

Análise sobre erro quântico no computador da IBMQ

Teo Haeser Gallarza

UFSC
Florianópolis , 2021

FOLHA DE APROVAÇÃO DE PROPOSTA DE TCC

| | |
|---------------------------------------|--|
| Acadêmico(s) | Teo Haeser Galalrza |
| Título do trabalho (subtítulo) | Análise sobre o Erro Quântico no Computador da IBMQ |
| Curso | Ciência da Computação /INE/UFSC |
| Área de Concentração | Computação quântica |

Instruções para preenchimento pelo **ORIENTADOR DO TRABALHO**:

- Para cada critério avaliado, assinale um X na coluna SIM apenas se considerado aprovado. Caso contrário, indique as alterações necessárias na coluna Observação.

| Critérios | Aprovado | | | | Observação |
|--|----------|---------|-----|---------------|------------|
| | Sim | Parcial | Não | Não se aplica | |
| 1. O trabalho é adequado para um TCC no CCO/SIN (relevância / abrangência)? | | | | | |
| 2. O título do trabalho é adequado? | | | | | |
| 3. O tema de pesquisa está claramente descrito? | | | | | |
| 4. O problema/hipóteses de pesquisa do trabalho está claramente identificado? | | | | | |
| 5. A relevância da pesquisa é justificada? | | | | | |
| 6. Os objetivos descrevem completa e claramente o que se pretende alcançar neste trabalho? | | | | | |
| 7. É definido o método a ser adotado no trabalho? O método condiz com os objetivos e é adequado para um TCC? | | | | | |
| 8. Foi definido um cronograma coerente com o método definido (indicando todas as atividades) e com as datas das entregas (p.ex. Projeto I, II, Defesa)? | | | | | |
| 9. Foram identificados custos relativos à execução deste trabalho (se houver)? Haverá financiamento para estes custos? | | | | | |
| 10. Foram identificados todos os envolvidos neste trabalho? | | | | | |
| 11. As formas de comunicação foram definidas (ex: horários para orientação)? | | | | | |
| 12. Riscos potenciais que podem causar desvios do plano foram identificados? | | | | | |
| 13. Caso o TCC envolva a produção de um software ou outro tipo de produto e seja desenvolvido também como uma atividade realizada numa empresa ou laboratório, consta da proposta uma declaração (Anexo 3) de ciência e concordância com a entrega do código fonte e/ou documentação produzidos? | | | | | |

| Avaliação | <input type="checkbox"/> Aprovado | | <input type="checkbox"/> Não Aprovado |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Professor Responsável | <i>Jerusa Machi</i> | <i>15/11</i> | |
| Co-Orientador | <i>Evandro Chagas</i> | <i>15/11</i> | |

1 1. Resumo

Um computador quântico é um computador que se utiliza de propriedades da física quântica para acelerar o processamento de dados em relação a um computador comum, conhecido na área como computador clássico.

O IBMQ, computador quântico da IBM, é uma solução de computação quântica disponível via nuvem. Embora amplamente utilizado em diversos experimentos, ele ainda possui erros inerentes ao hardware. Em decorrência disso, o trabalho visa quantificar o erro das portas lógicas e gerar uma análise utilizando um benchmark. Para o benchmark será desenvolvido uma implementação do algoritmo de Grover, um algoritmo simples de busca quântica.

É esperado que a implementação do algoritmo, mesmo que correta, apresente erros no resultado final, e a partir desses erros, será feita análises estatísticas para tentar chegar a conclusões sobre o funcionamento do computador quântico e sobre como o erro das portas lógicas quânticas influencia no resultado final de uma implementação real de um algoritmo qualquer.

Palavras-chave: Algoritmo de Grover, IBMQ, Erro Quântico, Efeito de decaimento.

Sumário

| | |
|--|---|
| Análise sobre erro quântico no computador da IBMQ..... | 1 |
| 1 1. Resumo..... | 3 |
| 2. Elementos textuais..... | 5 |
| 2.1 Introdução..... | 5 |
| 2.2 Objetivos..... | 5 |
| 2.3 Método de pesquisa..... | 6 |
| 2.5 Custos..... | 7 |
| 2.6 Recursos humanos..... | 7 |
| 3. Elementos pós-textuais..... | 9 |

2. Elementos textuais

2.1 Introdução

Desde a criação dos computadores, tem se dedicado muitos estudos para o aperfeiçoamento de suas peças e algoritmos com o intuito de conseguir executar os programas cada vez de maneira mais rápida. E apartir desses estudos vieram grandes avanços tecnológicos, mas nunca se mudou a estrutura básica dos computadores, a sua execução apartir de códigos binários.

Apartir dessa noção, e dos avanços científicos feitos na área da física quântica, foi criada uma nova área de pesquisa chamada Computação Quântica, que tem por objetivo, tentar criar um computador que tenha mais processamento que os computadores atuais, conhecidos como clássicos, apartir de propriedades físicas apenas vistas no campo quântico.

Existem já computadores quânticos, porém ainda não são tão eficientes e, como será mostrado nesse trabalho, não tem um funcionamento tão correto como o esperado. E para testar o erro de um computador quântico real, será feito uma análise sobre o computador quântico da IBM, conhecido como IBMQ, pois este é disponibilizado para acesso remoto de qualquer pessoa, com o objetivo de incentivar a pesquisa acadêmica.

Para o teste será feito uma implementação do algoritmo de Grover, um algoritmo de busca quântica, que foi escolhido pela sua simplicidade e por ser reconhecido na área da computação quântica.

Investigar tanto algoritmos quânticos quanto modelos teóricos quânticos, trazendo luz às questões envolvidas na qualidade das respostas obtidas ainda é um problema em aberto e quemerece atenção. Neste sentido, este projeto visa o estudo e o desenvolvimento de algoritmosquânticos e de autômatos quânticos na plataforma de computação quântica da IBM, buscandocompreender as questões relacionadas à qualidade das respostas e aos aspectos de complexidadecomputacional de tais modelos e algoritmos.

2.2 Objetivos

O objetivo principal deste projeto de pesquisa é investigar e desenvolver conhecimentos naárea da Computação Quântica. Para isto, partiremos de duas vertentes, uma prática, investigandoalgoritmos quânticos conhecidos, buscando compreender como a ocorrência de erros oriundos decomputadores quânticos (tempo de decoerência dos qbits) afeta os resultados e como a técnica de amplificação de amplitude atua nestes algoritmos e se, com ela, é possível melhorar a resposta dos algoritmos. A segunda vertente é teórico-prática, onde pretende-se investigar modelosteóricos de autômatos quânticos e suas complexidades, buscando implementá-los e analisá-los.

São objetivos específicos:

- Compreender e implementar o algoritmo de Grover;
- Aplicar a técnica de amplificação de amplitude, buscando melhorar o percentual de acertodo algoritmo, quando implementado na plataforma quântica da IBM;
- Investigar como a decoerência dos qbits influencia o resultado do algoritmo;
- Investigar modelos teóricos de autômatos quânticos, buscando compreender a relação entreeles e as classes de linguagens que conseguem representar;

- Implementar autômatos quânticos na plataforma IBM-Q e analisar as taxas de erros no reconhecimento de palavras (falsos-positivos);
- Investigar se tais falsos positivos são fruto da decoerência dos qbits ou se são erros de fase nos qbits.
- Investigar quais são as classes quânticas de complexidade e qual é a relação delas com as classes clássicas.
- Estruturar conhecimento relativo as bases da computação quântica, modelos de máquinas quânticas, suas classes de complexidade e tipos de linguagens que reconhecem na forma de material para disciplinas de "Introdução a Computação Quântica" e "Computação Quântica: Modelos de Máquinas e Classes de Complexidade".

2.3 Método de pesquisa

O projeto envolve o estudo das bases da mecânica quântica e da computação quântica. O estudo será feito com base no livro clássico de Chang et al. e em artigos encontrados na literatura. A parte teórica será realizada na plataforma de computação quântica da IBM (IBM-Q Experience- <https://quantum-computing.ibm.com/>).

2.4 Cronograma

| Etapas | Meses | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | J u n | J u l | A g o | S e t | O t | N o v | D e z | J a n | f e v | D e z | J a n | F e v | M a r | A b r | M a i | J u n | J u l | A g o | S e t | O t |
| Estudo Bibliográfico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implementação do algoritmo de Grover | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Investigação da técnica de amplificação de amplitude | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudo sobre modelos de máquinas quânticas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implementação de modelos de máquinas quânticas na plataforma IBM-Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Publicação dos Resultados Obtidos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estruturação do conhecimento e preparação das disciplinas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.5 Custos

Não haverá custos envolvidos na produção do trabalho pois é apenas necessário utilizar-se da máquina disponibilizada pela IBM através da internet, podendo assim ser utilizado qualquer computador que tenha acesso a internet para realizar o trabalho.

2.6 Recursos humanos

| Nome | Função |
|------------------------------|-----------------|
| Teo Haeser Gallarza | Autor |
| Jerusa Machi | Orientador |
| Evandro ChagasEvandro Chagas | (Co-orientador) |
| Eduardo Inacio Duzzioni | Membro da banca |

2.7 Comunicação

| O que precisa ser comunicado | Por quem | Para quem | Melhor forma de comunicação | Quando e com que frequência |
|------------------------------|----------|-------------------------|--|-----------------------------|
| Ante-projeto | Autor | Coordenador de projetos | Grupo em rede social dedicada ao projeto | Semanalmente |

2.8 Riscos

| Risco | Probabilidade | Impacto | Prioridade | Estratégia de resposta | Ações de prevenção |
|---|---------------|------------|------------|--------------------------------|--|
| Perda de dados (HD) | Baixa | Muito Alto | Alta | Recuperação do backup | Realização de backup diário |
| Perder acesso ao computador quântico da IBM | Muito Baixa | Alto | Alta | Rodar os teste em simuladores. | |
| Resultados insatisfatório | Baixa | Alto | Baixa | Aceitar | |
| Ajuste no Escopo do TCC | Baixa | Baixo | Média | | Ajustar apenas o mínimo possível o escopo, revisando bem o trabalho para que o mínimo de esforço seja perdido. |

3. Elementos pós-textuais

Referências

- [1] Andris Ambainis and Abuzer Yakaryilmaz. Automata and quantum computing. CoRR, abs/1507.01988, 2015.
- [2] Gene M. Amdahl. Validity of the single processor approach to achieving large scale computing capabilities. In Proceedings of the April 18-20, 1967, spring joint computer conference, AFIPS '67 (Spring), pages 483–485, New York, NY, USA, 1967. ACM.
- [3] Amandeep Singh Bhatia and Ajay Kumar. Quantum finite automata: survey, status and research directions. ArXiv, abs/1901.07992, 2019.
- [4] Richard Cleve. An introduction to quantum complexity theory. Quantum Physics, 1999.
- [5] R. H. Dennard, F. H. Gaensslen, H. Yu, V. L. Rideout, E. Bassous, and A. R. LeBlanc. Design of ion-implanted mosfet's with very small physical dimensions. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 9(5):256–268, 1974.
- [6] David Deutsch. Quantum theory, the churchâ€™s Turing principle and the universal quantum computer. In Proceedings of the Royal Society of London A. Mathematical and Physical Sciences, volume 400, 1985.
- [7] Vedran Dunjko, Yimin Ge, and J. Ignacio Cirac. Computational speedups using small quantum devices. Phys. Rev. Lett., 121:250501, Dec 2018.
- [8] Richard P. Feynman. Simulating physics with computers. International journal of theoretical physics, 21(6):467–488, 1982.
- [9] John L. Hennessy and David A. Patterson. Computer Architecture: A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 6th edition, 2017.
- [10] Attila Kondacs and John Watrous. On the power of quantum finite state automata. In Proceedings 38th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, pages 66–75, 1997.
- [11] Christopher Moore and James P. Crutchfield. Quantum automata and quantum grammars. Theoretical Computer Science, 237:275–306, 2000.

DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA COM AS CONDIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO TCC NA INSTITUIÇÃO

Declaro estar ciente das premissas para a realização de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) de Ciência da Computação e Sistema de Informações da UFSC, particularmente da necessidade de que se o TCC envolver o desenvolvimento de um software ou produto específico (ex: um protocolo, um método computacional, etc.) o código fonte e/ou documentação completa correspondente deverá ser entregue integralmente, como parte integrante do relatório final do TCC.

Ciente dessa condição básica, declaro estar de acordo com a realização do TCC identificado pelos dados apresentados a seguir.

| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Instituição | |
| Nome do responsável | |
| Cargo/Função | |
| Fone de contato | |
| Acadêmico(s) | |
| Título do trabalho | |
| Curso | Ciência da Computação /INE/UFSC |

(local e data) _____

Assinatura do responsável: _____