhor suporte à decisão dos gestores. Tendo em vista que esse domínio é dinâmico e o tempo utilizado possui relação direta com a qualidade do atendimento, para que haja cooperação é necessária uma abordagem que promova uma visualização coerente e pontual das informações compartilhadas de forma a não causar uma sobrecarga de informação e minimizar o esforço cognitivo do usuário. Porém é importante que a abordagem ofereça suporte para maiores informações caso o agente de saúde / coordenação necessite.

## 5. TECNOLOGIAS DE APOIO A AMV

Com base no que foi dito anteriormente, temos percebido que os sistemas de informação por meio de seus artefatos tecnológicos podem em muito auxiliar no processo de resposta ao atendimento pré-hospitalar em AMV. Como nosso objetivo futuro é de desenvolver sistemas de informação que apoiem a colaboração entre as equipes no atendimento pré-hospitalar, realizamos um levantamento de trabalhos que vem sendo utilizados no domínio médico e de emergência e que em geral apresentam bons resultados.

Inampudi [18] implementou um sistema de triagem que utiliza Tags RFID passivas substituindo o papel. Nesse sistema, os primeiros atuadores localizavam as vítimas e realizavam a triagem utilizando um PDA e gravavam as informações na tag. A figura 5 ilustra a interface do sistema baseado em PDA.

Figura 5. Aplicação (client) PDA [19]

Huang e Chu [19] implementou um sistema com a tecnologia RFID dentro do departamento de emergência médica para realização de triagem e diminuição no tempo de espera e monitoramento dos pacientes dentro do hospital. Como discussão o autor afirma que apesar do sistema impor uma curva de aprendizado inicial, posteriormente o sistema introduz uma segurança maior e menores perdas tanto de informação quanto de tempo.

Outro desafio observado são os aspectos de interação entre os agentes de saúde e os sistemas computacionais, visto que inicialmente será imposto uma curva de aprendizado e mudanças no processo atual aos quais os agentes de saúde estão acostumados. Nem sempre essas mudanças são bem recebidas, portanto é necessário que os usuários sejam motivados e que, se possível, sejam consultados durante a fase de projeto da interface.

Além disso, para que o sistema atenda as reais necessidades dos agentes, o desenvolvimento da interação do sistema deve ocorrer de maneira que os *stakeholders* sejam extensivamente consultados, que compartilhem da mesma linguagem (jargões), métodos e modelos semelhantes aos em uso (informações do

prontuário, *whiteboards* e etc.) de forma que ao interagirem com o sistema os agentes de saúde não tenham maiores dificuldades em comunicar com o software. Estudos sugerem que ao adotar essas medidas diminui a barreira inicial na utilização efetiva da ferramenta [20] [21].

Segundo Ibarra *et al.* [22] nos últimos anos, o uso de tecnologia móvel nos processos de resposta a emergência urbana tem crescido, especialmente, devido a importância de se ter dados para realizar uma decisão mais bem informada no processo. Assim, a visualização de dados em pequenos dispositivos móveis, tais como PDA, tablets e smartphones, é um aspecto crítico para tomar decisões em tempo real.

Esses trabalhos dão subsídios para que possamos pensar possíveis soluções no atendimento pré-hospitalar em AMV que englobem a coordenação, cooperação e comunicação de forma a promover a colaboração.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No escopo deste trabalho apresentamos uma investigação quanto aos desafios e obstáculos relevantes que envolvem membros das equipes de atendimento pré-hospitalar no que diz respeito a sua atuação para AMV. Na tabela 1 extraímos concisamente os desafios discutidos na seção 4.

**Tabela 1** – Desafios de comunicação, coordenação e cooperação em um evento AMV.

Desafios	Comunicação	Coordenação	Cooperação
Captura de dados durante todo processo	X	X	
Definição de rota de transporte para o hospital de designado		X	X
Definição de estratégias de triagem		X	
Diferentes formas de visualização informações baseadas no perfil / papel		X	X
Negociação com hospital de destino		X	
Implementação do plano de ação		X	
Manter comunicação aberta e redundante entre a cadeia de comando e hospitais	X	X	
Atualização em tempo real de informações	X		
Barreiras linguísticas / idiomas	X		X
Pouco espaço disponível para descrever informações relacionadas aos ferimentos na etiqueta de triagem, tais como, medicamentos administrados, parâmetros, alergias, sinais vitais etc.	X		
Pouco suporte para compartilhamento de dados e imagens entre equipes locais e comando e controle	X	X	
Manter overviews atualizados do evento		X	X
Gerenciar e alocar recursos humanos entre as fases de triagem para tratamento		X	
Gerenciar equipes multidisciplinares		X	

Compleitude e confiabilidade da informação	X		
Panorama geral no progresso do tratamento da vítima (desde o momento de identificação até a chegada ao hospital)		X	X
Fornecer informação durante a transferência do socorrista ao médico de forma clara e compreensiva	X		X
Fornecer dados coletados da vítima ao hospital	X		
Identificação rápida dos recursos disponíveis		X	
Reportar mudança de estado das vítimas durante o processo de AMV	X	X	
Reportar estado de transferência ao Comando e Controle	X		
Alocação de recursos (pessoal, etiquetas, equipamentos, material de tratamento)		X	
Gestão de risco		X	X
Percepção situacional	X	X	X
Compreender caligrafia no modelo de etiquetas de triagem manualmente escritas	X		X

Embora, tenhamos utilizado o modelo 3C de colaboração para organizar os desafios do domínio quanto as dimensões de comunicação, coordenação e cooperação, as mesmas não são realizadas de maneira estanque e isolada.

Com a pesquisa exploratória realizada evidenciou-se que a falta de qualquer um dos aspectos relevantes para a análise da colaboração, entre as equipes de atendimento pré-hospitalar e o departamento de emergência hospitalar é altamente prejudicial na resposta eficiente à crise. Neste cenário complexo, as equipes enviadas para trabalhar no atendimento local, sofrem consequências da falta de organização e, na ânsia de ajudar as vítimas, as equipes acabam permanecendo mais tempo que o permitido em protocolos, ficando sob a influência de diversas intempéries.

Os trabalhos relacionados mostram uma variedade de tecnologias que se forem adotadas podem contribuir para o processo de atendimento pré-hospitalar em AMV.

Como trabalhos futuros, pretendemos desenvolver um sistema de informação para apoio à colaboração entre as equipes atuantes no atendimento pré-hospitalar em AMV. Com esse artefato tecnológico, espera-se melhorar a percepção situacional da equipe de coordenação médica e operacional de forma a poder ampliar a capacidade de tomada de decisão dos *stakeholders*.

## 7. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado parcialmente por recursos da FAPERJ e do CNPq. Bruno S. Nascimento recebe bolsa de doutorado da CAPES. Rodrigo Andrade recebe bolsa de mestrado da CAPES.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] N. Oster, R. Nierenberg, S. Menlove, K. Chason, J. Pruden, Reflections: September 11, 2001—what we learned, *Academic Emergency Medicine* 9 (3) (2002) 216.
- [2] Arigony, M. Meinerz, S. Vianna, M. Zanella, G. Sousa, L. Relatório Final. Inquerito Policial N. 94/2013/150501. 1. Delegacia de Polícia de Santa Maria – RS. 2013
- [3] Pimentel, M., Gerosa, M. A., Filippo, D., Raposo, A., Fuks, H., & Lucena, C. J. P. (2006). Modelo 3C de Colaboração para o desenvolvimento de Sistemas Colaborativos. *Anais do III Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, 58-67.
- [4] Ellis, C.A., Gibbs, S.J. & Rein, G.L. Groupware - Some Issues and Experiences. In: *Communications of the ACM*, v. 34, n. 1. 1991, p. 38-58.
- [5] Borghoff, U.M. & Schlichter, J.H. (2000) *Computer-Supported Cooperative Work: Introduction to Distributed Applications*. Springer, USA.
- [6] Sauter, C., Morger, O., M uhlherr, M., Thutchytson, A. & Teusel, S. (1995) *CSCW for Strategic Management in Swiss Enterprises: an Empirical Study*. Proceedings of the 4 th European Conference on Computer Supported Cooperative Work (ECSCW'95), Stockholm, Sweden, 117-132.
- [7] Pimentel, M., Fuks, H., & Lucena, C. J. (2008). Um processo de desenvolvimento de sistemas colaborativos baseado no Modelo 3C: RUP-3C-Groupware. *Anais do IV SBSI*. SBSI, 7.
- [8] Brna, P. (1998) “Modelos de colaboração”, *Revista Brasileira de Informática e Educação*, 3, pp. 1-15.
- [9] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada. *Regulação médica das urgências / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Especializada.* – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.
- [10] Sousa, RMC et al; *Atuação no trauma: Uma abordagem para a enfermagem* – São Paulo: Ed.Atheneu. 2009
- [11] Sharma BR. 2005. Triage in trauma-care system: a forensic view. *J Clin Forensic Med*.12 (2):64-73. Epub
- [12] Teixeira Júnior EV. Acidentes com múltiplas vítimas. In: Oliveira BFM, Parolin MKF, Teixeira Júnior EV. *Trauma: atendimento pré-hospitalar*. São Paulo: Atheneu; 2007. p. 497-506.
- [13] Cone DC, MacMillan DS. Mass-casualty triage systems: a hint of science. *Acad Emerg Med*. 2005;12(8):739-41.
- [14] Ribeiro C. Acidentes com Múltiplas Vítimas – Um Novo conceito para um velho problema. *Seção Desastres / Grupamento de Socorro de Emergência*. CBM-RJ. 2004.
- [15] MALVESTIO, Marisa Aparecida Amaro; SOUSA, Regina Marcia Cardoso de. Sobrevivência após acidentes de trânsito: impacto das variáveis clínicas e pré-hospitalares. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 42, n. 4, Aug. 2008
- [16] Simões RL, Duarte Neto C, Maciel GSB, Furtado TP, Paulo DNS. Atendimento pré-hospitalar à múltiplas vítimas com trauma simulado em Vitória-ES. *Rev Col Bras Cir*. 2012; 39(3). Disponível em URL: <http://www.scielo.br/rcbc>
- [17] C.D. Cramton, The mutual knowledge problem and its consequences for dispersed collaboration, *Organization Science* 12 (3) (2001) 346–371.
- [18] VS Inampudi. A real time web based electronic triage, resource allocation and hospital dispatch system for emergency. *Dissertação de mestrado*, University of Massachusetts Amherst. 2011.
- [19] Yen-Chieh Huang; Chih-Ping Chu. RFID Applications in Hospitals--A Case Study for Emergency Department. *Journal of Communication & Computer*; Jul2011, Vol. 8 Issue 7, p578.
- [20] Gosbee JW, Ritchie EM. Human-computer interaction and medical soft- ware development. *interactions* 1997;4:13-8.
- [21] Stahlhut RW, Gosbee JW. A human-centered approach to medical informatics for medical students, residents, and practicing clinicians. *Acad Med* 1997;72:881-7.
- [22] Ibarra, M.J.; Monares, A.; Ochoa, S.F.; Pino, J.A., "Visualization of relevant information on mobile devices for emergency situations," *Informatica (CLEI)*, 2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En , vol., no., pp.1,10, 1-5 Oct. 2012.

## Organização



## Patrocínio



## Promoção



ISSN 2318-4132



9 772318 413209 >