

Análise comparativa entre modelos de rede neurais clássicos e quânticos

Matheus Sanchez Duda¹

JORGE DE OLIVEIRA ECHEIMBERG²

Centro Universitário Senac: Matheus.sduda@senacsp.edu.br

Centro Universitário Senac: jorge.oecheimberg@senacsp.edu.br

Resumo:

Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre redes neurais convolucionais clássicas (*CNNs*) e arquiteturas híbridas quântico-clássicas aplicadas à classificação de mamografias digitais em três categorias diagnósticas: Normal, Benigno e Maligno. A pesquisa parte da relevância clínica e social do câncer de mama, doença de grande impacto em saúde pública, e da necessidade de desenvolver ferramentas computacionais que possam auxiliar especialistas na interpretação de exames, especialmente em contextos de alta demanda diagnóstica. Nesse cenário, a Inteligência Artificial tem se consolidado como recurso estratégico de apoio à decisão médica, motivando não apenas o estudo de modelos já consolidados, mas também a investigação de abordagens emergentes, como a computação quântica aplicada ao aprendizado de máquina. O objetivo central do estudo foi estabelecer um baseline robusto com uma *CNN* clássica e, a partir dele, investigar experimentalmente a viabilidade técnica, o desempenho preditivo e as limitações computacionais de um modelo híbrido quântico-clássico, com controle das principais variáveis experimentais. A metodologia adotada foi quantitativa, experimental e comparativa. Para isso, foi estruturado um conjunto balanceado de 21.000 imagens, dividido estratificadamente em treino (70%), validação (15%) e teste (15%). As imagens passaram por conversão para escala de cinza, redimensionamento, normalização e aplicação de técnicas de aumento de dados. A *CNN* clássica foi implementada com seis blocos convolucionais, normalização, *pooling*, *GlobalAveragePooling*, *Dropout* e uma camada densa de 256 neurônios antes da saída *softmax*. Sua avaliação considerou acurácia, *loss*, comportamento de treino versus validação, F1-score e AUC, permitindo observar desempenho, generalização e indícios de ajustes finos. Nos melhores experimentos, o modelo clássico atingiu acurácia de teste próxima de 0,69 e *AUC* superior a 0,84, demonstrando desempenho consistente. Já o modelo quântico adotado não foi puramente quântico, mas sim híbrido: a *CNN* clássica extraiu características das imagens, essas representações foram projetadas para um número reduzido de *qubits*, processadas por uma *QuantumLayer* implementada com *Qiskit* e, em seguida, encaminhadas para um cabeçote denso clássico responsável pela classificação final.

Assim como no modelo clássico, as métricas principais de desempenho do híbrido incluíram *accuracy*, *loss*, AUC, *recall*, *precision* e *F1-score*. Além delas, foram utilizadas métricas diagnósticas específicas do bloco quântico, como ativações médias $\langle Z \rangle$, saturação dos *qubits*, norma do gradiente e pureza, úteis para avaliar estabilidade numérica, capacidade de propagação de sinal e comportamento interno da camada

quântica. Os resultados indicaram que várias execuções do modelo híbrido permaneceram próximas ao nível do acaso ou apresentaram colapso para uma classe dominante; em sua melhor execução avaliada, a acurácia ficou em torno de 0,34, valor muito inferior ao baseline clássico. Conclui-se que a abordagem clássica permanece, no cenário atual, como solução mais madura e tecnicamente aplicável, enquanto a integração quântico-clássica segue promissora do ponto de vista científico, porém ainda limitada por restrições de hardware, escalabilidade dos simuladores e custo computacional.

Palavras-chave: Câncer de Mama; Mamografia; Redes Neurais Convolucionais; Inteligência Artificial; Computação Quântica