

Exercício 3: Estados emaranhados

Objetivos: Ao completar esta sequência de tarefas, o estudante será capaz de:

- Manipular estados emaranhados de 2 q-bits
- Entender a codificação superdensa usando estados emaranhados.
- Entender o uso de estados emaranhados para o teletransporte quântico

Avaliação

Tão importante quanto escrever um código que funcione corretamente é escrever um código legível, que seja fácil de entender e possa ser facilmente reutilizado por outros ou por você mesmo. Por isso a avaliação é separada da seguinte forma:

- 60% conteúdo, se os resultados estão corretos.
- 40% apresentação, código bem comentado, cédulas texto bem escritas.

Referências:

1. <https://learn.qiskit.org/course/ch-states/representing-qubit-states>
2. <https://learn.qiskit.org/course/ch-states/single-qubit-gates>
3. <https://qiskit.org/documentation/apidoc/visualization.html>
4. <https://youtu.be/GSsEISQgMbU>
5. <https://learn.qiskit.org/course/ch-algorithms/superdense-coding>
6. Michael A. Nielsen e Isaac L. Chuang, Computação quântica e informação quântica

Tarefa 0

Importe as bibliotecas necessárias.

```
In [ ]: #Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)
```

Tarefa 1:

O exemplo mais simples de um estado emaranhado é o estado

$$|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle).$$

Construa um circuito quântico que gere este estado e execute-o em um simulador.

```
In [ ]: #Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)
```

Tarefa 2:

Os seguintes quatro estados emaranhados

$$|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \quad (1)$$

$$|\beta_{01}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle) \quad (2)$$

$$|\beta_{10}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle) \quad (3)$$

$$|\beta_{11}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle) \quad (4)$$

formam uma base ortonormal para um sistema de dois q-bits. Mostre que é possível obter cada um dos $|\beta_{ij}\rangle$ a partir do $|\beta_{00}\rangle$ utilizando apenas uma porta lógica de um q-bit.

Sua resposta aqui

Tarefa 3: Código super-denso

Considere que Alice e Bob, espacialmente separados, compartilham um estado emaranhado no estado $|\beta_{00}\rangle$, cada um possuindo um dos q-bit. Mostre que Alice consegue enviar 2 bits de informação clássica a Bob enviando seu q-bit. Dica: (Utilize o resultado da Tarefa 2)

sua resposta aqui

Tarefa 4:

Construa um circuito quântico simulando o processo estudado nas tarefas 2 e 3. Sorteie dois bits de informação clássica, aplique a porta de 1 q-bit adequada no q-bit de Alice. Depois considere que Alice enviou seu q-bit para Bob, que poderá utilizar então portas de dois q-bits para descobrir os 2 bits de informação clássica enviados por Alice.

In []: `#Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)`

Parte 2: Teletransporte quântico

Tarefa 5:

Considere que Alice compartilha com Bob dois q-bits no estado emaranhado $|\beta_{00}\rangle$. Além disso, Alice dispõe de outro q-bit em um estado desconhecido $|\psi\rangle$. Mostre que é possível Alice teletransportar o estado $|\psi\rangle$ para Bob utilizando apenas portas locais (i.e. portas que atuam apenas nos seus q-bits), o estado emaranhado $|\beta_{00}\rangle$ e dois bits de comunicação clássica.

Note que apenas o estado do q-bit de Alice é teletransportado para o q-bit de Bob. Não há envio de q-bits.

sua resposta aqui

Tarefa 6:

Construa um circuito que simule o processo de teletransporte do estado quântico da Tarefa 5. Sorteie um estado $|\psi\rangle$, execute o circuito e verifique que o estado do q-bit de Alice foi realmente teletransportado para o q-bit de Bob.

In []: `#Seu código aqui (se precisar use mais de uma célula)`