

Ciências da Computação
Interação e Concorrência
Quantum Pratical Assignment

Grupo 18
A73000 Alberto Pinto
A70779 João Maciel

June 2021



Conteúdo

1	Introdução	2
2	Exercício 1	3
3	Exercício 2	6
4	Exercício 3	8
5	Exercício 4	9
6	Conclusão	10

Capítulo 1

Introdução



Este trabalho para a cadeira de Interação e Concorrência incide sobre a segunda parte da matéria, *Quantum Systems*.

Para ajudar à resolução do problema é recomendado seguir o que fomos praticando nas aulas práticas.

O problema é dado, cada grupo de alunos tem atribuído um certo número N e temos de encontrar um certo valor s recorrendo a um algoritmo quântico. A fórmula é:

$$s = N \bmod 8$$

Tendo de a aplicar no *Jupyter Notebook*.

Capítulo 2

Exercício 1

Na primeira pergunta é pedido para dividir o algoritmo em secções, utilizar o *state vector simulator* e explicar o *oracle*.

Recorremos ao *Grover's Algorithm* por ser um algoritmo quântico de procura. O nosso grupo é o número 18 e então $18 \bmod 8 = 2$. A lista de elementos tem comprimento 8 e portanto precisamos de utilizar 3 qubits

$$2^3 = 8$$

O *Grover's Algorithm* é dividido em 3 fases *Init*, *Oracle* e *Amplification*. Na primeira fase atribuímos a cada *qubit* uma porta de *Hadamard* para criar uma sobreposição uniforme.

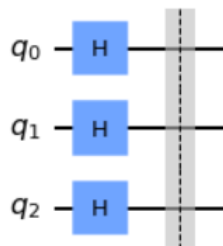


Figura 2.1: Portas de *Hadamard* do *init* do *Grover's Algorithm*

Na fase do *Oracle* marcamos o estado $|010\rangle$ pois em base decimal corresponde ao número 2. Para tal utilizamos duas portas de *Pauli - X* nos estados q_0 e q_2 apenas. De seguida, precisávamos de utilizar uma porta de controlo invertida *Z*. Para tal foi necessário utilizar uma porta de *Hadamard* antes do *target* do estado q_2 . Para o *oracle* estar correto, após o *target* também foi necessário introduzir uma nova porta de *Hadamard* após o *target*. Para o *oracle* ficar completo, foi novamente necessário introduzir portas de *Pauli-X* aos estados q_0 e q_2 . O estado final do oráculo ficou da seguinte maneira:

$$\text{Oracle} = X(q_0, q_2) \ H(q_2) \ CNOT \ H(q_2) \ X(q_0, q_2)$$

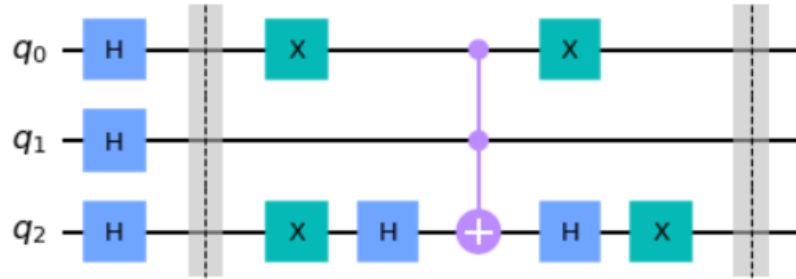


Figura 2.2: *Oracle* do *Grover's Algorithm*

Para a fase da *Amplification* recorremos a introdução de 3 portas de *Hadamard*, seguidas de 3 portas de *Pauli - X*. Posteriormente, no estado q_2 introduzimos 2 portas de *Hadamard*, 1 antes e outra depois de uma porta de controlo invertido *Z*. Posto isto, acrescentamos novamente 3 portas *Pauli - X* (1 por cada estado) e e portas de *Hadamard*.

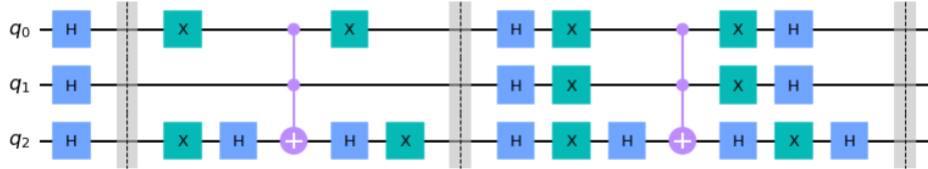


Figura 2.3: *Init, oracle e amplification* do *Grover's Algorithm*

Para obter melhores resultados, optamos por fazer uma repetição do *oracle + amplification* uma vez.

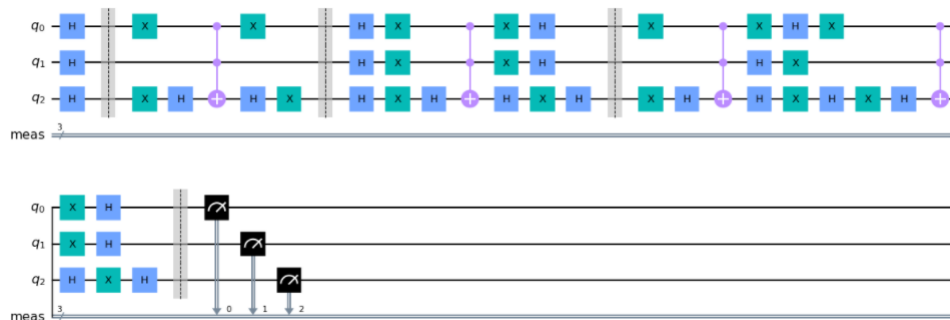


Figura 2.4: Repetição do *oracle e amplification* do *Grover's Algorithm*



O efeito deste passo permitiu-nos obter uma probabilidade de 0.947(muito próximo de 1) em 1024 tentativas de obter a estado $|010\rangle$.

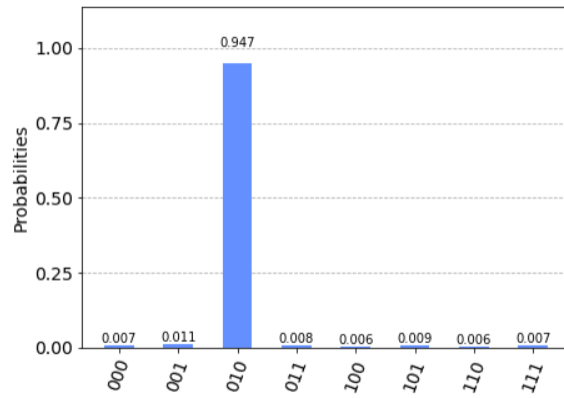


Figura 2.5: Resultado da repetição do *oracle* e *amplification* do *Grover's Algorithm*

Capítulo 3

Exercício 2

Esta questão pede que se aplique a *noise simulation* para prever a melhor otimização do problema.

Foi então necessário definir um *noise model* recorrendo a um *backend device*. Para escolher o *backend device* tivemos em conta o $T1$ e $T2$ mais baixo possível, tal como recomendado pela professora na *Class02*. Com efeito foi escolhido por nós o *ibmqx2*.

Aplicando este modelo *noise*, concluímos que as probabilidades são mais distribuídas pelos estados:

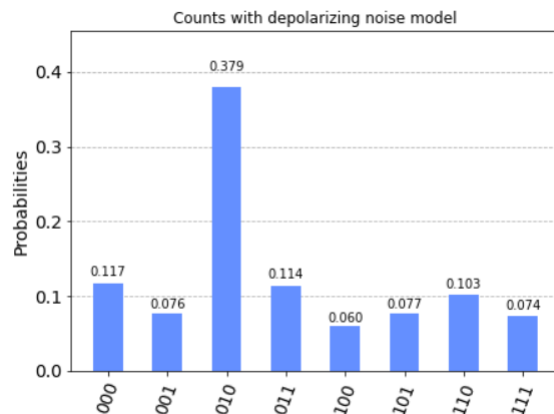


Figura 3.1: Resultado probabilidade após aplicação de *noise*

E de acordo com o *Class02*, conseguimos formar um *histogram* onde compara os resultados das duas simulações:

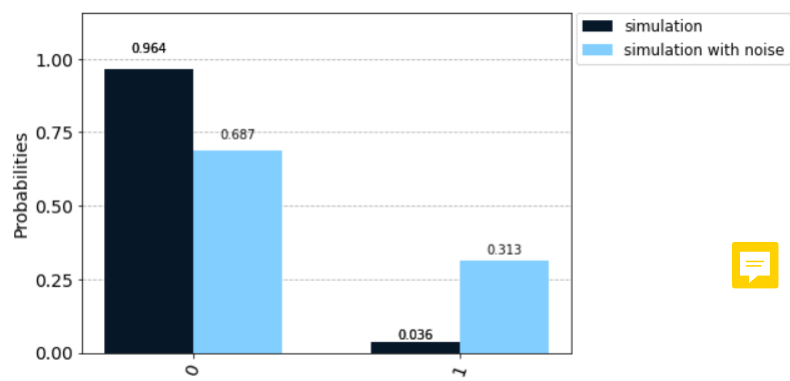


Figura 3.2: Comparação de ambas simulações

Capítulo 4

Exercício 3

Nesta parte, o que é pretendido é que se execute o que foi feito nos exercícios anteriores com recurso a *IBM Q backend*.

Para tal executamos no computador quântico real escolhido acima. O resultado obtido foi o seguinte:

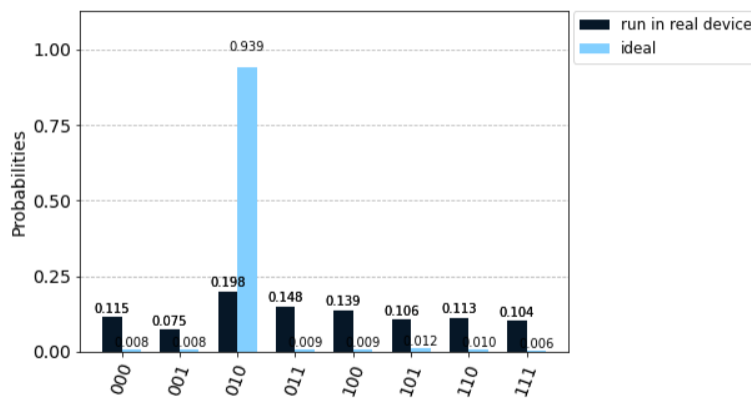


Figura 4.1: Comparação das simulações

Capítulo 5

Exercício 4



A última parte do que é pedido é para fazer a mitigação do erro com recurso a *IGNIS*.

Fomos tentando seguir o que foi feito na *Class04* das aulas para obter o resultado. Conseguimos obter um gráfico de comparação com os diferentes tipos de simulação:

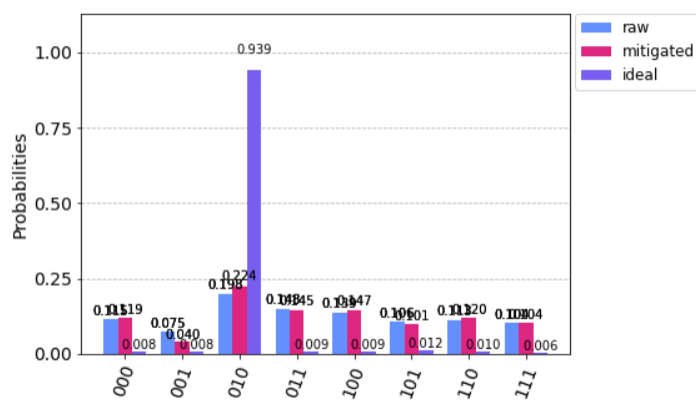


Figura 5.1: Comparação das simulações com recurso a *IGNIS*

As conclusões a tirar são que no geral, $|010\rangle$ é quem tem mais probabilidade de ocorrer em qualquer uma das diferentes simulações.

Capítulo 6

Conclusão



Damos assim por terminado o trabalho de grupo sobre *Quantum Systems*. Foi um trabalho desafiante em que como não nos foi permitido assistir às aulas práticas sobre esta matéria, tivemos de nos dedicar ainda mais para perceber o que era pretendido no trabalho. No geral, sentimos que evoluímos muito em termos dos conceitos que eram necessários para a realização do trabalho. Talvez a parte mais desafiante tenha sido perceber como o nosso oráculo no *Grover's Algorithm* teria de ser definido para obtermos o resultado pretendido e saber também interpretar os diferentes tipos de simulações.

Bibliografia

<https://arxiv.org/pdf/1703.10535.pdf>

<https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/grover.html>

