**PRÉ-PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**Título: Mitigando Erros em circuitos Quânticos para qubits supercondutores com o Qiskit1.0**

**Curso: Ciências da Computação**

**Nome do Aluno: Alexandre Silva**

**Link do lattes do Aluno: https://lattes.cnpq.br/4483820337578044**

**Nome do professor orientador: Luis Hilário Tobler Garcia**

**1 INTRODUÇÃO**

Desde que a computação quântica se mostrou como uma ferramenta de extrema importância para áreas como criptografia, química e física, diversas empresas e governos entraram em uma corrida para a criação de tal máquina. Contudo, para criar um computador quântico que seja capaz de fazer tudo que ele pressupunha, é necessário quantidades grandes de qubits (unidades de informação desses computadores). Mesmo parecendo algo um problema simples de resolver, os qubits são baseados em efeitos da mecânica quântica, dos quais são muito suscetíveis a erros dos mais diversos tipos.

Para evadir de tais problemas, empresas focadas no ramo estão se dedicando a encontrar maneiras de mitigar ou ainda corrigir o máximo de erros possíveis de seus sistemas. Empresas como Quantinuum e IONQ, apostam em qubits baseados em armadilhas de Íons (trapped-ions), o que são relativamente estáveis e fáceis de manipular, mas demandam muito espaço para escalá-los para sistemas maiores.

Já para outras startups, como a Pasqal, os Átomos Neutros são a base de seus sistemas. Estes, atuam prendendo átomos presentes em um gás específico, como o de Rubídio, dentro de uma câmara usando lasers. Esse método tem se mostrado muito eficiente para algoritmos que precisam de muitos qubits, com ótimos tempos de coerência. Contudo, a calibração, manipulação e a correção de erros é muito custosa, sendo necessário aparatos específicos e precisos para o seu funcionamento.

Por fim, empresas como Google e IBM apostam no método tradicional de qubits supercondutores. Aqui, um circuito que apresenta propriedades semelhantes a de objetos quânticos é criado e inserido em uma espécie de freezer, sendo resfriado próximo do zero absoluto. A partir disso, para realizar as operações, pulsos de micro-ondas são enviados para o circuito respondendo também com pulsos ao ser medido. Esse tipo de sistema é o mais comum, uma vez que a fabricação de placas é simples e já amplamente usada. Contudo, esse é um dos métodos que mais apresentam erros, devido a necessidade de estar sempre a temperaturas extremamente baixas.

Mesmo com maiores taxas de erros, os qubits de super condutores são a jogada do momento, por precisar de maquinário, relativamente, comum, por ser mais rápido do que os outros formatos e por serem simples de lidar. Com isso, essas corporações preferem gastar capital investindo em técnicas de mitigação e correção de erros, a investir em sistemas novos e com menor taxa de testes difundidos na literatura.

1. **PROBLEMA**

Por ser o método mais comum de computação quântica, os qubits supercondutores podem ser a melhor maneira de alcançar a denominada “vantagem quântica”. No entanto, ainda é necessário explorar maiores possibilidades para a correção de erros causados durante a manipulação do circuito. Explorando tanto o uso de técnicas quânticas como clássicas para essa tarefa.

1. **HIPÓTESE**

Como hipótese para a solução desse problema, é pensado que utilizando frameworks, como o Qiskit, e algumas técnicas clássicas, é possível reduzir em até 70% os erros em circuitos grandes e com múltiplos qubits em entanglement.

1. **OBJETIVO GERAL**

Encontrar uma junção de técnicas para reduzir o máximo possível de erros em circuitos quânticos, é um ponto chave para a evolução da área, assim como um ponto chave para a criação de circuitos mais complexos que podem ajudar na: descoberta de remédios, melhoria dos métodos de criptografia, aceleração de algoritmos de deep learning, etc.

1. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Demonstrando o uso das técnicas de Quantum Error Mitigation em um formato acessível para outros pesquisadores, garante a possibilidade de mais descobertas na área, assim como a implementação de algoritmos já conhecidos com resultados mais precisos.

1. **JUSTIFICATIVA**

Como já citado, a computação quântica terá extrema importância no futuro, mas para alcançar tal ponto, é necessário encontrar maneiras de remover o máximo erros durante a manipulação dos computadores quânticos.

Assim, essa pesquisa pode ser um ponto chave para essa progressão da área e o futuro de novas técnicas e algoritmos.

1. **METODOLOGIA**

Como metodologia, serão usados métodos qualitativos seguindo com a leitura de materiais disponíveis sobre o tema, assim como a leitura de documentações e artigos sobre os frameworks que serão utilizados, por fim será feita a implementação de testes práticos em circuitos quânticos e a análise dos resultados após a execução nas máquinas da IBM.

1. **CRONOGRAMA**

| **Atividades** | **Agos** | **Set** | **Out** | **Nov** | **Dez** | **Jan** | **Fev** | **Mar** | **Abr** | **Maio** | **Jun** | **Jul** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elaboração do projeto. | **X** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Revisão da Literatura |  | **X** | **X** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Fichamentos |  |  |  | **X** | **X** |  |  |  |  |  |  |  |
| Desenvolvimento da proposta |  |  |  |  |  | **X** | **X** | **X** |  |  |  |  |
| Redação Preliminar |  |  |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** |  |  |
| Relatório Parcial |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** |  |  |  |  |
| Apresentação no Congresso de Pesquisa Científica |  |  | **xx** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Relatório Final |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **X** | **X** |

1. **BIBLIOGRAFIA**

DA SILVA, M. P. et al. Demonstration of logical qubits and repeated error correction with better-than-physical error rates. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2404.02280>. Acesso em: 6 abr. 2024.

LETZTER, R. IBM Quantum Computing Blog | Landmark IBM error correction paper on Nature cover. Disponível em: <https://www.ibm.com/quantum/blog/nature-qldpc-error-correction>.