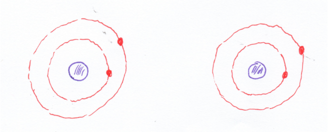
Computação Quântica
Aula 04

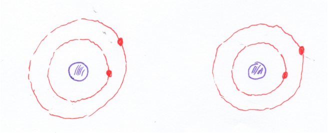
Murilo V. G. da Silva

DINF/UFPR

2 qubits e emaranhamento

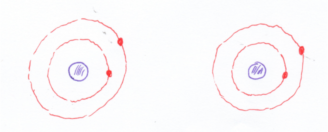


Em quantos estados este sistema pode estar?



Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

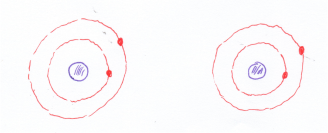
2 qubits



Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

2 qubits

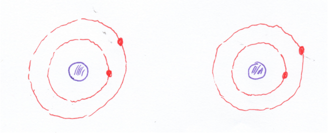


Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

2 qubits



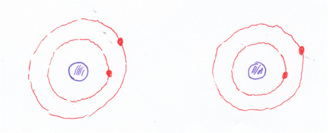
Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00} |00\rangle + \alpha_{01} |01\rangle + \alpha_{10} |10\rangle + \alpha_{11} |11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir o sistema:

2 qubits



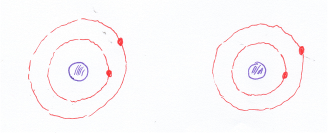
Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir o sistema:

- Qual é a probabilidade de se obter 00?



Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

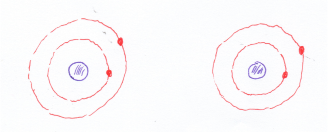
$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir o sistema:

- Qual é a probabilidade de se obter 00? $Pr[00] = |\alpha_{00}|^2$

2 qubits



Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

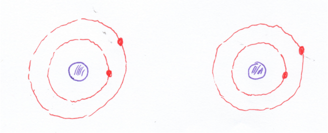
$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir o sistema:

- Qual é a probabilidade de se obter 00? $Pr[00] = |\alpha_{00}|^2$
- Após a medida, qual o novo estado?

2 qubits



Em quantos estados este sistema pode estar? Em 4 estados.

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}\,|00\rangle + \alpha_{01}\,|01\rangle + \alpha_{10}\,|10\rangle + \alpha_{11}\,|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir o sistema:

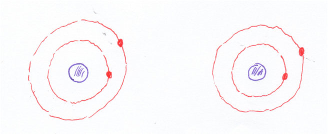
- Qual é a probabilidade de se obter 00? $Pr[00] = |\alpha_{00}|^2$
- Após a medida, qual o novo estado? $|\Psi'\rangle = |00\rangle$

2 qubits

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}\,|00\rangle + \alpha_{01}\,|01\rangle + \alpha_{10}\,|10\rangle + \alpha_{11}\,|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

2 qubits



$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

2 qubits

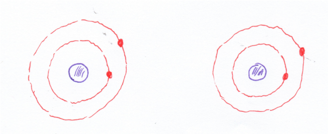
$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

- Qual é a probabilidade de se obter 0?

2 qubits



$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}\,|00\rangle + \alpha_{01}\,|01\rangle + \alpha_{10}\,|10\rangle + \alpha_{11}\,|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

- Qual é a probabilidade de se obter 0? $P[0] = |\alpha_{00}|^2 + |\alpha_{01}|^2$

2 qubits

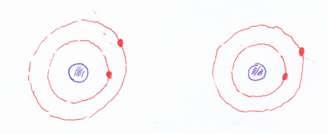
$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}\,|00\rangle + \alpha_{01}\,|01\rangle + \alpha_{10}\,|10\rangle + \alpha_{11}\,|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

- Qual é a probabilidade de se obter 0? $P[0] = |\alpha_{00}|^2 + |\alpha_{01}|^2$
- Após a medida, qual o novo estado?

2 qubits



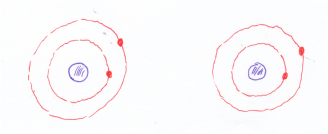
$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

$$\alpha_x \in \mathbb{C}, \quad \sum |\alpha_x|^2 = 1$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

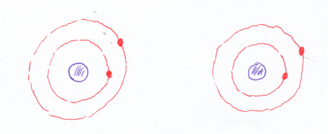
- Qual é a probabilidade de se obter 0? $P[0] = |\alpha_{00}|^2 + |\alpha_{01}|^2$
- Após a medida, qual o novo estado? $|\Psi'\rangle = \frac{\alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle}{\sqrt{|\alpha_{00}|^2 + |\alpha_{01}|^2}}$

2 qubits



Digamos que o sistema esteja no estado:

$$|\Psi\rangle = \left(\frac{1}{2} + \frac{i}{2}\right)|00\rangle + \frac{1}{2}|01\rangle + \frac{i}{2}|11\rangle$$

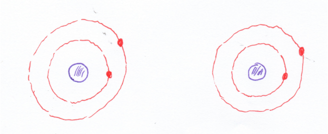


Digamos que o sistema esteja no estado:

$$|\Psi\rangle = (\tfrac{1}{2} + \tfrac{i}{2})\,|00\rangle + \tfrac{1}{2}\,|01\rangle + \tfrac{i}{2}\,|11\rangle$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

2 qubits



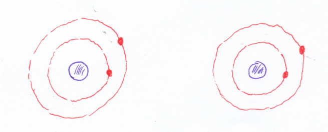
Digamos que o sistema esteja no estado:

$$|\Psi\rangle = (\tfrac{1}{2} + \tfrac{i}{2})\,|00\rangle + \tfrac{1}{2}\,|01\rangle + \tfrac{i}{2}\,|11\rangle$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

- Qual é a probabilidade de se obter 0?

2 qubits



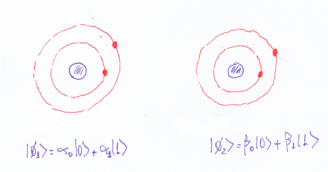
Digamos que o sistema esteja no estado:

$$|\Psi\rangle = \left(\tfrac{1}{2} + \tfrac{i}{2}\right)|00\rangle + \tfrac{1}{2}|01\rangle + \tfrac{i}{2}|11\rangle$$

Vamos medir **apenas o primeiro qubit** do sistema:

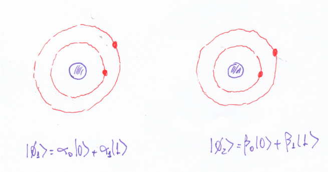
- Qual é a probabilidade de se obter 0?
- Após a medida, qual o novo estado?

2 qubits



No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

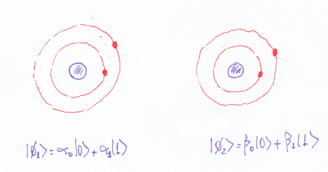
$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}\,|00\rangle + \alpha_{01}\,|01\rangle + \alpha_{10}\,|10\rangle + \alpha_{11}\,|11\rangle$$



No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}\,|00\rangle + \alpha_{01}\,|01\rangle + \alpha_{10}\,|10\rangle + \alpha_{11}\,|11\rangle$$

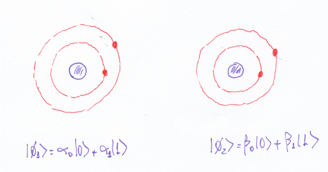
- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?



No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0|0\rangle + \beta_1|1\rangle$

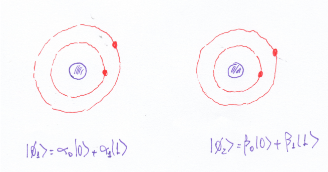


No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0|0\rangle + \beta_1|1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados

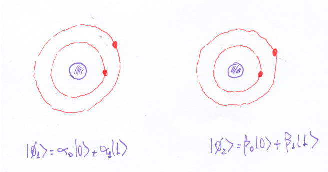
2 qubits



No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0|0\rangle + \beta_1|1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados (faz sentido?)



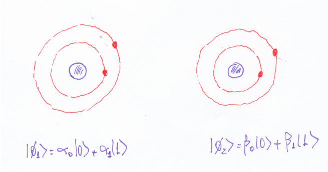
No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0|0\rangle + \beta_1|1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados (faz sentido?)

Assim, $|\Psi\rangle = \alpha_0\beta_0|00\rangle + \alpha_0\beta_1|01\rangle + \alpha_1\beta_0|10\rangle + \alpha_1\beta_1|11\rangle$

2 qubits



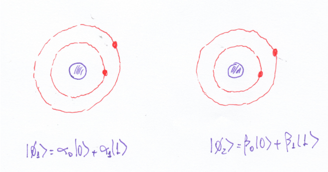
No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0|0\rangle + \beta_1|1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados (faz sentido?)

Assim, $|\Psi\rangle = \alpha_0\beta_0|00\rangle + \alpha_0\beta_1|01\rangle + \alpha_1\beta_0|10\rangle + \alpha_1\beta_1|11\rangle$
Ou seja,

2 qubits



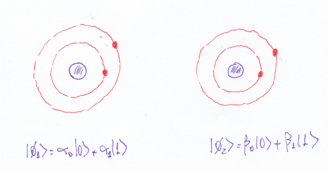
No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0|0\rangle + \beta_1|1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados (faz sentido?)

Assim, $|\Psi\rangle = \alpha_0\beta_0|00\rangle + \alpha_0\beta_1|01\rangle + \alpha_1\beta_0|10\rangle + \alpha_1\beta_1|11\rangle$
Ou seja, $\alpha_{00} = \alpha_0\beta_0$,

2 qubits

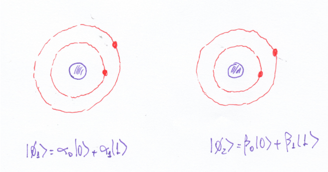


No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}\,|00\rangle + \alpha_{01}\,|01\rangle + \alpha_{10}\,|10\rangle + \alpha_{11}\,|11\rangle$$

- Mas qual é o estado "individual" $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0\,|0\rangle + \alpha_1\,|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0\,|0\rangle + \beta_1\,|1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados (faz sentido?)

Assim, $|\Psi\rangle = \alpha_0\beta_0\,|00\rangle + \alpha_0\beta_1\,|01\rangle + \alpha_1\beta_0\,|10\rangle + \alpha_1\beta_1\,|11\rangle$
Ou seja, $\alpha_{00} = \alpha_0\beta_0$, $\alpha_{01} = \alpha_0\beta_1$,

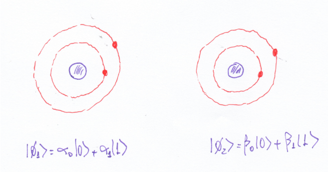


No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00} |00\rangle + \alpha_{01} |01\rangle + \alpha_{10} |10\rangle + \alpha_{11} |11\rangle$$

- Mas qual é o estado “individual” $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0 |0\rangle + \alpha_1 |1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0 |0\rangle + \beta_1 |1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados (faz sentido?)

Assim, $|\Psi\rangle = \alpha_0\beta_0 |00\rangle + \alpha_0\beta_1 |01\rangle + \alpha_1\beta_0 |10\rangle + \alpha_1\beta_1 |11\rangle$
Ou seja, $\alpha_{00} = \alpha_0\beta_0$, $\alpha_{01} = \alpha_0\beta_1$, $\alpha_{10} = \alpha_1\beta_0$,



No slide passado dissemos que o estado do sistema era:

$$|\Psi\rangle = \alpha_{00}|00\rangle + \alpha_{01}|01\rangle + \alpha_{10}|10\rangle + \alpha_{11}|11\rangle$$

- Mas qual é o estado “individual” $|a\rangle$ e $|b\rangle$ de cada qubit?
- Seja $|a\rangle = \alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle$ e $|b\rangle = \beta_0|0\rangle + \beta_1|1\rangle$
- $|a\rangle \otimes |b\rangle$ é o estado composto destes estados (faz sentido?)

Assim, $|\Psi\rangle = \alpha_0\beta_0|00\rangle + \alpha_0\beta_1|01\rangle + \alpha_1\beta_0|10\rangle + \alpha_1\beta_1|11\rangle$
Ou seja, $\alpha_{00} = \alpha_0\beta_0$, $\alpha_{01} = \alpha_0\beta_1$, $\alpha_{10} = \alpha_1\beta_0$, $\alpha_{11} = \alpha_1\beta_1$

2 qubits

Supondo que individualmente os estados dos átomos são:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \quad \text{e} \quad \frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle$$

2 qubits

Supondo que individualmente os estados dos átomos são:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \quad \text{e} \quad \frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle$$

Qual o estado do sistema composto?

2 qubits

Supondo que individualmente os estados dos átomos são:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \quad \text{e} \quad \frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle$$

Qual o estado do sistema composto?

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{2\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|01\rangle + \frac{1}{2\sqrt{2}}|10\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|11\rangle$$

2 qubits

Supondo que individualmente os estados dos átomos são:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \quad \text{e} \quad \frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle$$

Qual o estado do sistema composto?

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{2\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|01\rangle + \frac{1}{2\sqrt{2}}|10\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|11\rangle$$

Exercício: Refaça o exercício supondo que os estados são $|+\rangle$ e $|+\rangle$

2 qubits

Supondo que individualmente os estados dos átomos são:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\left|0\right\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\left|1\right\rangle \quad \text{e} \quad \frac{1}{2}\left|0\right\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}\left|1\right\rangle$$

Qual o estado do sistema composto?

$$\left|\Psi\right\rangle = \frac{1}{2\sqrt{2}}\left|00\right\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}\left|01\right\rangle + \frac{1}{2\sqrt{2}}\left|10\right\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}\left|11\right\rangle$$

Exercício: Refaça o exercício supondo que os estados são $\left|+\right\rangle$ e $\left|+\right\rangle$

No caso acima, dado $\left|\Psi\right\rangle$, poderíamos recuperar o estado individual de cada qubit fatorando

2 qubits

Supondo que individualmente os estados dos átomos são:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \quad \text{e} \quad \frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle$$

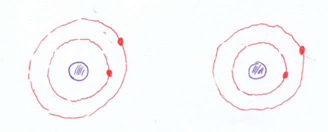
Qual o estado do sistema composto?

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{2\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|01\rangle + \frac{1}{2\sqrt{2}}|10\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}|11\rangle$$

Exercício: Refaça o exercício supondo que os estados são $|+\rangle$ e $|+\rangle$

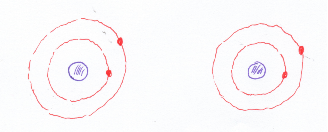
No caso acima, dado $|\Psi\rangle$, poderíamos recuperar o estado individual de cada qubit fatorando **Isso sempre é possível?**

Estado de Bell



$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

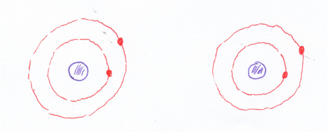
Estado de Bell



$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Você consegue fatorar $|\Psi\rangle$ para obter o estado de cada qubit?

Estado de Bell



$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Você consegue fatorar $|\Psi\rangle$ para obter o estado de cada qubit? Mostre que cada qubit não pode ser descrito individualmente.

Estado de Bell

Outros estados de Bell

- $|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$
- $|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$
- $|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|01\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|10\rangle$
- $|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|01\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|10\rangle$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] =$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad Pr[11] = \frac{1}{2}$

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad$ $Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

- $Pr[0] =$

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

- $Pr[0] = \frac{1}{2}$

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

- $Pr[0] = \frac{1}{2}$ $\qquad$ Novo estado: $|00\rangle$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

- $Pr[0] = \frac{1}{2}$ $\qquad$ Novo estado: $|00\rangle$
- $Pr[1] =$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

- $Pr[0] = \frac{1}{2}$ $\qquad$ Novo estado: $|00\rangle$
- $Pr[1] = \frac{1}{2}$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad$ $Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

- $Pr[0] = \frac{1}{2}$ $\qquad$ Novo estado: $|00\rangle$
- $Pr[1] = \frac{1}{2}$ $\qquad$ Novo estado: $|11\rangle$

Estado de Bell

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Vamos medir este Estado de Bell:

- $Pr[00] = \frac{1}{2}$ $\qquad Pr[11] = \frac{1}{2}$

Medindo agora apenas o primeiro qubit:

- $Pr[0] = \frac{1}{2}$ Novo estado: $|00\rangle$
- $Pr[1] = \frac{1}{2}$ Novo estado: $|11\rangle$

Ou seja, medindo o primeiro qubit, o segundo qubit imediatamente também "colapsa".