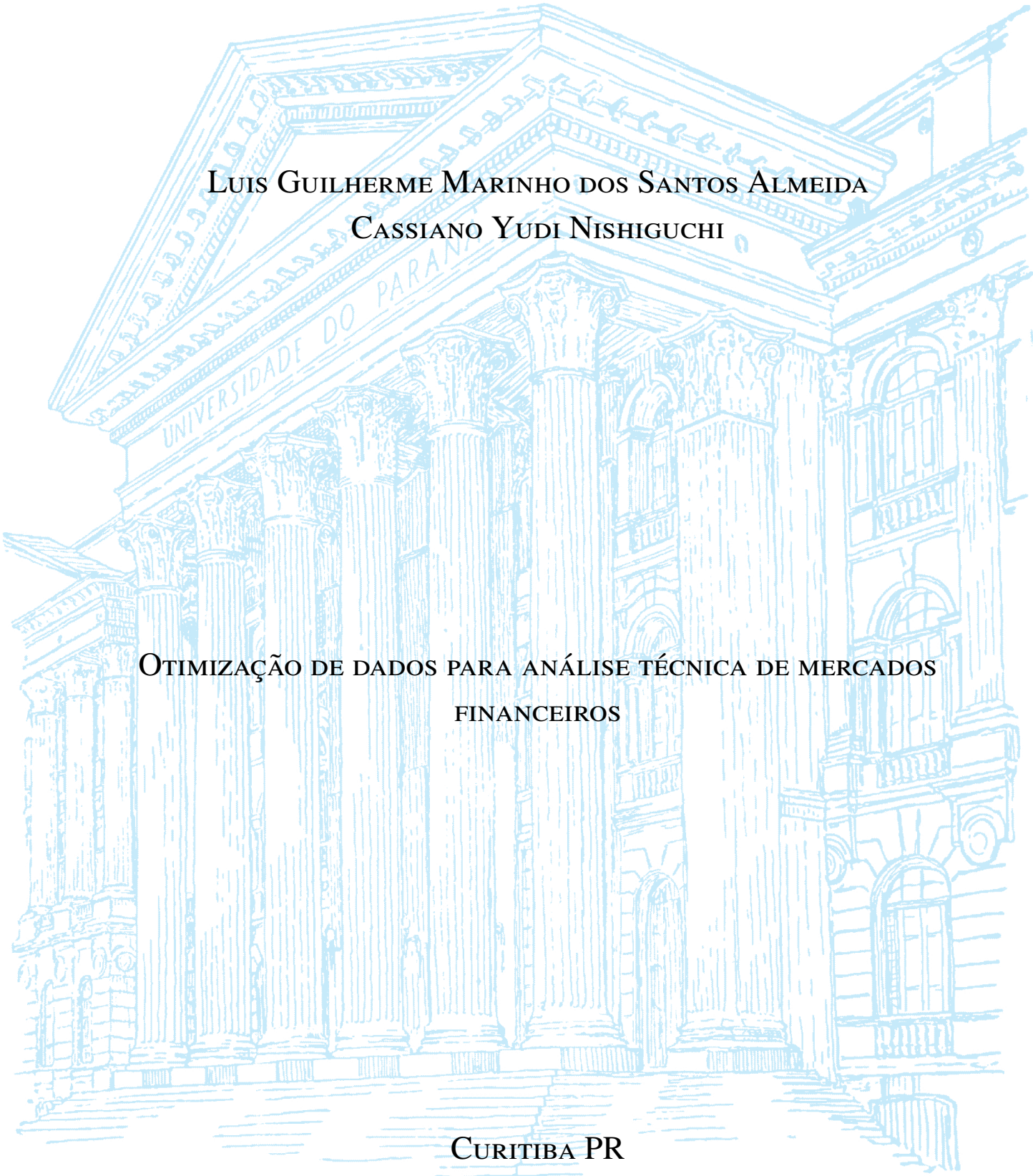
Universidade Federal do Paraná

Luis Guilherme Marinho dos Santos Almeida
Cassiano Yudi Nishiguchi



Otimização de dados para análise técnica de mercados financeiros

Curitiba PR
2018

Luis Guilherme Marinho dos Santos Almeida
Cassiano Yudi Nishiguchi

Otimização de dados para análise técnica de mercados financeiros

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Ciência da Computação*.

Orientador: André Vignatti.

Curitiba PR
2018

Resumo

Este trabalho se propõe a estudar técnicas já consolidadas de análise técnica de bolsas de valores e abordar os problemas nas previsões de tendências de queda e subida do valor de mercado de ações, causados principalmente por ruídos abruptos que não representam mudanças consistentes em seus preços. Para isso, foi escolhido o método de filtragem de sinal utilizando o algoritmo de *Fast Fourier Transform* para posteriormente utilizar as médias móveis para previsão de cotação de uma empresa.

Após o uso do método de filtragem dos sinais, os resultados obtidos foram majoritariamente positivos, em especial para investimentos considerados como de curto prazo. Embora a melhora dos ganhos financeiros simulados usando exclusivamente as técnicas estudadas não tenham tão expressivos, o índice de acerto da ferramenta teve um aumento significativo. Tendo em mente que o uso da ferramenta é de auxílio e suporte ao investidor, e que a decisão de compra e venda de papéis ainda cabe à percepção do acionista, foi avaliado que as melhorias propostas foram atingidas.

Palavras-chave: Bolsas de valores, Ações, *Fast Fourier Transform*, Médias móveis, Análise técnica.

Abstract

This work proposes to study solidified techniques from Technical Analysis of the stock market and to tackle the issues in predicting trends of rising and falling of stock prices, mainly caused by abrupt noises that don't represent consistent changes in their real values. For that, it was chosen to implement the method of filtering stock values with the use of Fast Fourier Transform and then evaluating its moving averages in order to predict a company's shares price.

After the use of the proposed methods to filter the signals, the obtained results were majorly positive, specially regarding those considered as short term investments. Although the improvements in financial gains using exclusively the studied techniques weren't as expressive, the tool's hit rate had a significant increase. Considering the tool's objective is that of support to the investor, and that the decision of buying or selling the stocks remains with the trader, it was evaluated that the proposed improvements were achieved.

Keywords: Stock market, Shares, Fast Fourier Transform, Moving averages, Technical Analysis.

Sumário

1 Introdução **7**
- 1.1 Motivação . . . 7
- 1.2 Desafio . . . 7
- 1.3 Contribuição . . . 7
- 1.4 Organização do documento . . . 8

2 Fundamentos **9**
- 2.1 Ações . . . 9
- 2.2 Valor de mercado . . . 9
- 2.3 Bolsa de valores . . . 9
- 2.4 Ganhos com ações . . . 10
- 2.5 Análise técnica . . . 11
- 2.6 Médias móveis . . . 11
- 2.7 *Fast Fourier transform* . . . 15

3 Proposta **18**
- 3.1 Objetivos . . . 18
- 3.2 Obtenção da base de dados . . . 18
- 3.3 Estudo das médias móveis . . . 19
- 3.4 Otimização das médias móveis através do FFT . . . 20

4 Resultados **22**
- 4.1 Métodos de avaliação . . . 22
- 4.2 Resultados obtidos . . . 22
- 4.3 Comparação . . . 23
- 4.4 Conclusões . . . 23

5 Considerações finais **25**

Referências Bibliográficas **26**

Lista de Figuras

2.1 Exemplo de média móvel simples 12
2.2 Exemplo de sinais de falsa tendência 12
2.3 Exemplo de MACD 13
2.4 Problema de médias móveis de longo período 14
2.5 Problema de médias móveis de curto período 15
2.6 Transformada de Fourier 16
2.7 Aplicação de filtro de passa-baixa 16

3.1 Exemplo de resultado das médias móveis 20
3.2 Aplicação do algoritmo FFT 21

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Existem diversas técnicas e ferramentas já consolidadas para auxiliar o acionista a ampliar seus ganhos (ou mitigar perdas). No entanto, algoritmos existentes atualmente apresentam problemas comuns entre si, cada qual com sua abordagem a essas dificuldades. Entre esses desafios, um dos mais frequentemente mencionados ao longo da literatura é o de lidar com pequenas ondulações imprevisíveis — ruídos — nos preços das ações. É necessário encontrar uma forma de diferenciar uma tendência de valorização ou desvalorização de um papel de um desses ruídos, sobre os quais não há expectativa de lucro.

1.2 Desafio

Buscar auxiliar a maximização dos ganhos de investidores das bolsas de valores de curto e médio prazo, oferecendo opções de ferramentas mais eficientes que as existentes atualmente. O desafio se encontra em otimizar métodos de análise do mercado de ações para mitigar erros gerados na identificação de tendências de valores nas cotações de empresas, assim reduzindo a imprevisibilidade característica do mercado da bolsa de valores e aperfeiçoando a tomada de decisões do acionista. Focando-se na análise técnica da bolsa de valores, com um cunho voltado à abordagem matemática, é necessário buscar métodos que encontrem um equilíbrio entre reduzir os ruídos de forma adequada e manter a validade das técnicas originais estudadas.

1.3 Contribuição

Aproveitando-se de outros campos de atuação que lidaram com problemas semelhantes, como o processamento de sinal analógico, ao longo do estudo foi demonstrada a validade do uso do algoritmo de *Fast Fourier Transform* para tratamento de sinais da bolsa de valores, eliminando ruídos que geram falsos sinais de tendências de valorização ou desvalorização nos mercados, mitigando possíveis perdas e otimizando oportunidades de lucro em operações de compra e venda de papéis. Nas avaliações finais, foi possível observar casos de melhoria onde a aplicação das técnicas de médias móveis diretamente nos dados originais resultaram num índice de acerto de 42,85%, enquanto que após a filtragem dos dados o índice subiu para 69,23%. Embora uma parcela de 14,8% dos novos resultados obtidos com dados filtrados tenha sido negativa, apenas 0,06% desses valores representavam o grupo considerado como curto prazo. Conclui-se,

portanto, que a combinação de aperfeiçoamento dos dados utilizando o algoritmo de *Fast Fourier Transform* e médias móveis se provou mais eficaz para investimentos de curto prazo.

1.4 Organização do documento

- Fundamentos: apresentação de conceitos essenciais para compreensão das seções seguintes
- Proposta: apresentação dos sub-objetivos; específicos necessários para alcançar a proposta do trabalho e metodologia utilizada para os atingir;
- Resultados: avaliação dos resultados obtidos a partir dos objetivos alcançados na seção anterior;
- Considerações finais: conclusões sobre os resultados e considerações para pesquisas futuras.

Capítulo 2

Fundamentos

Nesta seção serão apresentados fundamentos essenciais para a compreensão das seções seguintes.

2.1 Ações

> "As ações constituem-se em títulos representativos da menor fração do capital social de uma empresa (sociedade anônima, sociedade por ações ou companhia). O acionista não é um credor da companhia, mas um co-proprietário com direito a participação em seus resultados.
>
> As ações podem ser emitidas sob a forma física de cautelas ou certificados, que comprovam a existência e a posse de certa quantidade especificada de de ações, ou do tipo escritural, que dispensa sua emissão física, mantendo o controle das ações em contas de depósitos em nome de seus titulares em uma instituição depositária."(Pinheiro, 2016)

Também podem ser referenciadas como "papéis".
Aquele que detém ou negocia ações é chamado de acionista.

2.2 Valor de mercado

Também conhecido como cotação, o valor de mercado de uma ação é o valor que os compradores estão dispostos a pagar e pelo qual os vendedores da mesma ação estão dispostos a vendê-la.

Segundo (Pinheiro, 2016), o valor de mercado de uma ação não necessariamente coincide com seu valor nominal (estabelecido nos estadutos da empresa emissora) ou de liquidação (valor a ser liquidado no caso de encerramento das atividades da empresa emissora), sendo definido a partir da percepção por parte de acionistas referente ao desempenho da companhia, de seu posicionamento atual no mercado e do contexto geral da economia.

2.3 Bolsa de valores

As bolsas de valores são instituições de caráter econômico que têm como objeto a negociação pública mercantil de títulos e valores mobiliários, ou seja, é um local onde se

compram e vendem ações, como afirma (Neto, 2003). Nelas, ocorre a canalização da oferta e demanda dos investidores e a publicação oficial dos preços ou cotações resultantes das operações realizadas.

Conforme (Pinheiro, 2016), os participantes desse espaço possem classificados de acordo com sua postura sobre as operações que realiza e seus objetivos dentro do mercado. Os três modelos de atuação são como seguem:

- Especuladores: agentes que aproveitam a volatilidade do mercado para obter ganhos financeiros a curto prazo. São apostadores que, em função da volatilidade do mercado, buscam oportunidades de ganho na compra e venda de ações, sem preocuoar-se com a empresa de quem está comprando;
- Investidores: participantes que utilizam bolsas de valores como forma de obter rendimentos financeiros a longo prazo;
- Gestores financeiros: pessoas que necessitam desses mercados para realizar a gestão de empresas, ou seja, para captar recursos a baixo custo e investir recursos sem risco, com prazos adequados

2.4 Ganhos com ações

Segundo (Neto, 2003), as ações são uma fonte de renda variável, em que seus resultados (de lucro ou de prejuízo) dependem do comportamento de seu valor de mercado. Aos acionistas, existem duas formas essenciais de rendimento a partir de uma ação: dividendos e valorização de seu valor de mercado.

Os dividendos representam a distribuição dos lucros da empresa aos seus acionistas. A forma como serão distribuídos é determinada pela companhia emissora.

A valorização ou desvalorização de uma ação são os resultados diretos do desempenho da empresa emissora e seu posicionamento no mercado em determinado momento. O acionista especula o comportamento dos valores das ações no futuro e toma decisões de compra e venda baseado nessa previsão. Se existe a expectativa de crescimento do valor de uma ação, é adequado a compra dos papéis dessa empresa. Caso esteja correto, ele poderá recolher seus ganhos através da venda dessas ações a um valor de mercado acima do que foi investido (ganhos de capitais). Analogamente, decisões de venda em projeções de baixa podem otimizar ganhos ou diminuir perdas.

Ainda dentro do estudo dos ganhos através de investimentos na bolsa de valores, é discutida a definição de ruídos. O conceito está presente em outras áreas de estudo tais quais telecomunicações, engenharia acústica, estatística, engenharia eletrônica, entre outros. É um sinal de ocorrência e amplitude realisticamente aleatórios e, portanto, imprevisíveis. Quando referente ao estudo da bolsa de valores, sua duração irá variar de acordo com o tipo de investimento sendo discutido. Por exemplo, para o investidor de longo prazo, que está interessado em avaliar ganhos ao longo de meses ou anos, variações de preço ao longo de um dia podem ser considerados ruídos. Por outro lado, ao corretor de ações, que tem como profissão o ganho com compra e venda de papéis, interessam variações de minuto a minuto, tendo uma percepção mais restrita do que seria um ruído.

2.5 Análise técnica

De acordo com (Tavares, 1988), o investimento em ações como fonte de renda variável envolve riscos referentes às oscilações de mercado. O principal aspecto para obter sucesso e compensação pelos riscos assumidos é escolher os momentos oportunos para compra e venda de ações. Ou seja, prever o comportamento do valor de uma ação para determinar os momentos adequados de compra e venda a fim de minimizar os riscos e maximizar os ganhos. Um dos métodos para realizar esse processo é a análise técnica.

A análise técnica consiste na utilização de métodos não paramétricos de previsão de preços de ativos negociados em mercado. No caso específico desse trabalho, esse mercado consiste em bolsas de valores.

Para o analista técnico, o preço futuro de um ativo é função de seus preços passados. Isso equivale a dizer que preços em mercado não se ajustam, instantaneamente, às informações que lhes dizem respeito. Ou seja, os preços de ativos transacionados em mercado têm tendência, que pode ser analisada e prevista até certo ponto.

Para tal análise, ao contrário do que é realizado na análise fundamentalista, são desconsideradas informações referentes ao desempenho da empresa cujas ações estão sendo avaliadas, tais quais lucros, participação de mercado, grau de endividamento ou liquidez da empresa e outras informações referentes ao mercado.

De acordo com a abordagem técnica, isso é possível porque o impacto desses fatores já está embutido nos preços das ações, portanto o estudo realizado é sobre como esses valores oscilam, independente dos motivos para essa movimentação.

Embora essas técnicas auxiliem na obtenção de lucros a partir da venda e compra de papéis, ainda cabe ao acionista fazer uma interpretação crítica dos resultados apresentados e tomar responsabilidade ao tomar decisões de operações sobre a ação sendo estudada.

2.6 Médias móveis

Em conformidade com (Correia, 2008), as médias móveis são utilizadas dentro da metodologia de análise técnica para eliminar oscilações irregulares dos preços de uma determinada ação e identificar tendências e suas reversões de direção (queda ou subida do valor da ação). Graças à sua simplicidade de construção e de interpretação, a média móvel de preço de ações é um dos indicadores de tendência mais utilizado pelos adeptos da análise técnica.

Para a construção da média móvel, determina-se uma quantidade de dias e, para cada dia, calcula-se a média dos preços de fechamento dos dias anteriores determinados. Essa média é chamada de média móvel pois a cada novo dia de negociação, subtrai-se da média o valor do primeiro dia do período e soma-se o do novo dia.

As médias móveis simples são calculadas da seguinte forma: Seja T o período escolhido para o cálculo da média móvel da série e V_n o valor da ação no dia n, o valor da média móvel M_n para o dia n é dado pela fórmula 2.1

$$M_n = (\sum_{k=0}^{T-1} V_{n-k})/T \tag{2.1}$$

Dessa forma, os valores de médias móveis só podem ser calculados a partir do T-ésimo dia.

A figura figura 2.1 exemplifica a média móvel de 15 dias para a empresa *Alphabet Inc.*. Na figura, a média móvel foi traçada na linha azul, a partir do valor de fechamento diário da ação.

Figura 2.1: Exemplo de média móvel simples

Além das médias móveis simples, que utilizam uma simples média aritmética dos preços, existem outros tipos, que atribuem pesos para os preços de cada período. A principal alternativa é a média móvel exponencial, que atribui um peso que cresce exponencialmente do preço mais antigo ao mais recente. Dessa forma, os valores mais atuais terão maior relevância na hora de determinar a tendência atual do mercado.

O método primário para prever o comportamento do valor de uma ação a partir das médias móveis é o cruzamento entre as curva de médias e de seu preço de mercado. Comparando as duas curvas, observamos uma tendência de alta quando o preço está acima da média móvel; quando o preço está abaixo da média móvel, observamos uma tendência de baixa. Utilizando essa técnica, o momento para posicionamento de compra ou venda é no cruzamento das duas curvas: posicionamento de compra das ações quando o preço cruzar a média de baixo para cima, e venda quando o preço cruzar a média de cima para baixo.

Além do cruzamento das curvas, o método pode indicar um sinal de queda ou subida do preço a partir da convergência e divergência das mesmas.

No entanto, a alta volatilidade do preço de mercado causa vários cruzamentos que indicam uma falsa tendência de alta ou baixa. Isso ocorre principalmente quando a média móvel apresenta um comportamento horizontal, em que o mercado não está em uma tendência definida, e qualquer variação momentânea pode causar uma falsa impressão de mudança. Esse problema é demonstrado na figura 2.2, onde os dois pontos indicados mostram sinais de falsa tendência, uma vez que nestes pontos ocorrem multiplos cruzamentos entre as médias traçadas em azul e roxo.

Figura 2.2: Exemplo de sinais de falsa tendência

Para mitigar esse problema, um segundo método é proposto. São utilizadas duas médias móveis de períodos diferentes, ignorando a curva de preço original. Similar ao método anterior, a média móvel de período mais curto será uma representação mais estável da curva de preços. Dessa forma, as oscilações que originalmente causavam falsos sinais de tendência serão reduzidas na curva resultante, mitigando também os falsos positivos de subida e descida.

Essa técnica é conhecida como MACD (*Moving Average Convergence/Divergence*) e está exemplificada na imagem 2.3, onde a primeira seta mostra o momento sugerido para compra, e a segunda indica o sinal de venda.

Figura 2.3: Exemplo de MACD

Os períodos que serão utilizados pelo analista técnico dependem dos objetivos do especulador. Para investimentos de curto prazo, períodos reduzidos (5 dias e 20 dias, por exemplo) são mais adequados, enquanto que investimentos de longo prazo exigem períodos maiores (20 dias e 60 dias, por exemplo). Tendo em mente que as bolsas de valores atuam durante 5 dias da semana, esses períodos representam uma, duas, quatro e doze semanas de operação nas bolsas de valores, respectivamente.

Embora o problema dos ruídos seja mitigado, surge uma nova complicação. Como o valor que supostamente representa o valor de curto prazo da ação está sendo calculado através de uma média dos últimos dias, existe um atraso de alguns dias até que uma variação seja observada. Quanto maior o valor da média móvel mais curta, maior será o atraso na propagação da tendência real do mercado. Esse atraso pode reduzir ganhos ou acrescer prejuízos. Esse fenômeno é observável na figura 2.4, em que há uma discrepância entre o momento em que a ação começa a desvalorizar, e o momento em que a técnica MACD indica o momento de venda.

Figura 2.4: Problema de médias móveis de longo período

É possível tentar diminuir o período da média móvel curta, a fim de observar uma resposta mais ágil ao valor real da ação, mas dessa forma retorna-se ao problema de sinais de falsa tendência, como demonstrado na figura 2.5, onde novamente os sinais de exclamação apontam momentos em que há indicação de tendências não concretizadas.

Figura 2.5: Problema de médias móveis de curto período

2.7 *Fast Fourier transform*

Um algoritmo de *Fast Fourier transform* (FFT) aplica a função de Transformada Discreta de Fourier (DTF) em uma sequência de dados numéricos, ou seu inverso, *Inverse Fast Fourier transform* (IFFT).

Ele foi apresentado pela primeira vez em 1965 por J.W Tookey.

O FFT é usado para converter uma sequência de dados de amplitude em função de tempo em uma sequência de dados de amplitudes em função de frequências, como demonstrado na figura 2.6, com o sinal original à esquerda, e o resultado da DTF à direita.

Ao longo desse trabalho, o a aplicação do FFT será focada no uso de filtro de passa-baixa, em que um determinado sinal é filtrado para que somente sejam avaliados sinais de baixa frequência.

Para tal, o resultado da transformada de Fourier descrito anteriormente será utilizado para verificar os valores de amplitude com mais maiores frequências nos dados originais. Esses valores podem representar ruídos, que possivelmente afetarão de forma negativa a interpretação do sinal avaliado. Ao eliminar essas ocorrências de maior frequência, podemos aplicar o processo de IFFT para conseguir novamente uma sequência de valores de amplitude em função do tempo. Essa será uma versão semelhante à entrada inicial, mas serão mantidas apenas as oscilações de maior relevância à análise dos dados. Será necessário estipular quanto desses valores serão considerados ruídos (e portanto ignorados), e esse valor deverá ser ajustado para adequar-se ao objetivo final da avaliação sendo realizada. Esse método é exemplificado na figura 2.7, onde são demonstrados dados originais e filtrados, utilizando passa-baixa, de um sismografo, respectivamente.

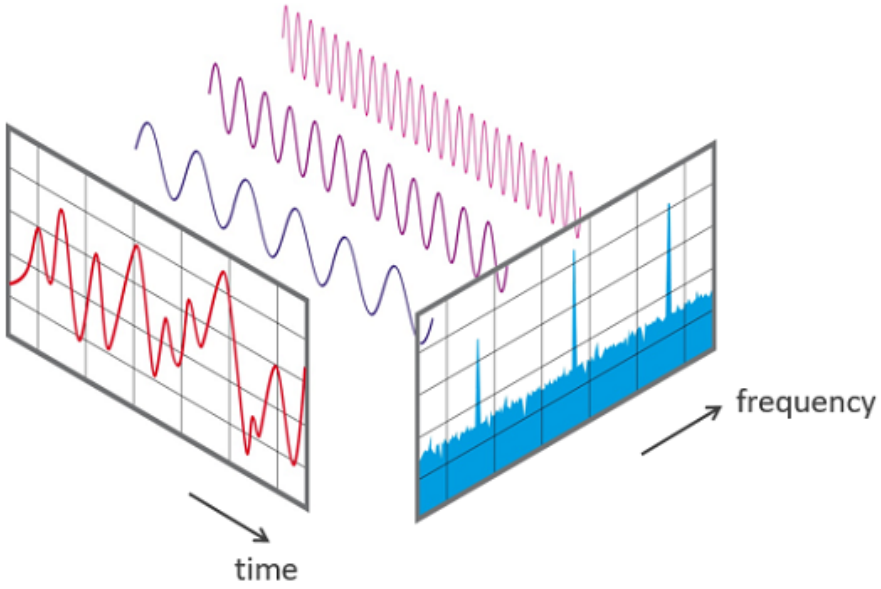


Figura 2.6: Transformada de Fourier

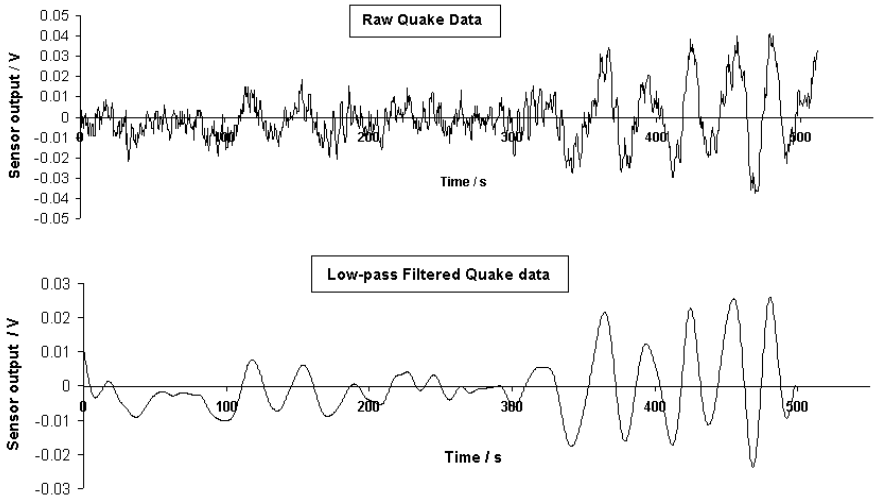


Figura 2.7: Aplicação de filtro de passa-baixa

A implementação mais popular do método FFT é o algoritmo de Cooley—Tukey, discutido em (Swarztrauber, 1984).

Algoritmo 1 CooleyTukeyFFT(a):

1: $n \leftarrow length(a)$
2: **if** $n = 1$ **then**
3: **return** a
4: **end if**
5: $\omega_n \leftarrow e^{\frac{2\pi i}{n}}$
6: $\omega \leftarrow 1$
7: $a^{[0]} \leftarrow (a_0, a_2, ..., a_{\text{n-2}})$
8: $a^{[1]} \leftarrow (a_1, a_3, ..., a_{\text{n-1}})$
9: $y^{[0]} \leftarrow CooleyTukeyFFT(a^{[0]})$
10: $y^{[1]} \leftarrow CooleyTukeyFFT(a^{[1]})$
11: **for** $k \leftarrow 0$ to $(\frac{n}{2} - 1)$ **do**
12: $y_{\text{k}} \leftarrow {y_{\text{k}}}^{[0]} + \omega {y_{\text{k}}}^{[1]}$
13: $y_{\text{k+n/2}} \leftarrow {y_{\text{k}}}^{[0]} - \omega {y_{\text{k}}}^{[1]}$
14: $\omega \leftarrow \omega\omega_{\text{n}}$
15: **end for**

Como pode ser observado nas chamadas recursivas nas linhas 9 e 10 do código acima, algoritmo de FFT utiliza abordagem de divisão-e-conquista. Sendo n o tamanho da entrada, podemos calcular a complexidade C(n) do algoritmo FFT recursivo:

$$C(n) = C(n/2) + C(n/2) + n \tag{2.2}$$

Resolvendo a relação de recorrência em C(n), conclui-se que a complexidade do algoritmo é $O(n \log n)$.

Capítulo 3

Proposta

Nesta seção serão apresentados o objetivo proposto desse trabalho e a metodologia utilizada para alcançá-lo.

3.1 Objetivos

O objetivo desse trabalho é aperfeiçoar técnicas já consolidadas de análise técnica do mercado de ações para otimizar a tomada de decisões de operações na bolsa de valores e aumentar o lucro do especulador de curto médio prazo.

Para tal, foram estipulados os seguintes objetivos específicos:

- Obtenção da base de dados
- Estudo das médias móveis
- Otimização de médias móveis através do FFT

3.2 Obtenção da base de dados

O objetivo desse trabalho é otimizar os ganhos com ações de participantes da bolsa que atuam principalmente dentro das características de especuladores, com ganhos principalmente de curto e médio prazo, no entanto sem haver necessidade de atuação imediata (tomada de decisão em questão de segundos) para operação efetiva na bolsa, como especuladores que atuam profissionalmente na atividade.

Portanto, para que os resultados dessa pesquisa sejam válidos, o valor de mercado das ações estudadas a ser considerado será o de fechamento diário, significando o último valor válido no momento em que a bolsa onde aquele papel está sendo operado encerra suas atividades de compras e vendas pelo dia. Além disso, a base de dados deve seguir outro conjunto de características para garantir a validade desse estudo. São elas:

- Dados reais, para que os resultados reflitam seu uso por acionistas reais;
- Diversificada, para explorar diversos cenários possíveis dentro da atuação na bolsa de valores
- Volumosa, para que a consistência dos resultados seja garantida.

Para alcançar tais características, foi encontrada a base de dados extraída do *Yahoo! Finance*, propriedade pertencente ao grupo Oath, divisão de mídia da empresa Verizon. A mídia é focada em notícias e dados relacionados à bolsa de valores. Outra fonte explorada foi o *Google Finance*, de uso mais difundido. Em ambas as opções, os três requisitos estabelecidos poderiam ser alcançados, no entanto a facilidade de extração e classificação dos dados do *Yahoo! Finance* foi o fator decisivo nessa escolha.

Uma vez definido uma fonte de dados reais, foi estabelecido que seriam utilizadas as empresas mais ativas no momento da pesquisa, significando aquelas cujas ações estariam em um maior volume de operações durante o período estudado. Isso se deve ao fato de que esse é um conjunto estável de empresas que estão constantemente no domínio de seus respectivos mercados e que raramente estarão fora do escopo de atuação de acionistas de médio e longo prazo. Além disso, esse portfólio apresenta uma alta diversidade de mercados, onde estão contidas organizações de tecnologia (Apple Inc., Facebook Inc., etc.), automóveis (General Electric Company, Tesla Inc., etc.), finanças, alimentos, energia, entre outros.

Foram utilizados os dados dos três últimos anos disponíveis de cada companhia no momento da pesquisa, para garantir um volume de histórico considerado válido para o tipo de investimento sendo estudado.

3.3 Estudo das médias móveis

Uma vez definido o objetivo de otimizar técnicas já popularizadas para atuação nas bolsas de valores, foi necessário estabelecer quais essas seriam.

Em primeiro lugar, existe uma alta complexidade de avaliar todos os fatores que afetam o as dinâmicas das bolsas de valores. Por esse motivo, foi definido o uso da análise técnica, uma vez que essa abordagem se limita à avaliação de tendências matemáticas presentes no próprio histórico do valor de mercado de uma ação. Embora seja considerado que o mais adequado seja utilizar a análise técnica em conjunto da análise fundamentalista para uma previsão mais adequada, uma melhoria dos resultados dessa abordagem resultará na otimização da avaliação mais completa.

Em seguida, foi estabelecido o método de MACD dentro da análise técnica. Além de ser a técnica mais utilizada pelos adeptos deste segmento, o uso de médias móveis tem uma simples interpretação para os acionistas, e é frequentemente a primeira de diversas ferramentas no processo de tomada de decisões para operação na bolsa de valores, devido à sua robustez para uso em diversos mercados.

Outro fator decisivo para a decisão de estudo do MACD foi o fato de que os problemas gerados pelo seu uso são conhecidos, portanto mais acessíveis numa tentativa de otimização do processo.

Pela facilidade de implementação devido a bibliotecas já existentes, foi implementada uma aplicação em PHP para essa pesquisa. Foi desenvolvido então um software que efetuava a avaliação MACD de um conjunto de dados reais de uma empresa qualquer. Como entrada o algoritmo recebe o histórico obtido na atividade anterior de uma determinada empresa, o período da média móvel curta (de período menor) e a longa (de período maior), e retorna como resultado sinais de fortalecimento ou enfraquecimento do valor daquela ação ao longo de todo o período avaliado, indicativos para momentos de compra ou venda, além de uma representação gráfica dos resultados obtidos. Para uma aplicação por um acionista real, basta que o mesmo mantenha-se atualizado na última tendência indicada pelo algoritmo. Na figura 3.1 está a representação gráfica de um trecho de 11 dias para um dos resultados obtidos.

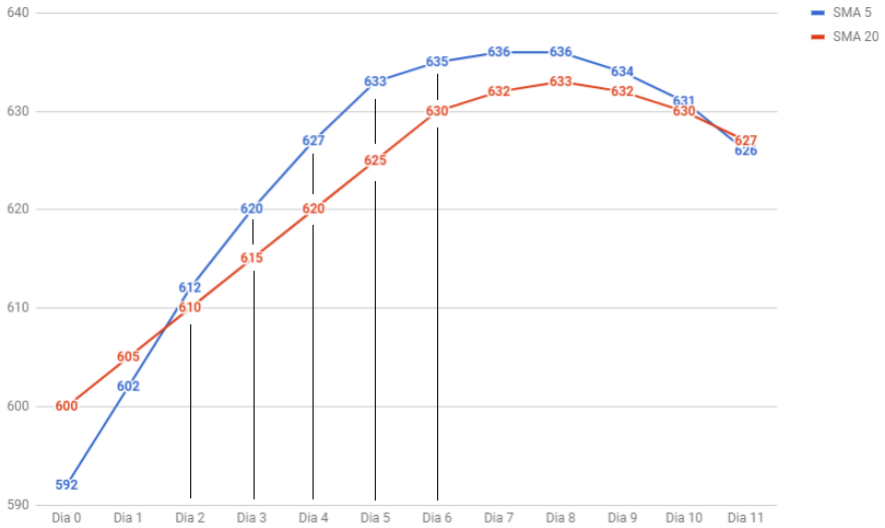


Figura 3.1: Exemplo de resultado das médias móveis

Dia 1: Valor da média de menor período é menor que a de maior período;

Dia 2: Valor da média de menor período ultrapassa a de maior período, indicando fortalecimento do valor de mercado da ação, neste momento o software cria uma predição de fortalecimento;

Dia 3: A distância entre as médias sobe para 5 (620 - 615), logo a previsão se mantém;

Dia 6: A distância entre as médias reduz de 8 para 5, indicando um sinal de desvalorização do valor de mercado, neste momento o software sugere a venda.

3.4 Otimização das médias móveis através do FFT

Uma vez definido estabelecido o método de MACD como objeto de estudo, foram estudados pontos de possíveis melhorias na tecnologia. De acordo com (Correia, 2008), existem duas principais falhas na técnica.

A primeira é a ocorrência de falsos sinais de fortalecimento e enfraquecimento do valor de mercado de uma ação. Esse problema é causado majoritariamente em investimentos de curto prazo, nos quais são utilizados períodos de médias móveis reduzidas (5 dias para média curta, por exemplo). Em períodos de estabilidade nos preços, as duas curvas de médias permanecem próximas uma da outra, portanto pequenas alterações no valor original da ação gera um acentuamento da média curta, cruzando com a média longa, e causando sinais de compra ou venda que não necessariamente refletem a verdadeira tendência de sua cotação.

Uma forma de reduzir os falsos positivos é o uso de médias mais longas, evitando que uma variação curta tenha significativa influência na curva resultante. No entanto, isso pode levar ao segundo ponto negativo, que é o atraso de resposta a mudanças reais de tendência no mercado, reduzindo o potencial de lucros ou ampliação de perdas. Uma vez que o valor resultante de média móvel para cada dia é baseado nos períodos anteriores, quanto maior o período, menor será o peso do valor mais recente. Portanto, uma mudança na tendência dos preços tende a demorar um período maior para ser percebida no valor da média móvel curta, num cenário em que a capacidade de resposta ágil pode gerar grande impacto financeiro ao acionista.

Foi pesquisada então uma solução capaz de diminuir a ocorrência de falsos sinais de mudança de tendência sem aumentar o atraso no tempo de resposta da aplicação. Para isso foi

utilizada a ideia de filtros no domínio de frequência de sinais analógicos. Mais especificamente, filtros de Passa-Baixa, cujo objetivo consiste em atenuar sinais de alta frequência, como os ruídos e transições abruptas característicos dos falsos sinais que devem ser eliminados dos dados originais. A técnica escolhida para aplicar esse filtro foi o FFT, devido à eficiência do algoritmo, o que possibilitaria o processamento de um alto número de dados, num cenário de aplicação real.

Após aplicar a transformada de Fourier nos dados originais, as frequências mais altas são eliminadas, e então é utilizada a IFFT para obter uma versão dos dados originais com uma redução de ruídos. A esse novo vetor de valores, são aplicadas as técnicas já discutidas de MACD, agora possivelmente reduzindo a ocorrência de erros nas previsões resultantes. Na figura 3.2 está o resultado da aplicação do algoritmo FFT em dados reais.

Figura 3.2: Aplicação do algoritmo FFT

Uma vez implementada a nova alteração, passou-se para a etapa de verificação e validação dos resultados.

Capítulo 4

Resultados

Nesta seção serão apresentados e avaliados os resultados obtidos a partir dos estudos realizados na seção anterior.

4.1 Métodos de avaliação

Para avaliação dos resultados obtidos serão utilizados os seguintes métodos:

- Índice de acerto: Se o valor de mercado da ação no momento em que o software indica a venda é maior que aquele no momento em que indicou a compra, então houve acerto, caso contrário houve erro. A lógica análoga é utilizada para acertos em indicativos de compra. O índice será calculado pela total de acertos/total de recomendações do algoritmo;
- Pontuação: Rendimentos obtidos ao final do período avaliado referente ao montante inicial investido. Por exemplo, uma pontuação de 110% representa um lucro de 10% do investimento inicial.

4.2 Resultados obtidos

Para avaliar o método proposto, foram utilizados dados das 146 empresas mais ativas no período da pesquisa, no período do primeiro semestre de 2018.

Além disso, para cada empresa foram calculados resultados para diferentes valores de períodos de médias móveis, variando entre 5 e 20 dias para médias curtas e longas respectivamente, 15 e 35, 20 e 60, e 50 e 200, a fim de cobrir uma maior variedade de cenários realistas.

Na tabela 4.1, um exemplo do conjunto de resultados obtidos a partir dos dados originais da empresa *Facebook, Inc.*. É possível notar que nas duas linhas iniciais, o índice de acerto é mais baixo, e aumenta a medida em que médias de maior prazo são utilizadas.

Tabela 4.1: Resultados - Exemplo dados originais

	Período Curto-Longo	Índice de acerto (%)	Pontuação (%)
`Facebook, Inc.`	5-20	42,85	100,3
`Facebook, Inc.`	15-35	57,14	101,3
`Facebook, Inc.`	20-60	100	104,3
`Facebook, Inc.`	50-200	100	106,9

Em seguida, foram os filtros de Passa-Baixa utilizando FFT para eliminar 10% das frequências mais altas, a fim de eliminar ruídos, e foram novamente calculados os resultados, agora a partir dos dados filtrados. Na tabela 4.2, os novos resultados para a mesma empresa da tabela 4.1, incluindo variações em pontos percentuais no índice de acerto (VIR) e no valor absoluto da pontuação (VP), referentes aos dados originais, onde novamente, cada linha representa uma aplicação de médias móveis com períodos distintos.

Tabela 4.2: Resultados - Exemplo dados filtrados

Período Curto-Longo	Índice de acerto (%)	Pontuação (%)	VIR	VP
5-20	69,23	103,7	0,615	0,034
15-35	83,33	103,0	0,458	0,017
20-60	100	103,4	0	-0,008
50-200	100	112,8	0	0,055

4.3 Comparação

A partir dos resultados para todos os dados avaliados, antes e depois da filtragem Passa-Baixa FFT, é possível fazer uma comparação dos métodos, demonstrada na tabela 4.3. Nas linhas 1 e 2 são apresentados os resultados de índice de acerto e pontuação referentes à aplicação de médias móveis utilizando dados originais e dados filtrados, respectivamente. É possível observar melhorias de 45,4% de acertos e 104,9% em pontuação para 59,1% e 128,1%, em média. Essas melhorias são expressadas em pontos percentuais na terceira linha, e suas variâncias na quarta linha.

Tabela 4.3: Resultados comparativos

	Índice de acerto	Pontuação
Dados originais (média)	45,4%	104,9%
Dados filtrados (média)	59,1%	128,1%
Melhoria (média)	13,7pp	23,2pp
Variância	3,0pp	16,0pp

No entanto, ao avaliar somente as médias móveis de curto prazo, de 5 e 20 dias, obtemos resultados diferentes. Na tabela 4.4, observamos, na primeira linha, que os resultados avaliando os resultados obtidos com dados originais foram de apenas 41%. Isso se deve ao fato de que as avaliações mais afetadas por ruídos são as de curto prazo. Na segunda linha, são demonstrados os resultados após o uso de filtro de passa-baixa para as médias de 5-20 dias. Foi possível observar uma melhoria expressiva, tanto em índice de acerto quanto em pontuação, apontados na linha 3. Na linha 4, os dados de variância referentes aos dados da linha 3.

4.4 Conclusões

A partir dos resultados obtidos nas tabelas 4.3 e 4.4, é possível concluir que os resultados foram positivos sobre a hipótese de que a filtragem de dados utilizando a transformada de Fourier otimizariam o resultado. Especificamente, os resultados de curto prazo apresentaram uma melhoria de um índice de acerto de 41,0% para 68,5%.

Tabela 4.4: Resultados comparativos - Curto prazo

	Índice de acerto	Pontuação
Dados originais (média)	41,0%	106,0%
Dados filtrados (média)	68,5%	164,0%
Melhoria (média)	27,5pp	58,9pp
Variância	1,0pp	31,0pp

Apesar das médias positivas, 14,8% das avaliações obteve um resultado negativo referente aos dados originais. No entanto, novamente, desses 14,8% de resultados negativos, apenas 0,06% pertenciam ao grupo de investimentos de curto prazo, de médias de 5 e 20 dias.

Capítulo 5

Considerações finais

É importante ressaltar o fato de que os métodos da análise ténica devem ser utilizados apenas como uma ferramenta auxiliar na tomada de decisões do acionista, e não como a única fonte de informações para o processo de especulação, cuja responsabilidade é saber interpretar as tendências apontadas e decidir qual é o momento mais prudente para operar na bolsa de valores.

Uma vez reforçada essa compreensão, a partir dos resultados obtidos na seção 4 é concluído que a pesquisa foi bem sucedida no objetivo proposto inicialmente na seção 3.

O volume e diversidade dos dados utilizados validou os resultados positivos obtidos a partir da comparação entre os dados originais e os dados filtrados utilizando o método FFT, cujo foco era a otimização de investimentos de curto e médio prazo, para os quais o método se mostrou mais eficiente.

Uma possibilidade de trabalho futuro para dar continuidade a essa pesquisa seria a aplicação do FFT para outros indicadores da análise técnica, além de meios de automatizar a abordagem fundamentalista, a fim de tornar mais objetivo o processo de tomada de decisão do acionista.

Referências Bibliográficas

Correia, J. S. (2008). *Operando na Bolsa de Valores utilizando análise técnica*. Novatec Editora.

Neto, A. A. (2003). *Mercado Financeiro*. Editora Atlas S.A.

Pinheiro, J. L. (2016). *Mercado de Capitais*. Grupo Editorial Nacional Atlas.

Swarztrauber, P. N. (1984). Fft algorithms for vector computers. *Parallel Computing*, 1(1):45–63.

Tavares, M. D. F. (1988). *Análise técnica Aplicada aos Mercados Futuros*. Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais.