

XV JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO OESTE BAIANO - 2023

“Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável no Oeste Baiano”

**CIRCUITO QUÂNTICO PARA JOGAR XADREZ EM UM
COMPUTADOR QUÂNTICO**

Kamilla A. Hermenegildo¹

Lucas Q. Galvão¹

Clebson Cruz²

INTRODUÇÃO

A Computação Clássica utiliza princípios da física clássica, emprega o bit que utiliza o sistema de numeração binário, ou seja, ‘0’ ou ‘1’. Porém, no Computador Quântico que é regida pelas teorias e princípios básicos da mecânica quântica (Vignatti et al, 2004), funciona com a possibilidade de exercer uma situação de ‘0’, ‘1’ ou ‘0’ e ‘1’ ao mesmo tempo, ocorrendo uma superposição dos estados regida pelo princípio explicada por Schrödinger. (Mattiolo et al, 2012)

A Esfera de Bloch é uma das principais ferramentas utilizadas dentro da Computação Quântica para representar geometricamente o estado do qubit. (Costa e Carvalho, 2005)

À medida que os computadores quânticos continuam a avançar, o seu potencial para enfrentar desafios complexos torna-se cada vez mais evidente. Embora os computadores clássicos sejam suficientes para jogos virtuais, o surgimento dos computadores quânticos apresenta possibilidades interessantes. Especificamente,

¹ Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Barreiras.

² Universidade Federal do Oeste da Bahia

projetar circuitos quânticos personalizados permite experiências de jogo além das limitações clássicas.

O xadrez é um jogo de tabuleiro clássico que exige estratégia e cálculo, tradicionalmente jogado em tabuleiros físicos ou virtualmente em computadores clássicos. Construir um circuito quântico para um tabuleiro de xadrez 8x8 (quadrados) torna-se significativamente desafiador devido ao tamanho substancial do tabuleiro e às muitas peças envolvidas. Nesse sentido, realizamos um estudo para criar um protótipo de tabuleiro de xadrez 3x3 Hexapawn em um computador quântico com três peões brancos e pretos.

Para ganhar o jogo do xadrez 3x3 Hexapawn existem 3 (três) possibilidades: Ser o primeiro a chegar do outro lado do tabuleiro, capturar todas as peças do jogador adversário ou deixar o adversário sem movimentos.

OBJETIVO

Realizar cálculos de problemas de xadrez, de forma mais rápida e precisa em comparação ao de computadores clássicos, contribuindo para um maior divertimento e aprendizado ao usuário.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu na análise de literaturas sobre a Computação Quântica. A construção dos algoritmos foi desenvolvida em um computador clássico no *software* do Anaconda Python no Jupyter Notebook, a partir da importação da biblioteca IBM para construção de Algoritmos Quânticos (Qiskit). Portanto, todo o trabalho foi desenvolvido de forma remota sem complicações.

Foram realizados a construção de 9 circuitos no total, correspondendo um para cada quadrado do tabuleiro, cada circuito possui 4 qubits. Posteriormente, foram construídos os circuitos subtratores, comparadores e somadores.

RESULTADO DO CIRCUITO

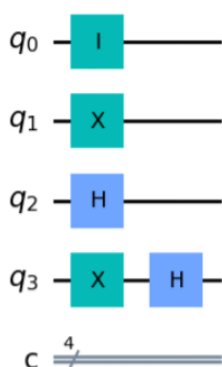
O exemplo de um dos 9 circuitos construídos foi o circuito 0100, que foi atribuído à segunda casa do tabuleiro que corresponde a casa b1 do tabuleiro clássico

de xadrez.

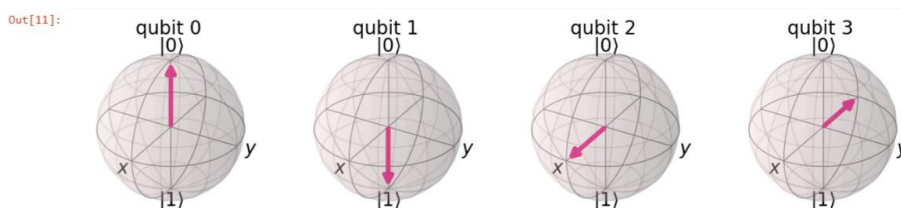
```
In [7]: # Circuito com Qubit 0100
bp.id(Qr[0]) # não fazer nada no qubit 0
bp.x (Qr[1]) # flipa o qubit 1 --- 0 -> 1
bp.h (Qr[2]) # colocar o qubit 2 em superposição:  $|0\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$ 
bp.x (Qr[3]) # flipa o qubit 3 ---  $|0\rangle \rightarrow |1\rangle$ 
bp.h (Qr[3]) # colocar o qubit 3 em superposição :  $|1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)$ 
bp.draw (output = 'mpl')
```

No qubit 0 foi aplicada a porta identidade. Já no qubit 1 e qubit 3 foram aplicadas as portas CNOT. E nos qubits 2 e 3 foram aplicadas as portas hadamard.

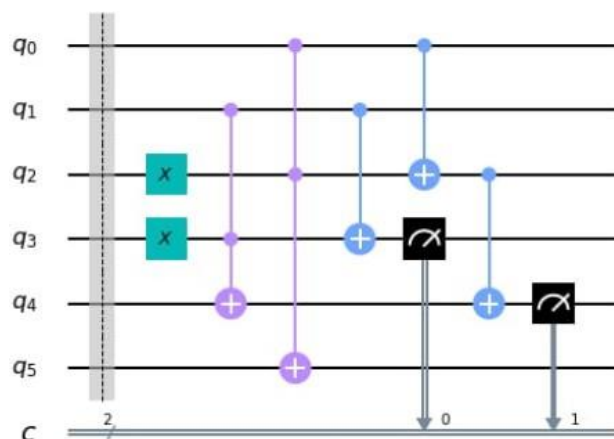
Out[7]:



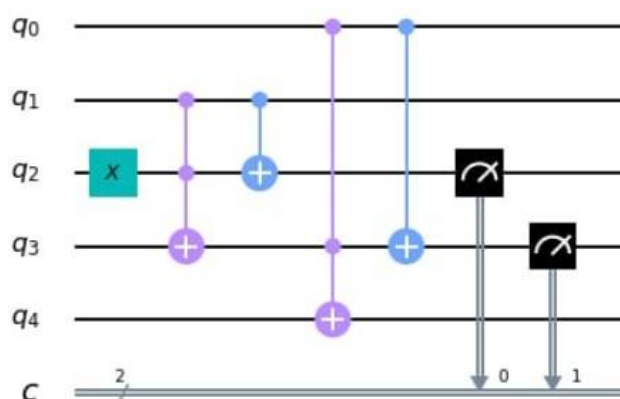
Posteriormente, foi plotado para a Esfera de Bloch que apresentou o estado dos qubits no circuito.



Logo após a construção dos circuitos que compõem cada casa do tabuleiro e analisado os valores propostos na tabela verdade, foram construídos circuitos para analisar os resultados dos lances realizados pelo jogador.



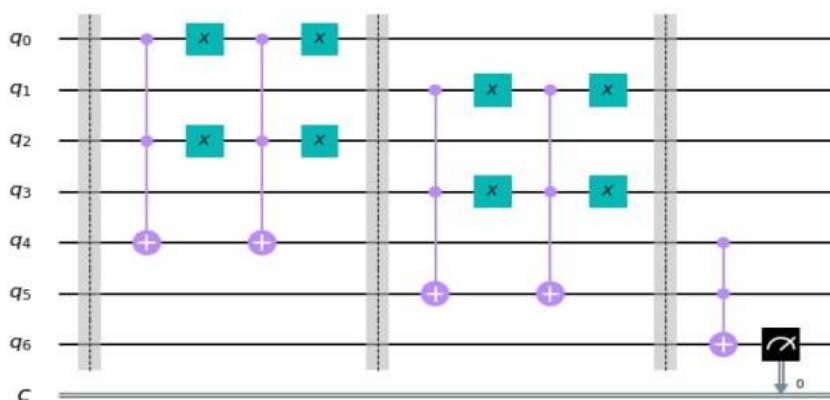
No circuito subtrator são designadas como entradas dois qubits, enquanto os qubits restantes são empregados para realizar a subtração usando a metodologia do complemento de 2 (dois).



```
In [34]: circuito2.rx(np.pi/2, q[2])
          circuito2.ccx(q[1], q[2], q[3])
          circuito2.cx(q[1], q[2])
          circuito2.ccx(q[0], q[3], q[4])
          circuito2.cx(q[0], q[3])
          circuito2.measure(q[2], c[0])
          circuito2.measure(q[3], c[1])
          circuito2.draw(output = 'mpl')
```

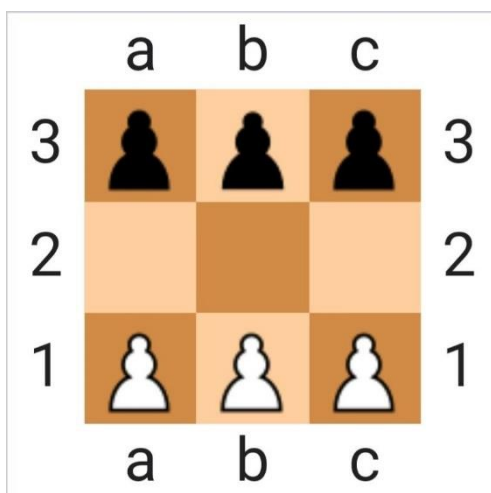
No circuito somador foram fornecidos dois qubits de entrada e dois qubits adicionais, servindo como somadores, são introduzidos junto com um qubit portador para realizar o processo de adição. No circuito comparador são fornecidos quatro qubits de entrada, com cada par de qubits correspondendo a um conjunto distinto de entradas. A comparação ocorre entre o primeiro e o terceiro qubits, bem como entre o segundo e o quarto qubits. Se os qubits

corresponderem, a saída resultante, denotada como $|q_6\rangle$, torna-se $|1\rangle$; caso contrário, permanece $|0\rangle$.



No circuito comparador, ocorre a análise dos valores dados pelo usuário. Se caso os valores dados pelo usuário estiverem de acordo com o movimento dos peões no xadrez, o movimento ocorre, caso contrário, aparece para o usuário que tal situação não poderá ocorrer e a justificativa da não movimentação.

Quando uma peça passa de um quadrado para outro, o estado de ambos os quadrados muda. Isto envolve a análise do estado atual das peças afetadas e a realização de operações adequadas. O movimento dos peões dentro do tabuleiro de xadrez, são programados para que ocorram de forma correta, ou seja, de acordo com as regras do jogo de xadrez. Nesta etapa, foi necessário a construção de diversas “tabelas verdades” para que o usuário possa ter em seu alcance, as diversas possibilidades de lances dentro deste circuito.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção dos circuitos subtrator, somador e comparadores, visam analisar as entradas dadas pelo usuário, que posteriormente serão utilizadas para comparação com as regras originais do xadrez. Neste cenário, a reversibilidade inerente da computação quântica oferece o potencial para elevar o jogo de xadrez através do desenvolvimento de circuito de xadrez quântico. O jogo 3x3 Hexapawn, devido à sua simplicidade e ao número limitado de posições possíveis, é utilizado para explorar estratégias de aprendizagem por reforço, que são empregadas, por exemplo, em inteligência artificial. Por esta razão, é um excelente exemplo de introdução do xadrez no campo da computação quântica.

As descobertas ocorridas durante o desenvolvimento do trabalho, mostram que a computação quântica pode aumentar significativamente a velocidade de um mecanismo de xadrez devido à sua capacidade de alcançar os mesmos resultados que os computadores clássicos usando menos etapas computacionais.

REFERÊNCIAS

MATTIELO, Felipe et al. **Decifrando a computação quântica**. Caderno de Física da UEPS, 2012. Acesso em: 18 de junho de 2023

PADHI, Anshuman, et al. Design of quantum circuits to play chess in a quantum computer. **Research gate**, 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.28760.03848. Acesso em: 16 de dezembro de 2022.

VIGNATTI, André Luis et al. **Uma Introdução à Computação Quântica**. Departamento de Informática Universidade Federal do Paraná, 2004. Acesso em: 18 de junho de 2023.

COSTA, Virgínia; CARVALHO, Luiz. **Representação de um Bit Quântico na Esfera de Bloch** - Visualização em Maple. Rio de Janeiro, Cadernos do IME - Série Matemática, 2005.