



UM SIMULADOR QUÂNTICO PARA O ENSINO DE COMPUTAÇÃO QUÂNTICA NAS ENGENHARIAS

Diogo Henrique de Sousa Sobrinho – dio_henriques@hotmail.com
Instituto de Tecnologia
Rua Augusto Corrêa, 01
66075-110 – Belém – Pará

Wilson Ricardo Matos Rabelo – rabelo@ufpa.br
Instituto de Tecnologia
Rua Augusto Corrêa, 01
66075-110 – Belém – Pará

Resumo: Apresenta-se uma proposta de ensino da computação quântica, por meio da aplicação de seus conceitos em conteúdos curriculares de aprendizagem das engenharias. Para esse fim, nesse trabalho, utilizou-se um simulador já disponível na internet, chamado de Quantum Computing Playground. Este simulador é um emulador de circuitos quântico, que funciona através de uma plataforma pouco conhecida, chamada de Chrome Experiments, criada pela Google. Nosso objetivo concentrou-se na caracterização deste simulador referente a vários aspectos práticos e metodológicos. Quanto a sua instalação, avaliamos se foi de fácil acesso via internet ou necessitou de alguma linguagem de programação. Quanto a sua utilização, avaliamos se a interface é simples e intuitiva; se o limite de q-bits que o simulador quântico trabalha é eficaz para as simulações, e se existe uma quantidade mínima de portas quânticas básicas que o simulador trabalha. Alguns aspectos do simulador Quantum Computing Playground foram avaliados, e o mesmo mostrou-se bastante útil como uma ferramenta de montagem de blocos simples de circuitos quânticos. Dessa forma, destaca-se a capacidade do uso deste simulador na articulação de conteúdos de aprendizagem dos conceitos da computação quântica com temas interdisciplinares, relacionados as engenharias.

Palavras-chave: Mecânica quântica, Computação quântica, Quantum computing playground.

1. INTRODUÇÃO

A mecânica quântica é uma teoria física que surgiu no começo do século 20 para explicar fenômenos que ocorrem em escala atômica e molecular. Ela revolucionou a explicação física acerca dos fenômenos naturais. Paralelamente ao desenvolvimento da mecânica quântica temos o nascimento da computação moderna em 1930, comandada pelo matemático inglês Alan Turing (1912 - 1954) que criou um modelo computacional

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





abstrato conhecido como máquina de Turing. Que é um modelo idealizado que formou a estrutura para fundamentar a ciência da computação moderna.

Máquinas de Turing independem de quais objetos físicos irão representar os bits. Nos computadores, esses objetos são componentes eletrônicos que existem dentro dos chips. A redução de componentes eletrônicos durante as décadas foi o principal objetivo das indústrias de computadores, seguindo a Lei de Moore, aumentando a velocidade e o número de componentes em um circuito impresso. Porém, a computação está chegando a uma etapa em que não será mais possível diminuir esses componentes ou aumentar a velocidade de processamento, sem a necessidade da física quântica, portanto, surgindo a aplicação da computação quântica em nossa época.

A computação quântica permite trabalhar com partículas atômicas que podem ser correlacionadas quanticamente. Como exemplos de tais sistemas quânticos, temos: moléculas, átomos, núcleos e elétrons. Portanto, podemos codificar a informação nesses sistemas físicos usando um grau de liberdade desses sistemas. Exemplo, adota-se a variável de spin do elétron, que varia o movimento giratório em diferentes direções. Vamos fazer a codificação entre um qubit lógico (computação quântica) e o qubit físico (no laboratório), isto é, o quantum bit pode ser: qubit $|0\rangle = |\text{spin_up}\rangle$ ou/e $|1\rangle = |\text{spin_down}\rangle$. É conhecido na literatura da computação quântica que além desses estados possíveis para o sistema quântico, podemos criar uma superposição desses estados, isto é, o qubit pode estar em dois estados quânticos simultaneamente. Matematicamente, temos:

Fig. 1 – Sobreposição quântica.

$$|\psi\rangle = \alpha |0\rangle + \beta |1\rangle$$

onde, $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$.

2. SIMULADOR QUÂNTICO

O Quantum Computing Playground (QCP) é um simulador de circuito quântico desenvolvido por um grupo de engenheiros da Google (GOOGLE), que funciona através de uma plataforma pouco conhecida, chamada de Chrome Experiments, criada pela Google, no qual divulga aplicações web para mobile, inovações tecnológicas com interações com usuário, através de um microfone ou câmera, utilização de dispositivos de som e imagem do computador, renderização de objetos tridimensionais, não restringindo a funções das aplicações sendo as mais variadas possíveis.

2.1. WebGL

A WebGL é uma biblioteca feita em javascript para renderização de objetos tridimensionais em aplicações web browser, utilizando a GPU do usuário para visualização de efeitos e lógicas físicas mais realísticas, não tendo a necessidade de utilização de plug-ins, pois já está integrada na maioria dos navegadores.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





2.2. Linguagem de criação e interação com usuário

Toda a aplicação foi feita em Javascript e seu código foi disponibilizado no GitHub em 2014 e nunca mais atualizado. Há uma linguagem criada para a interação do aplicativo com o usuário chamada de Qscript, que são funções internas no código do Javascript. O Qscript é utilizado para construir o circuito por meio de chamada de funções, por exemplo, para construir um circuito simples com porta Hadamard, é necessário criar o vetor do registrador quântico de no mínimo 6 qubits e no máximo 22 qubits, depois chamar a função Hadamard no código e especificar os parâmetros, que são a porta de controle e a porta que sofrerá a rotação. Para qualquer outra função, o mesmo processo é repetido, ou seja, so muda qual função será chamada e em quais portas serão aplicadas.

3. UTILIZANDO A APLICAÇÃO QCP

O aplicativo é acessado através do link <http://www.quantumplayground.net/#/home>, na home do aplicativo encontramos a plataforma de codificação do circuito, os scripts salvos pelo usuário e os exemplos à mostra. Nos exemplos é possível encontrar tutoriais, que são códigos comentados, explicando cada passo do circuito produzido.

3.1. Implementação do Computador Quântico

Há um registrador quântico que é armazenado como estado vetorial global do sistema quântico, em uma textura RGB ou RGBA de ponto flutuante do tamanho apropriado a quantidade de bits armazenada no registrador. Por exemplo, se um vetor de estado tem 8 qubits, precisa haver 256 estados quânticos, então a textura que armazena essa informação é de tamanho 16 x 16 pixels. As portas quânticas são tipicamente implementadas como programas separados.

3.2. Qscript

É a linguagem de programação do QCP, além de funcionar como compilador em tempo real no navegador. Além de possuir funções em comum com o Javascript, também possui funções de portas quânticas, que são a Hadamard, as portas Sigma (X, Y e Z), as portas R de rotação em todos os três eixos, porta CNot, porta Toffoli, porta Fase, porta Fase controlada, equivalente a U controlada, a porta Swap, a Transformada de Fourier Quântico e sua Inversa, o Algoritmo de Shor para números primos, portas de Descolamento e Decomposição, também possui aplicação de medição de qubit, no qual não possui argumentos, sendo o valor um número aleatório entre o estados quânticos, e por último, a Medição de Bit, que mede somente o valor de um qubit único.

3.3. Representação dos Estados Quânticos

O estado quântico pode ser visto de duas maneiras, em 2D, no qual facilita a visualização rápida dos estados e suas sobreposições, em 3D, onde podemos perceber sua amplitude, sendo que em ambas visualizações é possível definir a fase do estado através da cor do estado quântico.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





Fig.3 – Tabela de representando a fase do estado quântico.

-0,707 + i0,707	11,0	0,707 + i0,707
-1,0	0,0	1,0
-0,707 - i0,707	-11,0	0,707 - i0,707

Fig. 4 - Trecho de código em Qscript rodando o Algoritmo de Shor.

```

Title: Shor's Algorithm
Author: anonymous
Modified: 4/3/14 3:48 PM
Created: 3/11/14 3:52 AM

1 // Based on C++ code from libquantum library.
2
3 proc FindFactors N
4   x = 0
5
6   if N < 15
7     Print "Invalid number!"
8     Breakpoint
9   endif
10
11   width = QMath.getWidth(N)
12   twidth = 2 * width + 3
13
14   for x; (QMath.gcd(N, x) > 1) || (x < 2); x
15     x = Math.floor(Math.random() * 10000) % N
16   endfor
17   Print "Random seed: " + x
18
19   for i = 0; i < twidth; i++
20     Hadamard i
21   endfor
22
23   ExpModN x, N, twidth
24
25   for i = 0; i < width; i++
26     MeasureBit twidth + i
27   endfor
28
29   InvQFT 0, twidth
30
31   for i = 0; i < twidth / 2; i++
32     Swap i, twidth - i - 1
33   endfor
34
35   for trycnt = 100; trycnt >= 0; trycnt--
36     Measure
37     c = measured_value
38
39     if c == 0
40       Print "Measured zero, try again."
41       continue
42     endif
43
44     q = 1 << width
45

```

4. DISCUSSÃO

O simulador quântico criado por um grupo de engenheiros da Google é bastante útil para universitários que estudam a computação quântica na disciplina de Engenharia da Computação e das engenharias de modo geral, pois nele, há a implementação de portas quânticas, no qual podemos visualizar o estado quântico de um qubit em um registrador de no máximo 22 qubits. A lógica do circuito quântico é programável, controlando as rotações e emaranhamentos através das linhas de comando, sendo que a execução do simulador é destacada nas linhas de comando, mostrando como o algoritmo é executado em tempo real, simultaneamente à execução gráfica dos estados dos qubits, facilitando o entendimento do código e na busca por possíveis erros. Por tanto, por meio da visualização tridimensional dos estados quânticos e da observação do código executado, o universitário tem um maior aprendizado e controle sobre o simulador quântico.

Apesar de todas as funcionalidades que já foram apresentadas, há alguns pontos dentro da plataforma que precisam ser considerados pelo usuário. O primeiro destaque é o fato de mesmo só estar disponível online. Isso limita muito o uso, já que requer

Organização



UDESC
 UNIVERSIDADE
 DO ESTADO DE
 SANTA CATARINA



Promoção





conexão com a internet. Além disso, também só roda em navegadores atualizados. A interface não é muito intuitiva e observamos a ausência de um tutorial mais completo e com exemplos, para o usuário que vai manipular a plataforma pela primeira vez. Este fato torna-se uma barreira, limitando usuários em potencial e, impedindo a plataforma de se tornar mais popular.

A plataforma contém somente as portas básicas, outras portas de interesse terão que ser montadas a partir da combinação das únicas existentes, gerando mais linhas de códigos e exigindo conhecimento prévio de quem está usando a plataforma (mais uma vez, uma dificuldade para quem está iniciando no estudo de computação quântica e na plataforma). Nesse caso, o simulador poderia disponibilizar mais portas básicas, que também são comumente usadas, e assim, contornar esse problema.

E por fim, o QCP, é uma plataforma de código aberto, e seu código-fonte está disponível no GitHub, por isso é importante o total entendimento do simulador quântico e do assunto de computação quântica, para que no futuro seja possível colaborar com a melhora do simulador quântico, criando novas aplicações.

Tabela 1 – Resumo dos três termos avaliativos utilizados no simulador.

Instalação e utilização:	Não é necessário instalar o programa, o uso é feito através do navegador conectado direto à página web do simulador, sem a necessidade de plugins.
Interface com o usuário:	O visual do simulador é simples, possuindo botões de comando para compilação e execução do código, sendo o código editável e depurado durante a simulação, possui simulação gráfica por meio de uma matriz de estados quânticos e um modo 3D para visualizar as amplitudes de cada estado quântico.
Funcionalidades e desempenho na simulação:	Possui uma grande quantidade de funções e portas quânticas implementadas no código, podendo escolher até a fase da porta. Também possuindo exemplos de algoritmos complexos, como o Algoritmo de Shor e Algoritmo de Grover.



5. CONCLUSÃO

Nossa análise concentrou-se na caracterização deste simulador referente a vários aspectos práticos e metodológicos. Quanto a sua instalação, avaliamos se foi de fácil acesso via internet ou necessitou de alguma linguagem de programação. Quanto a sua utilização, avaliamos se a interface é simples e intuitiva; se o limite de q-bits que o simulador quântico trabalha é eficaz para as simulações, e se existe uma quantidade mínima de portas quânticas básicas que o simulador trabalha, ou seja, analisamos se o simulador consegue trabalhar com portas de 1 q-bit e 2 q-bits e disponibiliza gráficos 2D, 3D e esfera de Bloch para o acompanhamento do processamento. Em vários desses aspectos, verificou-se que o simulador possui respostas positivas, e chamamos a atenção para o número elevado de $n=22$ q-bits, que o mesmo é capaz de trabalhar. Entretanto, encontrou-se pontos negativos que ainda precisam ser aperfeiçoados no simulador, tais como: ser disponível para download e incluir portas quânticas mais avançadas. Portanto, concluímos que, apesar de alguns aspectos negativos do simulador Quantum Computing Playground, o mesmo se mostrou bastante útil como uma ferramenta de montagem de blocos simples de circuitos quânticos. Dessa forma, destaca-se a capacidade do uso deste simulador na articulação de conteúdos de aprendizagem dos conceitos da computação quântica com temas interdisciplinares, relacionados às ciências exatas e engenharias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NIELSEN, Michael A., CHUANG, Isaac L. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge: Cambridge Press, 2001.

José Vinícius do Nascimento Silva, Carlos Alex Souza da Silva. Computação Quântica: uma abordagem simulacional. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, N° 23.

GOOGLE, Quantum Computing Playground. Disponível em:
< <http://www.quantumplayground.net/#/home> > Acesso em: 18 fev. 2017.

GITHUB, Código aberto do Quantum Computing Playground. Disponível em:
< <https://github.com/gwroblew/Quantum-Computing-Playground> > Acesso em: 18 fev. 2017.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia