

COMPUTAÇÃO QUÂNTICA E IA: UM SALTO QUÂNTICO NA INTELIGÊNCIA

Emanuel Jorge Sousa de Oliveira

Discente - Centro Universitário Fametro - Unifametro
emanuell.oliveira@aluno.unifametro.edu.br

Francisco Douglas Pereira Costa

Discente - Centro Universitário Fametro - Unifametro
francisco.costa01@aluno.unifametro.edu.br

André Cardoso Albuquerque

Docente - Centro Universitário Fametro - Unifametro
andre.albuquerque@professor.unifametro.edu.br

Área Temática: Inovação e Inteligência Artificial.

Área de Conhecimento: Ciências Tecnológicas.

Encontro Científico: XII Encontro de Iniciação à Pesquisa.

RESUMO

Este artigo explora como a computação quântica pode superar as limitações impostas pela computação clássica atual no desenvolvimento da inteligência artificial (IA) que apesar de seus avanços, enfrenta dificuldades no processamento de grandes volumes de dados de forma eficiente devido às restrições computacionais atuais. Utilizando uma abordagem exploratória, o estudo revisa e analisa a literatura existente e compara as demandas computacionais da IA com a computação clássica, investigando como as capacidades oferecidas pela computação quântica pode beneficiar as subáreas de IA, como aprendizado de máquina, aprendizado profundo, redes neurais, visão computacional e processamento de linguagem natural. Os resultados indicam que a computação quântica pode ampliar significativamente o poder de processamento da IA, permitindo avanços em problemas complexos que a computação clássica não consegue solucionar. No entanto, a adoção dessa tecnologia ainda enfrenta desafios significativos, como a necessidade de novos algoritmos quânticos, a escassez de profissionais especializados na área e o desenvolvimento de hardware quântico estável e escalável. O artigo conclui que, apesar dos desafios, a computação quântica tem um potencial promissor para transformar o campo da IA, exigindo esforços contínuos em pesquisa e desenvolvimento para superar as barreiras atuais.

Palavras-chave: computação quântica; computação clássica; inteligência artificial; IA.

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico ao longo dos anos tem evoluído de maneira exponencial, e um exemplo marcante disso é a crescente aplicação da inteligência artificial (IA) em nosso cotidiano. A IA já se tornou capaz de responder perguntas, gerar imagens, criar músicas e códigos de programação, entre outras funcionalidades. No entanto, o que vivenciamos atualmente é apenas uma pequena amostra do potencial dessa tecnologia. A inteligência artificial vai muito além de treinar um chat para responder de forma rápida e eficiente, como vemos no caso do ChatGPT da OpenAI. Esse é apenas um exemplo de uma das inúmeras áreas em que a IA pode ser aplicada.

Existem diversos campos de estudo interligados dentro da IA, como o aprendizado de máquina (Machine Learning), aprendizado profundo (Deep Learning), redes neurais (Neural Networks), visão computacional (Computer Vision) e o processamento de linguagem natural (Natural Language Processing). Todas essas subáreas são baseadas na computação clássica, que fornece os recursos computacionais necessários para o desenvolvimento e avanço da IA. No entanto, surge a pergunta: e se houvesse uma nova tecnologia capaz de oferecer ainda mais poder de processamento do que a computação clássica?

A computação quântica, embora discutida desde o século passado, só recentemente ganhou força prática. As primeiras menções a essa tecnologia vieram de físicos que buscavam criar uma máquina capaz de simular o comportamento quântico, visando compreender os fenômenos desse universo atômico, que são muito distintos do nosso mundo macroscópico. Naquela época, a implementação era inviável devido às limitações de hardware. Contudo, em 16 de novembro de 2021, a IBM — uma das maiores e mais renomadas empresas de tecnologia — apresentou um processador quântico revolucionário, reacendendo o interesse mundial pela computação quântica.

Este trabalho tem como objetivo investigar o potencial da convergência entre a inteligência artificial e a computação quântica, analisando como a integração dessas duas áreas pode ampliar as capacidades computacionais e levar a avanços significativos na área. Serão explorados os impactos dessa combinação em termos de desempenho, eficiência e novas possibilidades de aplicação, com foco em como a computação quântica pode superar as limitações da computação clássica no contexto da IA.

2 A COMPUTAÇÃO CLÁSSICA

Os computadores atuais funcionam com base no bit (abreviação de dígito binário), que é a menor unidade de informação digital. Cada bit pode representar um dos dois estados possíveis: 0 ou 1. Estes estados correspondem ao funcionamento das portas lógicas em um circuito eletrônico, onde o 0 pode representar ausência de corrente elétrica, e o 1, a presença de corrente. Toda a informação processada por um computador é composta por milhares ou até milhões de bits combinados, formando estruturas de dados mais complexas, como bytes, kilobytes, megabytes e assim por diante.

Na Figura 1, temos a representação de uma linguagem de programação de baixo nível (mais próxima da linguagem de bits usada pela máquina), o assembly, e a tradução direta para a linguagem da máquina, que consiste em códigos binários.

Figura 1 - Comparação da linguagem Assembly (baixo nível) e a linguagem de bits da máquina.

Assembly & Machine Language

| <i>Assembly Language</i> | <i>Machine Language</i> |
|--------------------------|----------------------------|
| ST 1, [801] | 00100101 11010011 |
| ST 0, [802] | 00100100 11010100 |
| TOP: BEQ [802], 10, BOT | 10001010 01001001 11110000 |
| INCR [802] | 01000100 01010100 |
| MUL [801], 2, [803] | 01001000 10100111 10100011 |
| ST [803], [801] | 11100101 10101011 00000010 |
| JMP TOP | 00101001 |
| BOT: LD A, [801] | 11010101 |
| CALL PRINT | 11010100 10101000 |
| | 10010001 01000100 |

Fonte: Blog Betrybe, 11 Nov. 2022. Disponível em:

<https://blog.betrybe.com/linguagem-de-programacao/o-que-e-linguagem-de-programacao/>. Acesso em: 15 Set. 2024.

Além disso, é importante destacar que, nos sistemas computacionais clássicos, o código é executado de maneira sequencial, de cima para baixo. Isso significa que, mesmo quando o computador é multitarefa, ele segue uma execução linear por meio do escalonamento das tarefas, criando a impressão de paralelismo.

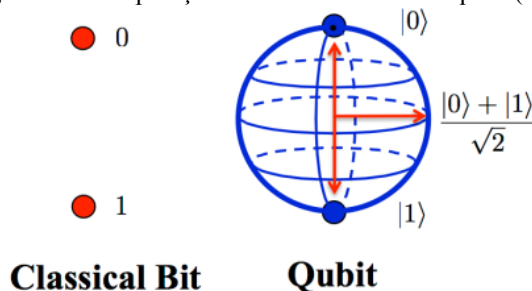
3 A COMPUTAÇÃO QUÂNTICA

A computação quântica representa o encontro entre os princípios probabilísticos da física quântica e a tecnologia computacional. Essa união foi realizada com o objetivo de expandir a capacidade de processamento além das limitações da computação clássica,

permitindo a realização de tarefas que exigem altos níveis de poder computacional, inviáveis para sistemas tradicionais.

Na computação clássica, a menor unidade de informação é o bit, que assume valores de 0 ou 1. Já na computação quântica, essa unidade básica é o qubit (abreviação de "quantum bit"). Os qubits diferem dos bits convencionais por operarem em estados quânticos de superposição, onde podem representar simultaneamente 0 e 1. Na figura 2, temos a representação do bit clássico e do qubit, mostrando que, enquanto os bits trabalham com polaridades entre os estados de 0 e 1 — como positivo e negativo, ligado e desligado ou aceso e apagado —, os qubits operam entre os dois estados, manipulando a probabilidade de obtermos um estado ou outro. Esse fenômeno é viabilizado por princípios da mecânica quântica, como a superposição, a transferência e o emaranhamento, que ampliam exponencialmente as possibilidades de processamento.

Figura 2 - Comparação do bit tradicional e o qubit (bit quântico).



Fonte: Universos Quânticos, 26 Mai. 2017. Disponível em:

<https://universosquanticos.wordpress.com/2017/05/26/o-bit-do-lado-quantico-da-forca/>. Acesso em: 15 Set. 2024.

A superposição é um dos fenômenos centrais da física quântica e é essencial para o funcionamento da computação quântica. Quando um qubit é colocado em superposição, ele não assume um estado definido de 0 ou 1, como acontece com os bits na computação clássica. Em vez disso, o qubit existe simultaneamente em uma combinação probabilística desses dois estados. Isso significa que, enquanto o qubit está em superposição, ocorre uma manipulação contínua das probabilidades de ele colapsar em 0 ou 1, ou seja, no momento em que um qubit está em superposição, ele não fornece uma informação direta, mas oferece o potencial de explorar múltiplas soluções ao mesmo tempo através do emaranhamento quântico.

O emaranhamento é um fenômeno fundamental para a computação quântica, na qual ele possibilita a conexão de qubits. Quando dois qubits estão emaranhados, eles ficam ligados e o estado de um qubit está diretamente relacionado ao estado do outro. Isso significa que, ao medir um dos qubits, é possível saber o estado do outro qubit, sem precisar medir diretamente

o segundo. Essa conexão instantânea permite que o processo de medição seja mais eficiente e rápido, melhorando a realização de cálculos complexos.

A interferência é um fenômeno também explorado. Em um sistema quântico, um qubit em emaranhamento com outros, em superposição, pode assumir múltiplos estados simultaneamente, representados por ondas associadas a essas possibilidades. Quando essas ondas se encontram, elas podem interagir de duas formas principais: interferência construtiva e interferência destrutiva.

A interferência construtiva ocorre quando as ondas associadas a diferentes estados de um qubit se combinam de maneira a amplificar a probabilidade de um estado específico. Isso acontece quando as ondas estão em fase, ou seja, suas amplitudes são iguais e se somam, aumentando a probabilidade do estado desejado do qubit.

Por outro lado, a interferência destrutiva acontece quando as ondas estão fora de fase, com amplitudes diferentes, resultando em uma redução da probabilidade de estados indesejados. Nesse caso, as ondas se cancelam parcialmente ou completamente, diminuindo a probabilidade de certos estados e ajudando a isolar ou enfatizar outros.

Na computação quântica, as propriedades de interferência são usadas para manipular os resultados dos cálculos. A interferência construtiva é utilizada para aumentar a probabilidade de resultados desejados, enquanto a interferência destrutiva é utilizada para reduzir a probabilidade de resultados indesejados.

4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

No campo da inteligência artificial (IA), um dos marcos recentes foi a criação do ChatGPT pela OpenAI, que trouxe o processamento de linguagem natural (Natural Language Processing - NLP) para o uso cotidiano. Com essa inovação, o acesso à IA se expandiu para além do setor tecnológico, alcançando uma variedade de usuários em áreas como educação, comunicação e negócios.

No entanto, a IA é composta por diversas subáreas que, quando combinadas, podem ter um impacto ainda maior quando integradas à computação quântica. Essas subáreas incluem:

- **Aprendizado de Máquina (Machine Learning):** Um exemplo prático dessa subárea é o uso de algoritmos de aprendizado de máquina para otimização em grandes volumes de dados financeiros. No contexto de computação quântica, o aprendizado de máquina

pode ser ainda mais eficiente, pois algoritmos quânticos podem analisar grandes conjuntos de dados possibilitando a detecção de padrões complexos que seriam difíceis de identificar com técnicas clássicas.

- **Aprendizado Profundo (Deep Learning):** O deep learning é uma das áreas mais promissoras em termos de integração com a computação quântica. Redes neurais profundas, como as utilizadas para reconhecimento de imagem ou diagnóstico médico, podem ser treinadas de maneira muito mais rápida em sistemas quânticos. Isso pode acelerar, por exemplo, a análise de exames médicos, como radiografias e tomografias, permitindo diagnósticos mais rápidos e precisos.
- **Redes Neurais Artificiais (Neural Networks):** As redes neurais artificiais já são amplamente usadas em sistemas de IA para tarefas como classificação de dados e previsão de tendências. Na computação quântica, espera-se que as chamadas "redes neurais quânticas" ofereçam maior capacidade de processamento e resolução de problemas complexos em áreas como previsão de comportamento de mercados financeiros ou simulação de reações químicas.
- **Visão Computacional (Computer Vision):** A visão computacional, que capacita máquinas a interpretar e compreender o mundo visual, também pode ser aprimorada com a computação quântica. Por exemplo, o tempo de processamento de imagens de satélite em alta resolução ou a análise de grandes volumes de imagens médicas pode ser drasticamente reduzido com o uso de algoritmos quânticos.
- **Processamento de Linguagem Natural (Natural Language Processing - NLP):** O processamento de linguagem natural já revolucionou a forma como interagimos com máquinas, desde assistentes virtuais a sistemas de tradução automática. A computação quântica pode melhorar ainda mais esses sistemas, especialmente em tarefas como tradução em tempo real e análise de grandes volumes de dados textuais, ao oferecer maior capacidade de processamento em menos tempo.

Segundo Augusto (2023), "com ou sem sistemas quânticos, as IAs continuarão a evoluir. Como iremos agir com relação a isso é que precisa ser debatido sob a ótica da razão e humanidades."

5 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa exploratória de caráter teórico, visando investigar as implicações do encontro entre duas tecnologias emergentes:

Computação Quântica e Inteligência Artificial (IA). A escolha por uma abordagem exploratória justifica-se pela necessidade de ampliar o entendimento e oferecer uma análise conceitual mais profunda de temas ainda em fase inicial de desenvolvimento na literatura acadêmica.

A revisão bibliográfica se concentra em estudos recentes sobre ambas as áreas, a fim de identificar interseções e avaliar possíveis impactos e sinergias entre a computação quântica e a IA. As fontes foram selecionadas a partir de artigos científicos internacionais e sites, garantindo a relevância e atualidade dos materiais consultados.

Este estudo não envolve coleta de dados primários, mas se foca em uma discussão teórica baseada em hipóteses sobre o futuro dessas tecnologias, fornecendo uma análise crítica dos desafios e oportunidades decorrentes de sua integração.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa revela que a combinação entre computação quântica e inteligência artificial (IA) tem o potencial de impactar profundamente não apenas o setor de tecnologia, mas também uma ampla gama de áreas, como saúde, finanças, segurança e até ciências sociais. A principal contribuição da computação quântica para a IA reside na sua capacidade de realizar processamento exponencialmente mais rápido e eficiente que a computação clássica. Esse diferencial possibilita a criação de algoritmos de machine learning e deep learning significativamente mais avançados, capazes de lidar com problemas complexos que envolvem grandes volumes de dados de maneira mais ágil e eficaz.

Um exemplo relevante é a otimização de sistemas, onde a IA alimentada por computação quântica pode encontrar soluções melhores e em menos tempo para problemas de grande complexidade computacional, como o planejamento logístico, a modelagem de moléculas para novos fármacos, ou a detecção de padrões em enormes conjuntos de dados financeiros. Além disso, a velocidade de processamento superior oferece uma vantagem na execução de tarefas de treinamento de redes neurais profundas, permitindo um aumento no desempenho dos modelos de IA sem a necessidade de supercomputadores clássicos de alto custo.

É importante destacar que a computação quântica foi inicialmente desenvolvida com o propósito de simular e resolver problemas que ocorrem no mundo quântico, como a modelagem de interações entre partículas subatômicas e a compreensão de fenômenos da mecânica quântica. No entanto, um dos principais desafios para aplicar essa tecnologia ao

nosso cotidiano é a necessidade de traduzir problemas do mundo macroscópico, que segue as leis da física clássica, em problemas que possam ser processados no ambiente quântico.

Além disso, existem desafios significativos relacionados à estabilidade dos sistemas quânticos, como o fenômeno da decoerência, que causa a perda de informação nos qubits ao interagirem com o ambiente externo. Outro obstáculo é a infraestrutura necessária para manter o estado quântico dos qubits de forma estável e controlada, exigindo ambientes extremamente frios e isolados. Além disso, ainda há uma compreensão limitada dos limites reais da computação quântica, o que torna o desenvolvimento de soluções práticas mais desafiador. Esses problemas precisam ser superados para que a computação quântica e a IA possam ser amplamente aplicadas de maneira eficiente em situações do mundo real.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A combinação entre computação quântica e inteligência artificial promete transformar áreas como saúde, finanças e segurança. O estudo mostra que a computação quântica aumenta o desempenho da IA ao oferecer processamento mais rápido e eficiente. Aplicações como aprendizado de máquina, aprendizado profundo e redes neurais podem ser amplamente beneficiadas, resolvendo problemas complexos em menor tempo. No entanto, o estudo também identifica desafios significativos, como a instabilidade dos sistemas quânticos e a necessidade de infraestrutura especializada para manter o estado dos qubits.

Ainda há limitações na compreensão dos limites da computação quântica, e mais pesquisas são necessárias para explorar todo o seu potencial. Mesmo com esses desafios, os resultados apontam para um futuro promissor, com a possibilidade de resolver problemas antes intratáveis e abrir novas áreas de inovação tecnológica. Novas pesquisas devem focar em como superar esses obstáculos e expandir as aplicações práticas da computação quântica em conjunto com a IA.

Segundo Tunholi (2024), especialistas do setor acreditam que "a adoção da computação quântica deve acontecer de forma geral até o final desta década – ou seja, tudo pode mudar nos próximos cinco anos. Independente da IA, a computação quântica tem tudo para revolucionar a tecnologia. No entanto, juntamente com a inteligência artificial, a inovação pode se tornar um verdadeiro divisor de águas".

8 REFERÊNCIAS

DIO. Técnicas de lógica de programação. Disponível em: <https://www.dio.me/articles/tecnicas-de-logica-de-programacao-M3VBKC>. Acesso em: 10 set. 2024.

BETRYBE. Linguagem de programação: o que é e para que serve. Disponível em: <https://blog.betrybe.com/linguagem-de-programacao/o-que-e-linguagem-de-programacao/>. Acesso em: 15 set. 2024.

IBM. Computação quântica. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/quantum-computing>. Acesso em: 02 set. 2024.

AWS. O que é computação quântica. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/quantum-computing/>. Acesso em: 12 set. 2024.

AZURE. O que é um qubit. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-a-qubit>. Acesso em: 15 set. 2024.

UNIVERSOS QUÂNTICOS. O bit do lado quântico da força. Disponível em: <https://universosquanticos.wordpress.com/2017/05/26/o-bit-do-lado-quantico-da-forca/>. Acesso em: 15 set. 2024.

PRODESP. Criptografia pós-quântica. Disponível em: <https://solucoes.prodesp.sp.gov.br/criptografia-pos-quantica/>. Acesso em: 23 set. 2024.

IBM. Algoritmos desenvolvidos pela IBM. Disponível em: <https://www.ibm.com/blogs/ibm-comunica/algoritmos-desenvolvidos-pela-ibm/#:~:text=Os%20modelos%20incluem%20tr%C3%AAs%20algoritmos,v%C3%A1rias%20ind%C3%BAstrias%20e%20a%20academia>. Acesso em: 15 set. 2024.

DIAS DE MORAES NETO, Gentil. Transferência e manipulação de informação quântica via tunelamento dissipativo não local. 2013. Artigo científico.

AKITA, Fabio. Entendendo Supremacia Quântica. Canal: Fabio Akita. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uaKWBI49mUI>. Acesso em: 23 set. 2024.

QUANTUM POET. Introdução à computação quântica. Disponível em: <https://quantumpoet.com/quantum-computing-introduction/>. Acesso em: 15 set. 2024.

SCIENTIFIC AMERICAN. Quantum computers can run powerful AI that works like the brain. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/quantum-computers-can-run-powerful-ai-that-works-like-the-brain/>. Acesso em: 15 set. 2024.

CAPITOL TECHNOLOGY UNIVERSITY. Supercharging AI with quantum computing: a look into the future. Disponível em: <https://www.captechu.edu/blog/supercharging-ai-quantum-computing-look-future>. Acesso em: 15 set. 2024.

ARTIBA. How quantum computing and AI will shape the future together. Disponível em:

<https://www.artiba.org/blog/how-quantum-computing-and-ai-will-shape-the-future-together>.

Acesso em: 07 set. 2024.

TUNHOLI, Murilo. Como a computação quântica e a inteligência artificial se relacionam. Gizmodo Brasil, 01 jun. 2024. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/como-a-computacao-quantica-e-a-inteligencia-artificial-se-relacionam/>. Acesso em: 17 set. 2024.

AUGUSTO, César. O potencial da combinação entre computação quântica e inteligência artificial. **TI Inside**, 24 maio 2023. Disponível em: <https://tiinside.com.br/24/05/2023/o-potencial-da-combinacao-entre-computacao-quantica-e-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 17 set. 2024.