

GEOFÍSICA QUÂNTICA APLICADA À INDÚSTRIA DE PETRÓLEO & GÁS

Bruno Oziel Fernandez¹; João Marcelo Silva Souza²

¹ Vínculo institucional: Bolsista e Mestrando em Modelagem Computacional - SENAI-CIMATEC; PD&I Proj. Inovação – Empresa Parceira; brunoozielf@gmail.com

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; joao.marcelo@fieb.org.br

RESUMO

Este estudo explora a aplicação inovadora da computação quântica na geofísica, com foco futuro na simulação de ondas acústicas, elásticas, viscoacústicas e viscoelásticas. Analisamos diversos algoritmos quânticos, como Quantum Annealing e QAOA, destacando suas eficiências em comparação com métodos clássicos. A pesquisa revela como esses algoritmos, adaptados para o contexto geofísico, podem superar as limitações dos modelos clássicos em termos de precisão e eficiência computacional. O estudo também aborda desafios como a escalabilidade de qubits e a decoerência, essenciais para a implementação prática e futura expansão dessa tecnologia revolucionária na geofísica. Com esse estudo concluímos que a adoção da computação quântica na geofísica apesar de estar em uma fase incipiente, já demonstra potencial para revolucionar o campo.

PALAVRAS-CHAVE: Computação Quântica; Inversão Sísmica; Simulação de Ondas; Geofísica

1. INTRODUÇÃO

A geofísica, com suas complexidades relacionadas à exploração de recursos e estudos do subsolo terrestre, tem sido tradicionalmente um campo desafiador em termos de necessidades computacionais. A emergência da computação quântica promete ser um divisor de águas, trazendo soluções inovadoras para problemas complexos, particularmente na inversão sísmica, um processo crucial na interpretação de dados sísmicos para a exploração de petróleo e gás, bem como a evolução de simulações de 1D para 2D e 3D demonstra o potencial da computação quântica para lidar com complexidades aumentadas, um avanço significativo no campo.

O objetivo geral deste trabalho é implementar e desenvolver algoritmos quânticos para simular ondas acústicas, elásticas, viscoacústicas e viscoelásticas em modelos geofísicos, começando com uma dimensão (1D) e progressivamente expandindo para duas (2D) e três dimensões (3D). Além disso, realizar uma comparação abrangente desses algoritmos quânticos com os métodos clássicos para avaliar eficiência, precisão e viabilidade.

2. METODOLOGIA

1. Revisão da Literatura: Estudar artigos relevantes sobre a aplicação da computação quântica na geofísica, focando em algoritmos para simulação de ondas.
2. Identificação de Algoritmos Quânticos: Identificar algoritmos quânticos potenciais baseados na literatura para simular diferentes tipos de ondas geofísicas.
3. Desenvolvimento de Algoritmos para 1D:
 - a. Modelagem de Ondas Acústicas, Elásticas, Viscoacústicas e Viscoelásticas 1D: Desenvolver e implementar algoritmos quânticos para estes tipos de ondas em um meio 1D.
4. Testes e Validação em 1D: Realizar testes dos algoritmos quânticos desenvolvidos, comparando-os com os modelos clássicos para avaliar a precisão e eficácia.
5. Expansão para 2D e 3D:
 - a. Adaptação para 2D e 3D: Expandir os modelos e algoritmos para duas e três dimensões, ajustando-os para a complexidade adicional.
6. Comparação com Métodos Clássicos:

- a. **Eficiência Computacional:** Avaliar a eficiência dos algoritmos quânticos em comparação com os métodos clássicos, considerando tempo de execução e recursos computacionais utilizados.
 - b. **Precisão dos Resultados:** Comparar a precisão e a confiabilidade dos resultados dos algoritmos quânticos com os clássicos.
 - c. **Viabilidade Prática:** Analisar a viabilidade prática da implementação dos algoritmos quânticos em cenários reais de geofísica.
7. **Otimização e Análise de Desempenho:** Otimizar os algoritmos quânticos para eficiência máxima e analisar seu desempenho comparativo.
 8. **Documentação e Divulgação:** Documentar todas as fases do projeto, incluindo desenvolvimento, desafios, soluções e resultados.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Computação Quântica: Princípios Básicos

A computação quântica, que opera com base nos princípios da mecânica quântica, difere significativamente da computação clássica. Utilizando qubits que podem existir em estados de superposição ($|0\rangle$ e $|1\rangle$ simultaneamente), e o fenômeno do emaranhamento quântico, a computação quântica abre novas possibilidades para o processamento de informações complexas.

3.2. Algoritmos Quânticos em Geofísica

A introdução de algoritmos quânticos na geofísica, particularmente na inversão sísmica, representa um avanço significativo, superando muitas das limitações dos métodos clássicos. Algoritmos como Quantum Annealing e o algoritmo de busca de Grover destacam-se nesse contexto¹. Quantum Annealing: Utilizado para encontrar soluções ótimas de problemas de otimização, o Quantum Annealing é adequado para a inversão sísmica, onde minimiza uma função de custo relacionada aos dados sísmicos¹. Algoritmos de Evolução de Circuitos e QAOA: Recentemente, o desenvolvimento de algoritmos como Circuit Evolution e QAOA tem aberto novas fronteiras na simulação de ondas geofísicas, permitindo otimizações mais eficientes e precisas⁴.

3.3. Simulação de Ondas em Meios Geofísicos

A simulação de diferentes tipos de ondas (acústicas, elásticas, viscoacústicas, viscoelásticas) é fundamental na geofísica. A aplicação da computação quântica nesses processos promete acelerar e aprimorar a precisão dessas simulações, principalmente devido ao paralelismo inerente aos qubits em superposição⁵.

3.4. Expansão Dimensional nas Simulações

A transição de simulações 1D para 2D e 3D representa um aumento considerável na complexidade. A computação quântica, com sua capacidade de processar simultaneamente uma vasta gama de possibilidades, apresenta-se como uma solução viável para esses desafios de escalabilidade⁷.

3.5. Comparação com Métodos Clássicos

Comparar algoritmos quânticos com métodos clássicos é essencial para avaliar eficiência e precisão. Embora os métodos clássicos sejam bem estabelecidos, os algoritmos quânticos prometem avanços significativos, embora enfrentam desafios como limitação no número de qubits e decoerência³.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao explorar o potencial revolucionário da computação quântica na geofísica, este estudo revelou perspectivas inovadoras e desafios significativos. A transição dos métodos computacionais clássicos para abordagens quânticas na modelagem de ondas acústicas, elásticas, viscoacústicas e viscoelásticas demonstra um avanço notável, prometendo eficiência e precisão aprimoradas em simulações geofísicas.

Este estudo sublinha a importância da pesquisa contínua e do desenvolvimento colaborativo entre geofísicos e especialistas em computação quântica. A adoção da computação quântica na geofísica está em uma fase incipiente, mas já demonstrou potencial para revolucionar o campo. À medida que superamos

os desafios técnicos e expandimos nossa compreensão e capacidades, entramos em uma nova era de possibilidades na exploração e estudo do nosso planeta.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ZHAO, C., **Prestack Seismic Inversion by Quantum Annealing**, 2015.
- ²ALBINO, A. S. et al., **Employing gate-based quantum computing for travelttime seismic inversion**. 2022.
- ³CHEN, Z., **The pre-stack seismic stochastic inversion based on Quantum Metropolis-Hastings method**, 2016.
- ⁴MONSEGNY, J. E. et al., **Gated based quantum computer algorithm for geophysical inversion**, 2023.
- ⁵MORADI, S. et al., **Quantum computation with applications in seismic problems**. 2017.
- ⁶MORADI, S. et al., **Quantum computing in geophysics algorithms, computational costs and future applications**. 2018.
- ⁷SOUZA, A. M. et al., **An Application of Quantum Annealing Computing to Seismic Inversion**. 2022.
- ⁸ALBINO, A.S. et al., **Employing gate-based quantum computing for travelttime seismic inversion**. 2022.
- ⁹CJEG, **When quantum computers arrive**. 2019.