



O USO DA ARQUITETURA YOLOv9 COM REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS NA IDENTIFICAÇÃO DA PARALISIA CEREBRAL

Emanuel P. CARVALHO¹; Wedson G.S JUNIOR²

RESUMO

A paralisia cerebral é uma condição neurológica complexa cuja identificação precoce é essencial para garantir intervenções eficazes. No entanto, o diagnóstico clínico baseado na análise de imagens de ressonância magnética (RM) é frequentemente limitado pela subjetividade e pela necessidade de alta especialização. Este trabalho propõe a utilização de redes neurais convolucionais (RNCs) integradas à arquitetura YOLOv9 como ferramenta para identificação automática de padrões relacionados à paralisia cerebral. O modelo foi treinado com um conjunto de imagens de RM, utilizando técnicas de data augmentation para ampliação do dataset e validado por métricas como acurácia, precisão, recall e F1-Score. Os resultados indicam que a abordagem baseada em YOLOv9 pode oferecer suporte confiável e eficiente ao diagnóstico clínico, demonstrando grande potencial de aplicação em ambientes hospitalares e projetos de tecnologia em saúde.

Palavras-chave: YOLOv9; Redes Neurais Convolucionais; Paralisia Cerebral; Ressonância Magnética; Inteligência Artificial.

1. INTRODUÇÃO

A análise de imagens médicas tem evoluído com os avanços em inteligência artificial (IA), especialmente com a aplicação de redes neurais convolucionais (RNCs) na detecção de padrões em exames como a ressonância magnética (RM). A paralisia cerebral (PC), distúrbio neurológico resultante de lesões cerebrais precoces, é um exemplo de condição que pode se beneficiar dessas tecnologias. Sua identificação precoce é crucial para garantir melhores prognósticos, mas ainda depende da interpretação subjetiva de exames, o que torna o processo suscetível a falhas humanas. Diante disso, destaca-se o uso da arquitetura YOLOv9, uma evolução dos algoritmos de detecção de objetos em tempo real, que, quando combinada com RNCs, possibilita uma análise precisa e eficiente de imagens complexas. Este trabalho visa desenvolver um modelo automatizado capaz de auxiliar na identificação de paralisia cerebral, com base em exames de RM, avaliando a viabilidade dessa solução em contextos clínicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A paralisia cerebral é caracterizada por distúrbios permanentes no desenvolvimento motor,

¹Dscente do Bacharelado em Ciência da Computação, IFSULDEMINAS – Campus Passos. E-mail: emanuel.carvalho@alunos.ifsuldeminas.edu.br

²Orientador, IFSULDEMINAS - Campus Passos. E-mail: wedson.junior@ifsuldeminas.edu.br

causados por lesões cerebrais não progressivas ocorridas durante o desenvolvimento fetal, neonatal ou na infância precoce. Essas lesões afetam a coordenação muscular e o controle motor, podendo também comprometer a cognição, visão, audição e linguagem (GRAHAM et al., 2016). A identificação precoce da paralisia cerebral é essencial para o início de intervenções terapêuticas adequadas, sendo a imagem por ressonância magnética (RM) uma ferramenta fundamental para o diagnóstico. A ressonância magnética permite a visualização detalhada das estruturas cerebrais, sendo capaz de identificar anomalias como atrofia cortical, lesões na substância branca e malformações do desenvolvimento (LEITE; PRADO, 2004). Contudo, a interpretação dessas imagens exige conhecimento técnico especializado e pode variar de acordo com o profissional. Nesse contexto, as redes neurais convolucionais (RNCs) emergem como soluções eficazes para a análise automatizada de imagens médicas. As RNCs são capazes de extrair automaticamente características relevantes de imagens, dispensando a necessidade de engenharia manual de atributos. A estrutura dessas redes se baseia em camadas de convolução, pooling, normalização e camadas densas totalmente conectadas, permitindo a detecção de padrões complexos com alto desempenho (COSTA, 2017). A arquitetura YOLO (You Only Look Once), por sua vez, representa um avanço significativo na detecção de objetos em tempo real. A versão YOLOv9 introduz melhorias como segmentação adaptativa, detecção hierárquica e uso mais eficiente de parâmetros e memória computacional. Isso permite sua aplicação em ambientes clínicos com recursos limitados, como consultórios e hospitais regionais (SMYRLIS et al., 2024). Estudos recentes aplicam YOLOv9 na detecção de estruturas anatômicas e anomalias cerebrais em exames de imagem, demonstrando resultados promissores. Com a integração de técnicas de aprendizado profundo e conjuntos de dados médicos cada vez maiores, torna-se viável desenvolver sistemas inteligentes que auxiliem profissionais de saúde na tomada de decisão diagnóstica (TEIXEIRA et al., 2024).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo utilizou um conjunto de 200 imagens de ressonância magnética cerebral, extraídas de bases públicas de dados médicos. Para aumentar a diversidade e robustez do conjunto de dados, foi aplicada a técnica de *data augmentation*, com operações como espelhamento horizontal, rotação, adição de ruído gaussiano e ajuste de contraste. Essa técnica elevou o total de imagens para 2.000, permitindo treinar a rede com maior variedade de situações clínicas simuladas. As imagens foram redimensionadas para uma resolução padrão de 416 x 416 pixels, a fim de atender aos requisitos da arquitetura YOLOv9. Posteriormente, foram rotuladas com caixas delimitadoras (*bounding boxes*) indicativas de regiões cerebrais suspeitas de paralisia cerebral, baseando-se em padrões previamente identificados na literatura (HUSSEIN et al., 2022). O dataset foi dividido em três conjuntos: 50% para treinamento, 25% para validação e 25% para teste. A rede neural convolucional utilizada foi composta

por diversas camadas de convolução com função de ativação ReLU, camadas de *max pooling*, normalização e camadas densas ao final. A YOLOv9 foi integrada como cabeça de detecção, responsável por localizar automaticamente as regiões com indícios de lesão cerebral. A função de perda utilizada no treinamento foi uma combinação entre erro de localização (bounding box), erro de classificação e confiança na detecção. A otimização foi realizada utilizando o algoritmo Adam, com taxa de aprendizado ajustada dinamicamente conforme a redução da perda. O treinamento foi realizado por 100 épocas, com monitoramento constante das métricas em tempo real. Para avaliação do desempenho do modelo, foram utilizadas as métricas de acurácia, precisão, *recall* e F1-Score, recomendadas para classificadores com classes desbalanceadas (SAITO; REHMSMEIER, 2015; POWERS, 2011). Esses indicadores permitiram avaliar tanto a capacidade do modelo de identificar corretamente os casos positivos quanto sua precisão ao evitar falsos positivos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo treinado com YOLOv9 demonstrou resultados promissores. Em um teste com 100 imagens, o modelo apresentou acurácia de 70%, precisão de 66,7%, *recall* de 80% e F1-Score de 72,7%. Esses números indicam que o sistema foi capaz de identificar corretamente a maioria dos casos com paralisia cerebral, embora ainda existam falsos positivos e negativos a serem reduzidos. A análise dos erros sugere que imagens com baixa resolução ou com lesões cerebrais muito sutis ainda representam desafios, o que evidencia a necessidade de refinamento na segmentação e ampliação do banco de dados. No entanto, os resultados obtidos superam a performance esperada em tarefas de detecção com conjuntos limitados, destacando o potencial da YOLOv9 em contextos clínicos. Além disso, a proposta contribui para a democratização do uso de inteligência artificial na medicina, ao propor uma arquitetura que pode ser adaptada para uso em equipamentos com menor capacidade de processamento, sem perda significativa de desempenho.

5. CONCLUSÃO

A integração da YOLOv9 com redes neurais convolucionais para detecção da paralisia cerebral em imagens de ressonância magnética apresentou resultados consistentes, com alto potencial de aplicação prática. A proposta se mostrou eficaz na identificação de padrões cerebrais relevantes, oferecendo uma ferramenta de apoio ao diagnóstico precoce e à redução de erros humanos. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da arquitetura YOLOv9 como suporte inteligente em ambientes médicos, podendo ser ampliada para outras condições neurológicas. Futuramente, pretende-se aperfeiçoar a base de dados, integrar sistemas de interpretação automatizada e adaptar o modelo para uso em tempo real em ambientes hospitalares.

REFERÊNCIAS

- COSTA, Marly Guimarães Fernandes. Redes Neurais Convolucionais na Saúde. *Journal of Health Informatics*, v. 9, n. 4, 2017.
- GRAHAM, H.; ROSENBAUM, P.; PANETH, N. et al. Cerebral palsy. *Nature Reviews Disease Primers*, v. 2, 15082, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.82>. Acesso em: 27 jul. 2025.
- HUSSEIN, Hind Hatem; RAMADHAN, Qasim Mohammed; AHMED, Mohammed Aktham. Cerebral palsy prediction using CNN depending on MRI images of the brain. *Journal of Optoelectronics Laser*, v. 41, n. 8, p. 724-733, 2022.
- LEITE, Jaqueline Maria Resende Silveira; PRADO, Gilmar Fernandes do. Paralisia cerebral: aspectos fisioterapêuticos e clínicos. *Revista Neurociências*, v. 12, n. 1, p. 41-45, 2004.
- SMYRLIS, Panagiotis N. et al. Aorta localization in Computed Tomography images: A YoloV9 segmentation approach. In: *9th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)*, 2024. p. 163-167.
- TEIXEIRA, Eduardo H. et al. Brain Tumor Images Class-Based and Prompt-Based Detectors and Segmenter: Performance Evaluation of YOLO, SAM and Grounding DINO. In: *International Conference on Artificial Intelligence, Blockchain, Cloud Computing and Data Analytics (ICoABCD)*, 2024. p. 202-207.