*Revista Perquirere*, vol. 23, n. 1: 579-592, 2026
© Centro Universitário de Patos de Minas
https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere

# Sistemas de reabilitação e avaliação de AVC baseados em IA: uma revisão sistemática

*Artificial Intelligence-based stroke rehabilitation and assessment systems: a systematic review*

ARTHUR ANDERSON SILVA
Discente de Medicina (UNIPAM)
arthuranderson@unipam.edu.br

DANYANE SIMÃO GOMES
Professora orientadora (UNIPAM)
danyane@unipam.edu.br

**Resumo:** O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma importante causa de incapacidade no mundo, gerando limitações funcionais significativas e elevado impacto socioeconômico. A complexidade e a duração da reabilitação têm impulsionado tecnologias inovadoras, como a Inteligência Artificial (IA), visando otimizar o tratamento e melhorar os desfechos clínicos. O estudo objetivou analisar e sintetizar as evidências científicas acerca do uso da IA na avaliação e na reabilitação de pacientes pós-AVC. Foi feita uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme o PRISMA 2020. Foram realizadas buscas no PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde e EBSCOHost, incluindo estudos entre 2020/2024, em português e inglês. Foram incluídos 20 estudos ao fim da pesquisa. As IAs apresentaram acurácia entre 70% e 90%, com melhor desempenho em abordagens multimodais que integraram dados de múltiplas fontes. A IA possui potencial na reabilitação pós-AVC, embora limitações metodológicas indiquem a necessidade de estudos prospectivos e multicêntricos.
**Palavras-chave:** acidente vascular cerebral; aprendizado de máquina; avaliação de resultados em cuidados de saúde; inteligência artificial; reabilitação.

**Abstract:** Stroke is a major cause of disability worldwide, leading to significant functional limitations and substantial socioeconomic impact. The complexity and duration of rehabilitation have driven the development of innovative technologies, such as Artificial Intelligence (AI), aimed at optimizing treatment and improving clinical outcomes. This study aimed to analyze and synthesize scientific evidence regarding the use of AI in the assessment and rehabilitation of post-stroke patients. A systematic literature review was conducted in accordance with PRISMA 2020 guidelines. Searches were performed in PubMed, the Virtual Health Library, and EBSCOHost, including studies published between 2020 and 2024 in Portuguese and English. A total of 20 studies were included at the end of the selection process. AI models demonstrated accuracy ranging from 70% to 90%, with better performance observed in multimodal approaches integrating data from multiple sources. AI shows potential in post-stroke rehabilitation; however, methodological limitations indicate the need for prospective and multicenter studies.
**Keywords**: stroke; machine learning; outcome assessment in health care; artificial intelligence; rehabilitation.

## 1 INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é o principal acometimento incapacitante no mundo, sendo que aproximadamente 70% dos pacientes ficam impossibilitados de retomarem suas atividades laborais em ocasião das sequelas. O AVC é definido como o surgimento de um déficit neurológico súbito advindo de um problema na vasculatura cerebral, podendo ocorrer em qualquer idade, mas sendo mais incidente em idosos e indivíduos de alto risco cardiovascular (Demeco *et al*., 2023).

As sequelas de um AVC partem de leves déficits motores e cognitivos até alcançar patamares de graves incapacidades e limitações nas Atividades de Vida Diárias (AVDs). Nesse sentido, a reabilitação vem se mostrando cada vez mais como um componente essencial no tratamento pós-AVC, o qual merece um investimento tecnológico sucessivo para garantir o avanço na área (Malik *et al*., 2022).

Tradicionalmente, a reabilitação inclui terapias físicas, ocupacionais e da fala, que são personalizadas de acordo com as necessidades de cada paciente. Entretanto, o processo de recapacitação é complexo e desafiador, demandando um acompanhamento contínuo e duradouro (Malik *et al*., 2022).

Nessa lógica, nos últimos anos, a inteligência artificial (IA) se tornou uma importante aliada das diversas áreas de atenção em saúde, incluindo a reabilitação e a avaliação do AVC, que abrange vertentes da Medicina, Fisioterapia e outras mais. Sistemas de IA são capazes de auxiliar na previsão de resultados clínicos e na elaboração e execução de planos de reabilitação. Sendo assim, este fato se apresenta com grande relevância na complementação dos métodos tradicionais e também na melhor adesão ao tratamento, como é o caso de tecnologias da robótica e dos diversos mecanismos de realidade virtual e aumentada, que favorecem o cuidado ao paciente e ampliam a qualidade de vida (Campagnini *et al*., 2022).

No entanto, apesar de todas as expectativas que a IA gerou, o seu emprego na reabilitação de pessoas com histórico de AVC ainda passa por amplos desafios. É necessário que se criem métodos e ferramentas adequadas para que haja um perfeito alinhamento entre as ferramentas elaboradas pela IA e os seres humanos que foram tratados (Rahman *et al*., 2022). Portanto, esse cenário complexifica a consolidação dessas inovações do ambiente teórico para a prática clínica, o que torna crucial uma revisão abrangente das pesquisas atuais, a fim de comparar os resultados alcançados até agora e conhecer os desafios que ainda precisam ser superados.

Entre as patologias incapacitantes, o AVC é uma das mais relevantes no mundo, gerando um enorme prejuízo físico e emocional tanto para o indivíduo afetado quanto para toda a sociedade à sua volta. Assim sendo, nesses pacientes, a qualidade do tratamento e da reabilitação das capacidades plenas são cruciais para a garantia de um bom prognóstico.

Com vistas ao sucesso na recuperação dos casos de AVC, no presente há diversos instrumentos tecnológicos que estão ganhando cada vez mais espaço e servindo para aprimorar as técnicas iniciais. Entre eles, a IA se mostra como uma aliada de grande relevância tanto para a avaliação do AVC quanto para a restauração das capacidades plenas do indivíduo afetado (Rahman *et al*., 2022).

Nessa perspectiva, este estudo visa identificar, analisar e comparar os mecanismos acerca do uso da IA na reabilitação e avaliação do AVC, e identificar a acurácia dos modelos de IA em prever os resultados da reabilitação pós AVC, bem como descrever como as modalidades de IA podem ser úteis para a avaliação e reabilitação do paciente vítima de AVC para que, dessa forma, possa-se chegar à definição do melhor aparato de ferramentas tecnológicas que irão, em suma, contribuir para a elevação do prognóstico e diminuição da morbimortalidade.

## 2 METODOLOGIA

Tratou-se de uma revisão sistemática, que consiste na construção de uma análise ampla da literatura, contribuindo para discussões sobre métodos e resultados de pesquisas, e que tem a finalidade de sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão de forma sistemática, ordenada e abrangente, proporcionando a síntese do conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

Para a realização da revisão sistemática foram seguidas as seguintes etapas: definição do tema, elaboração da questão de pesquisa, estabelecimento de critérios de busca na literatura e de inclusão e exclusão de artigos; definição das informações a serem extraídas dos artigos selecionados e categorização dos estudos; análise e interpretação dos resultados e apresentação da revisão como síntese do conhecimento (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

O estudo foi guiado pela pergunta norteadora "Quais são as modalidades de IA eficazes para a predição de resultados da reabilitação pós-AVC?". Para direcionar a busca dos artigos, foi adotado o uso dos Descritores em Ciências da Saúde Acidente Vascular Cerebral, reabilitação, aprendizado de máquina e aprendizado profundo em português, e *stroke, rehabilitation, machine learning* e *deep learning* em inglês.

As bases de dados eletrônicas consultadas foram o *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE), por meio da ferramenta de busca PubMed, a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), e o EBSCOHost, que inclui uma série de outras bases de dados em sua pesquisa. Essas bases de dados foram escolhidas pelo alcance científico na área da saúde. A busca foi realizada com vistas a buscar artigos publicados no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2024, na língua portuguesa e inglesa.

Foi realizado o levantamento dos artigos seguindo os critérios de inclusão estabelecidos e os artigos que não apresentaram coerência com o objetivo do estudo e a questão norteadora ou que eram duplicados foram excluídos. Na sequência, foi realizada a análise e a seleção dos artigos, independentemente, por dois pesquisadores, observando-se o título e os resumos dos artigos. Nos casos em que estes não forem suficientes para determinar a elegibilidade da publicação, foi verificada a publicação na íntegra.

Posteriormente estes pesquisadores se encontraram para comparar a amostragem selecionada, discutir as discrepâncias e chegar a um consenso acerca da amostragem dos artigos que irão compor o estudo. Então, os artigos selecionados foram analisados e os dados relevantes para direcionar a análise e discussão da temática proposta foram coletados. Para a coleta de dados, foi utilizado um instrumento

desenvolvido pelos autores, o qual contempla as seguintes variáveis: ano de publicação, título, autores, delineamento do tipo de estudo, nível de evidência científica do artigo, modelos de IA utilizados e a acurácia dos modelos.

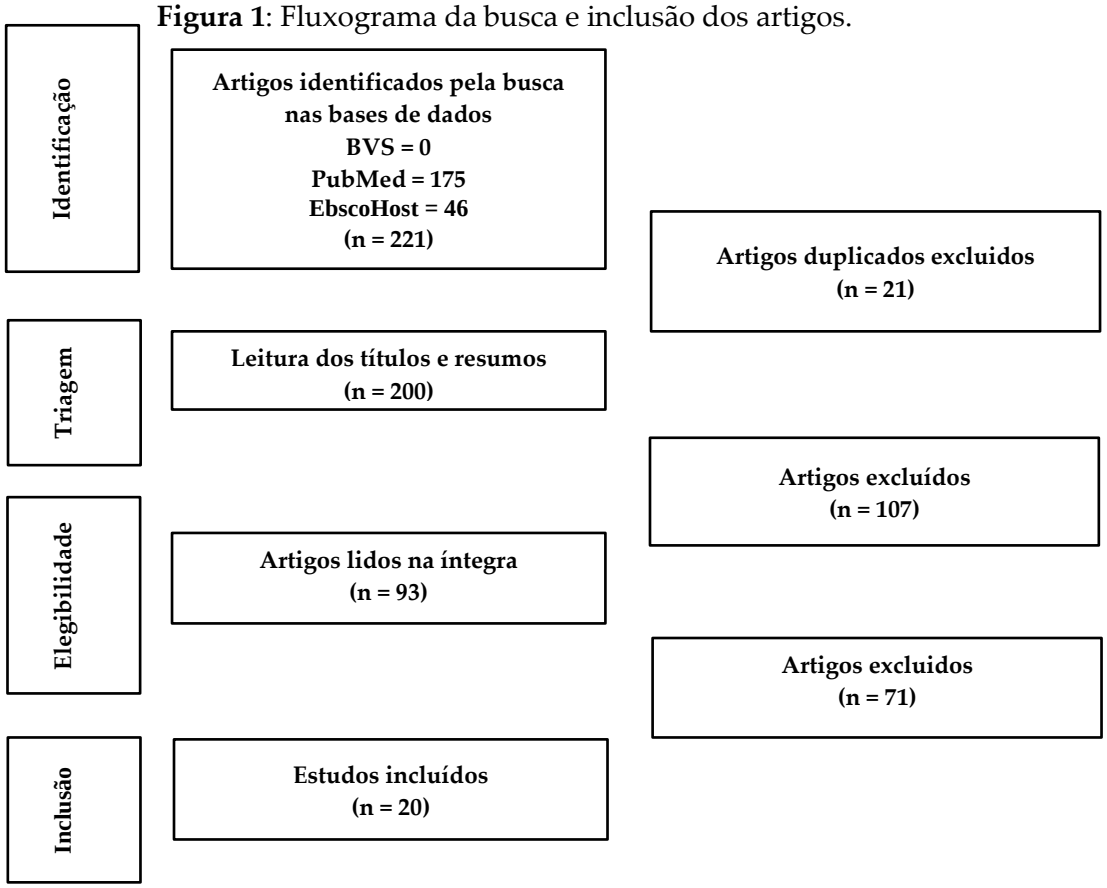
Para determinar o nível de evidência científica foram adotadas as diretrizes metodológicas do sistema *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation* (GRADE) (Brasil, 2014). Assim, foi possível elencar o nível de evidência científica dos artigos e o grau de recomendação dos modelos de IA encontrados pelo estudo.

A análise dos artigos foi realizada pelo método de análise descritiva, possibilitando observar, analisar e correlacionar os dados com a maior precisão possível. Por fim, os artigos selecionados foram organizados e as variáveis, supracitadas, apresentadas em uma tabela descritiva, objetivando sintetizar as informações, bem como propiciar uma melhor visualização dos dados essenciais que merecem destaque.

## 3 RESULTADOS

A profunda busca na literatura por artigos que abordam o tema em questão propiciou encontrar de forma abrangente 200 artigos únicos, publicados entre 2020 e 2024, no entanto, desse montante, apenas 20 artigos foram incluídos ao fim da avaliação pelos autores, sendo representado na Figura 1.

**Figura 1**: Fluxograma da busca e inclusão dos artigos.




Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Desse modo, as publicações selecionadas para análise foram estruturadas e descritas no Quadro 2, citando ano de publicação, título, autores dos artigos analisados.

**Quadro 2**: Organização dos artigos por ano de publicação, título e autores.

| Nº | Ano | Título | Autores |
|---|---|---|---|
| 1 | 2024 | *Early Prediction of Poststroke Rehabilitation Outcomes Using Wearable Sensors* | O'Brien *et al*. |
| 2 | 2024 | *Fall Risk Assessment in Stroke Survivors: A Machine Learning Model Using Detailed Motion Data from Common Clinical Tests and Motor-Cognitive Dual-Tasking* | Abdollahi *et al*. |
| 3 | 2024 | *Logistic regression analysis and machine learning for predicting post-stroke gait independence: a retrospective study* | Miyazaki *et al*. |
| 4 | 2024 | *Multiple imputation integrated to machine learning: predicting post-stroke recovery of ambulation after intensive inpatient rehabilitation* | Finocchi *et al*. |
| 5 | 2024 | *Predicting recovery following stroke: Deep learning, multimodal data and feature selection using explainable AI* | White *et al*. |
| 6 | 2024 | *Prediction of poststroke independent walking using machine learning: a retrospective study* | Tang *et al*. |
| 7 | 2023 | *Application of Deep Learning Algorithm to Monitor Upper Extremity Task Practice* | Li *et al.* |
| 8 | 2023 | *Improvement of predictive accuracies of functional outcomes after subacute stroke inpatient rehabilitation by machine learning models* | Miyazaki *et al*. |
| 9 | 2023 | *Machine learning predictive model for aspiration screening in hospitalized patients with acute stroke* | Park *et al*. |
| 10 | 2023 | *Predicting patient-reported outcome of activities of daily living in stroke rehabilitation: a machine learning study* | Chen *et al*. |
| 11 | 2023 | *The use of machine learning and deep learning techniques to assess proprioceptive impairments of the upper limb after stroke* | Hossain *et al*. |
| 12 | 2022 | *Cross-validation of predictive models for functional recovery after post-stroke rehabilitation* | Campagnini *et al*. |
| 13 | 2022 | *Machine learning predicts clinically significant health related quality of life improvement after sensorimotor rehabilitation interventions in chronic stroke* | Liao *et al*. |
| 14 | 2022 | *Multimodal Neural and Behavioral Data Predict Response to Rehabilitation in Chronic Poststroke Aphasia* | Billot *et al*. |
| 15 | 2021 | *Machine learning-based multimodal prediction of language outcomes in chronic aphasia* | Kristinsson *et al*. |
| 16 | 2021 | *Natural Language Processing Enhances Prediction of Functional Outcome After Acute Ischemic Stroke* | Sung *et al*. |
| 17 | 2020 | *Inpatient stroke rehabilitation: prediction of clinical outcomes using a machine-learning approach* | Harari *et al*. |
| 18 | 2020 | *Machine Learning Methods Predict Individual Upper-Limb Motor Impairment Following Therapy in Chronic Stroke* | Tozlu *et al*. |
| 19 | 2020 | *Machine learning to predict mortality after rehabilitation among patients with severe stroke* | Scrutinio *et al*. |
| 20 | 2020 | *Machine-learning prediction of self-care activity by grip strengths of both hands in poststroke hemiplegia* | Suzuki *et al*. |

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Em seguida, apresentaram-se os artigos e as informações contidas em seu texto completo, incluindo tipo de estudo, tamanho da amostra e sua duração e o nível de evidência científica da publicação, representado no Quadro 3.

**Quadro 3**: Distribuição dos artigos de acordo com delineamento do estudo, níveis de evidência científica do artigo e as IAs identificadas.

| Nº | Delineamento do estudo | Nível de evidência científica |
|---|---|---|
| 1 | Estudo retrospectivo observacional, com 55 pacientes hospitalizados em reabilitação pós-AVC isquêmico ou hemorrágico, avaliando-se como desfecho a mobilidade funcional, a independência funcional e o risco de quedas. Percebeu-se melhor desempenho na predição de mobilidade e risco de quedas, sendo que, para pacientes ambulantes na admissão, os sensores melhoraram significativamente as previsões, porém não agregaram valor preditivo para os não ambulantes. | Baixo |
| 2 | Estudo observacional, visando ao desenvolvimento e teste de modelos de Machine Learning (ML) para classificação do risco de queda em indivíduos que sofreram AVC, utilizando dados detalhados de movimento de 21 adultos que havia sofrido AVC há pelo menos 6 meses e com capacidade de caminhar 10 metros sem assistência. Após os resultados, concluiu-se que modelos de ML aplicados a dados de sensores inerciais durante testes clínicos simples e tarefas dual-task são ferramentas promissoras para identificação precoce do risco de queda em sobreviventes de AVC, com potencial para aplicação em ambientes clínicos e comunitários. | Baixo |
| 3 | Estudo observacional, retrospectivo, com algoritmos de aprendizado de máquina para prever desfechos funcionais pós-AVC, com população de 843 pacientes. Ao final, percebeu-se que, apesar de os modelos de ML alcançarem desempenho semelhante ao da regressão logística. A LR permanece uma opção eficaz e mais interpretável, o que facilita sua aplicação clínica sem necessidade de computação complexa. | Baixo |
| 4 | Estudo observacional retrospectivo. Buscou desenvolver um modelo preditivo para recuperação da habilidade de caminhada independente após reabilitação intensiva em pacientes pós-AVC, integrando técnica de imputação múltipla (MImp) para lidar com dados ausentes em conjunto com algoritmos de ML. O estudo baseou-se em dados de 448 pacientes que sobreviveram ao AVC (368 no treinamento + 80 no teste). Ao se analisarem os resultados, o Random Forest atingiu 75,5% de acurácia balanceada média nos datasets de teste. O uso de técnicas interpretáveis (SHAP) evidenciou quais características clínicas foram mais decisivas na previsão da recuperação da marcha. | Baixo |
| 5 | Estudo observacional. Buscou-se desenvolver modelos de deep learning (DL) multimodal que combinem dados de ressonância magnética (MRI) e dados clínicos/tabulares, para prever a recuperação da linguagem após AVC. A população do artigo foi composta por 758 sobreviventes de AVC falantes de inglês. O melhor desempenho foi obtido com uma rede neural ResNet 2D combinando 8 regiões cerebrais (ROIs) e dados tabulares, alcançando acurácia de 0,854, AUC de 0,899 e F1-score de 0,901. Concluiu-se que a estratégia desenvolvida nesse estudo foi capaz de criar modelos altamente precisos na predição da recuperação após AVC, com acurácia acima de 85%, mostrando-se como uma abordagem promissora para previsões individualizadas e interpretáveis em contextos de neurorreabilitação. | Moderado |
| 6 | Estudo observacional retrospectivo com análise preditiva baseada em ML. Objetivou comparar três modelos de aprendizado de máquina para prever a recuperação da marcha | Moderado-baixo |

| | | |
|---|---|---|
| | independente em pacientes com AVC, ao final da reabilitação. Incluíram-se 778 pacientes com AVC internados (80% para treinamento e 20% para teste). O modelo XGBoost superou a regressão logística na maioria das métricas preditivas. Teve AUC de 0,891 (vs. 0,880), acurácia de 87,82% (vs. 86,54%) e sensibilidade de 50,00% (vs. 39,39%). Também apresentou F1-score e NPV ligeiramente superiores, enquanto a regressão teve leve vantagem apenas na especificidade (96,88% vs. 96,09%). Ao final, o XGBoost foi mais eficaz na previsão da marcha independente após a reabilitação e, junto da regressão logística, identificou os mesmos fatores-chave. | |
| 7 | Estudo experimental, com 20 participantes saudáveis para simular condições clínicas (movimentos corretos, compensatórios e incompletos, típicos de pacientes pós-AVC). Teve como objetivo o desenvolvimento e validação de um algoritmo de DL (uso de redes neurais recorrentes tipo LSTM bidirecional) para identificar tarefas motoras de membros superiores e classificar a qualidade do movimento, utilizando dados de sensores inerciais (IMU) em voluntários neurotípicos. Concluiu-se que a combinação de sensores vestíveis + DL foi promissora para monitorar exercícios domiciliares pós-AVC, além do fato de que eles podem substituir autorrelatos, fornecer feedback objetivo e aumentar a eficácia da reabilitação. | Baixo |
| 8 | Estudo quantitativo, observacional com comparação entre modelos estatísticos para previsão de desfechos funcionais em pacientes com AVC na fase subaguda. Contou com 1.046 pacientes adultos com diagnóstico de AVC em fase subaguda, que receberam reabilitação intensiva em regime de internação. Objetivou comparar a precisão preditiva de diferentes modelos de aprendizado de máquina para prever os resultados funcionais medidos pelo Functional Independence Measure (FIM) na alta hospitalar. Concluiu-se que as abordagens de ML fornecem previsões mais precisas de funcionalidade na alta de pacientes com AVC em reabilitação subaguda do que os modelos tradicionais e que podem auxiliar clínicos e equipes multidisciplinares a planejarem alta, recursos e prognósticos com maior acurácia. | Baixo |
| 9 | Estudo retrospectivo, observacional e quantitativo, com aplicação de métodos de ML para predição clínica. Foram selecionados 3.408 pacientes internados por AVC agudo, com aspiração confirmada por videofluoroscopia de deglutição (VFSS) em 448 indivíduos. O objetivo era desenvolver e validar modelos de aprendizado de máquina para prever aspiração em pacientes com AVC agudo internados, comparando o desempenho com o do escore clínico Gugging Swallowing Screen (GUSS). Os modelos de aprendizado de máquina ofereceram desempenho de triagem para aspiração igual ou superior ao GUSS, com sensibilidade ligeiramente melhor e boa capacidade preditiva geral. A escala modified Rankin destacou-se como variável mais influente em todas as análises. | Baixo |
| 10 | Estudo observacional retrospectivo com análise preditiva por algoritmos de ML. Teve um total de 124 participantes, sendo todos adultos com AVC unilateral crônico. Nos resultados foi constatado que acurácia e F1-score variaram conforme o modelo e a escala de desfecho. Random Forest e SVM tiveram melhor desempenho geral, especialmente após seleção de variáveis. Após a obtenção dos resultados, concluiu-se que o uso de algoritmos multivariados com preditores clínicos e demográficos permite prever com maior precisão a melhoria percebida pelos pacientes nas atividades diárias. Ademais, a identificação de variáveis mais relevantes (por meio de seleção de características), além de reduzir a complexidade, pode melhorar a eficiência e aplicabilidade clínica dos modelos. | Baixo-moderado |
| 11 | Estudo observacional retrospectivo com análise preditiva baseada em aprendizado de máquina. Objetivou explorar o uso de métodos de ML e DL aplicados a dados cinemáticos robóticos para classificar déficits proprioceptivos do membro superior após o AVC. A população desse estudo foi de 429 pacientes com AVC (<35 dias) e 465 controles saudáveis, | Baixo |

| | | |
|---|---|---|
| | avaliados no Canadá com o dispositivo robótico Kinarm realizando a tarefa de Arm Position Matching (APM). Os modelos obtiveram um desempenho médio relevante, com Acurácia: 82,4%, Precisão: 85,6%, Recall (sensibilidade): 76,5%, F1-score: 80,6%. Concluiu-se que modelos de machine e DL baseados exclusivamente em dados robóticos cinemáticos alcançaram boa performance em classificar déficits proprioceptivos. | |
| 12 | Estudo observacional transversal quantitativo, com foco em correlação entre dados objetivos de sensores e testes clínicos funcionais. Dele participaram 29 indivíduos com AVC crônico, sendo incluídos aqueles com AVC ocorrido há mais de 6 meses e com déficit motor residual no membro superior. O objetivo do estudo foi avaliar se a velocidade de movimento do braço parético, medida por sensores inerciais (IMUs) no punho, poderia ser usada como indicador objetivo da função motora em atividades de vida diária de indivíduos que sofreram AVC. Como resultados, percebeu-se que a velocidade dos movimentos do braço, registrada por sensores inerciais, pode ser um marcador objetivo e confiável da função motora real de pessoas com AVC, podendo ser usada para monitorar progressos na reabilitação. | Baixo |
| 13 | Estudo observacional retrospectivo. Buscou avaliar se modelos de ML conseguem prever com precisão a melhora na qualidade de vida relacionada à saúde em pacientes com AVC crônico após intervenções de reabilitação sensório-motora, e identificar os preditores mais relevantes. O estudo analisou 132 pacientes com AVC crônico que participaram de intervenções sensório-motoras (como terapia robótica, espelho ou estimulação tDCS). Ao final, percebeu-se que modelos de aprendizado de máquina, especialmente Random Forest e KNN, demonstraram boa capacidade para prever de maneira precisa e personalizada a melhora na qualidade de vida de pacientes com AVC crônico após terapias sensório-motoras. As avaliações funcionais iniciais, como os escores da SIS, a força e os movimentos dos membros, foram fundamentais para estimativas prognósticas que auxiliam no planejamento do tratamento e no monitoramento clínico. | Baixo |
| 14 | Estudo quantitativo, explicativo e experimental com análise preditiva retrospectiva. Objetivou investigar como diferentes tipos de dados relacionados ao paciente (comportamentais, demográficos e de neuroimagem estrutural e funcional) poderiam contribuir para prever a resposta ao tratamento de linguagem em pacientes com afasia crônica pós-AVC. Foram selecionados 55 pacientes. Como resultados, obteve-se maior desempenho no modelo SVM, treinado com severidade da afasia + dados demográficos + integridade anatômica + conectividade funcional em repouso, com F1=0,94. Esse valor foi significativamente maior que os modelos que usaram todos os conjuntos de dados (F1=0,82) e os que usaram um único tipo de dado (F1 entre 0,68 e 0,84). | Baixo |
| 15 | Estudo observacional retrospectivo, utilizando técnicas de ML aplicadas a dados multimodais de neuroimagem para prever desfechos de linguagem. Objetivou avaliar se modelos de aprendizado de máquina podem prever com maior precisão a severidade da afasia e o desempenho em funções específicas de linguagem em pacientes com afasia crônica. Analisou 116 pacientes com AVC crônico no Hemisfério Esquerdo. Os resultados demonstraram que a correlação entre valores previstos e observados variou de r = 0,00 a 0,67 conforme a combinação usada. O modelo multimodal apresentou as melhores correlações (r = 0,53 a 0,67) para todos os desfechos. Além disso, percebeu-se vantagem estatística significativa do modelo multimodal sobre os modelos de modalidade única em 28 de 30 comparações. O estudo concluiu que a combinação de múltiplas modalidades de neuroimagem fornece informações complementares e melhora a predição de severidade da linguagem e desempenho em tarefas específicas em indivíduos com afasia crônica. | Baixo |
| 16 | Estudo observacional retrospectivo. Objetivou avaliar se o uso de texto não estruturado de registros eletrônicos de saúde com técnicas de Natural Language Processing (NLP) | Moderado |

| | | |
|---|---|---|
| | pode melhorar a predição do resultado funcional a 90 dias após AVC isquêmico agudo, em comparação com os modelos prognósticos convencionais. Incluiu dois grandes bancos de dados clínicos de AVC de dois hospitais (com 3.847 e 2.668 pacientes). Como resultado, obteve-se que o modelo baseado em HPI processado por NLP (BERT), alcançou AUC = 0,820 na validação interna e 0,792 na externa, o que foi equivalente ao escore NIHSS (0,811 e 0,807). O modelo usando apenas relatórios de tomografia teve menor desempenho (AUC de 0,758 e 0,658). Ao final, concluiu-se que o NLP aplicado a texto clínico não estruturado representa uma ferramenta eficaz para prever o desfecho funcional pós-AVC isquêmico. Sua integração a modelos clínicos melhora significativamente a acurácia prognóstica, criando potencial para uso em sistemas de suporte à decisão automatizada. Além disso, o estudo demonstrou robustez ao validar os modelos em coortes independentes, reforçando sua generalização. | |
| 17 | Estudo observacional retrospectivo, com abordagem quantitativa e foco metodológico na construção de modelos preditivos por ML. Foram selecionados 50 pacientes após admissão em programa intensivo de reabilitação pós-AVC nos Estados Unidos. O objetivo era desenvolver modelos de aprendizado de máquina para prever desfechos clínicos na alta hospitalar após reabilitação, utilizando dados disponíveis na admissão como base da predição: medidas clínico-funcionais, demográficas e características do AVC. Ao final, percebeu-se que os modelos preditivos desenvolvidos puderam auxiliar profissionais de reabilitação a estimar trajetórias funcionais de pacientes com AVC desde a admissão, fornecendo informação antecipada útil para planejar estratégias terapêuticas, cuidados pós-alta e recursos necessários. | Baixo |
| 18 | Estudo observacional, retrospectivo sobre o uso de algoritmos de ML para predição de desfechos motores após terapia em pacientes com AVC crônico. Foram incluídos 102 pacientes e utilizou-se a avaliação de Fugl-Meyer para membros superiores a fim de avaliar o comprometimento motor do membro superior antes e após a intervenção. O objetivo foi desenvolver e avaliar modelos de aprendizado de máquina capazes de prever, em nível individual, o grau de recuperação motora da parte superior do corpo (UE-FMA) após terapia nos pacientes referidos. O estudo demonstrou que modelos de ML podem prever efetivamente os resultados motores individuais em pacientes com AVC crônico, especialmente quando consideram pré-função motora e neurofisiologia. O uso de IA mostrou ter potencial para orientar decisões clínicas personalizadas, como ajustar protocolos terapêuticos e selecionar pacientes com maior probabilidade de responder à intervenção. | Baixo |
| 19 | Estudo observacional retrospectivo, baseado em análise preditiva utilizando algoritmos de ML e regressão logística. O estudo teve dois objetivos principais: analisar a eficácia de algoritmos de aprendizado de máquina baseados em árvores na predição da mortalidade em três anos entre 1.207 pacientes com AVC grave que completaram a reabilitação e comparar o desempenho desses modelos com o da regressão logística tradicional. Os modelos comparados foram o de Regressão Logística e o de Random Forest (RF) com técnica de oversampling para balancear classes (número desproporcional de óbitos e sobreviventes). Nos resultados, o Random Forest com oversampling apresentou melhor desempenho com AUC = 0,928, Precisão = 86,3%, PPV = 84,6%, NPV = 87,5%. Em contraste, o modelo de regressão logística alcançou AUC = 0,745, Precisão = 75,7%, PPV = 33,9%, NPV = 91,0%. Ao concluir, o Random Forest com balanceamento de classes mostrou-se mais robusto na previsão de mortalidade a longo prazo em pacientes com AVC grave. Isso representa um avanço relevante para dar suporte à decisão clínica através de prognósticos individualizados através de dados objetivos. | Baixo |

| | | |
|---|---|---|
| 20 | Estudo retrospectivo, observacional e analítico com abordagem quantitativa. Teve como objetivo investigar a capacidade preditiva da força de preensão das mãos para atividades de autocuidado em pacientes com hemiplegia pós-AVC, utilizando um algoritmo de aprendizado de máquina (SVM não linear). Foram incluídos 177 pacientes com hemiparesia pós-AVC, admitidos menos de um mês após o evento, e com força de preensão mensurável segundo protocolo padrão. Os resultados demonstraram que o SVM não linear usando dados de grip strength tanto do lado afetado quanto do lado não afetado (GSB) consegue prever de forma confiável (aproximadamente 70 %) se um paciente será independente em atividades de autocuidado. Concluiu-se que essa análise de padrões através do SVM não linear pode contribuir para personalizar programas de reabilitação, ajustando metas de força de preensão para melhorar o desempenho em autocuidado, porém recomenda-se que futuras pesquisas adotem amostras maiores, validação prospectiva e critérios mais rigorosos. | Baixo |

Fonte: próprios autores, 2025.

## 5 DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática evidenciou o crescimento do uso da Inteligência Artificial (IA) como ferramenta complementar nos processos de avaliação e reabilitação de pacientes pós-AVC. À luz dos avanços tecnológicos na área da saúde, a incorporação da IA mostra-se uma estratégia promissora para a personalização do tratamento, a previsão de desfechos clínicos e o aprimoramento da tomada de decisão clínica, conforme destacado na revisão sistemática de Rahman *et al*. (2022), que descreve a consolidação progressiva de sistemas baseados em IA na neurorreabilitação.

As abordagens de IA mais frequentemente empregadas nos estudos analisados foram algoritmos de Machine Learning (ML) supervisionado, com destaque para Random Forest, Support Vector Machine (SVM), XGBoost, K-Nearest Neighbors (KNN) e Regressão Logística. Estudos como os de Miyazaki *et al*. (2024), Tang *et al*. (2024) e Scrutinio *et al*. (2020) demonstraram a aplicação comparativa entre modelos tradicionais e algoritmos baseados em árvores ou boosting, evidenciando desempenho superior ou equivalente dos modelos de ML. Modelos de Deep Learning (DL), incluindo redes neurais convolucionais e arquiteturas multimodais, foram utilizados sobretudo em investigações que integraram dados de neuroimagem e variáveis clínicas, como observado em White *et al*. (2024) e Kristinsson *et al*. (2021). Ademais, técnicas de Explainable Artificial Intelligence (XAI), como SHAP, foram incorporadas por Finocchi *et al*. (2024) e White *et al*. (2024), ampliando a interpretabilidade clínica e permitindo a identificação de variáveis preditoras relevantes.

De modo geral, os modelos de IA apresentaram desempenho preditivo satisfatório, com acurácia variando aproximadamente entre 70% e 90%, a depender do desfecho analisado e do algoritmo empregado. O'Brien *et al*. (2024) observaram melhora na predição de mobilidade funcional com uso de sensores vestíveis; Tang *et al*. (2024) relataram acurácia de 87,82% na predição de marcha independente com XGBoost; White *et al*. (2024) alcançaram acurácia superior a 85% em modelo multimodal para recuperação da linguagem; e Scrutinio *et al*. (2020) identificaram AUC de 0,928 na predição de mortalidade com Random Forest. Esses achados indicam potencial

vantagem das abordagens baseadas em IA quando comparadas a métodos estatísticos tradicionais.

Os melhores resultados foram observados em estudos que utilizaram dados multimodais, combinando informações clínicas, funcionais e de neuroimagem. White *et al*. (2024) demonstraram superioridade do modelo multimodal em comparação a modelos unimodais na predição de recuperação linguística. De forma semelhante, Billot *et al*. (2022) evidenciaram que a combinação de dados comportamentais, demográficos e de conectividade funcional aumentou significativamente o desempenho preditivo em pacientes com afasia crônica. Kristinsson *et al*. (2021) também observaram vantagem estatística significativa de modelos multimodais sobre aqueles baseados em modalidade única. Esses resultados sugerem que a integração de múltiplas fontes de dados permite captar de forma mais abrangente a complexidade dos déficits pós-AVC.

Além da linguagem e da marcha, outros desfechos clínicos foram contemplados. Park *et al*. (2023) demonstraram que modelos de ML apresentaram desempenho igual ou superior ao escore GUSS na triagem de aspiração em pacientes com AVC agudo. Chen *et al*. (2023) verificaram que Random Forest e SVM apresentaram melhor desempenho na predição de desfechos autorreferidos em atividades de vida diária. Liao *et al*. (2022) mostraram que modelos de ML foram capazes de prever melhora clinicamente significativa na qualidade de vida relacionada à saúde após intervenções sensório-motoras. Tozlu *et al*. (2020) identificaram que modelos baseados em ML foram eficazes na predição de recuperação motora de membros superiores após terapia em pacientes com AVC crônico.

No campo da avaliação funcional baseada em sensores e dados objetivos, O'Brien *et al*. (2024) e Li *et al*. (2023) demonstraram que sensores vestíveis combinados a algoritmos de DL podem monitorar desempenho motor e qualidade do movimento em tempo real. Hossain *et al*. (2023) evidenciaram que modelos baseados exclusivamente em dados cinemáticos robóticos apresentaram acurácia de 82,4% na classificação de déficits proprioceptivos. Campagnini *et al*. (2022) reforçaram a correlação entre dados objetivos de sensores e testes clínicos funcionais, indicando potencial aplicabilidade na prática clínica.

No que se refere à predição prognóstica baseada em grandes bases de dados, Sung *et al*. (2021) demonstraram que técnicas de Natural Language Processing (NLP) aplicadas a registros clínicos não estruturados alcançaram desempenho equivalente ao NIHSS na previsão de desfecho funcional em 90 dias, com validação externa robusta. Harari *et al*. (2020) também evidenciaram que modelos de ML podem auxiliar na estimativa de desfechos na alta hospitalar a partir de dados coletados na admissão.

Apesar dos achados promissores, a análise crítica revelou limitações relevantes. A maioria dos estudos apresenta delineamento observacional retrospectivo, como observado em Miyazaki *et al*. (2023), Tang *et al*. (2024) e Scrutinio *et al*. (2020), o que contribui para baixo a moderado nível de evidência segundo o sistema GRADE (Brasil, 2014). Soma-se a isso a heterogeneidade metodológica quanto aos desfechos, algoritmos empregados e métricas utilizadas, dificultando comparações diretas e metanálises quantitativas.

Outro desafio refere-se à generalização dos modelos. Embora Sung *et al*. (2021) tenham realizado validação externa em coortes independentes, muitos estudos

utilizaram amostras de centro único ou tamanhos amostrais reduzidos, como Li *et al*. (2023) e Billot *et al*. (2022), o que pode limitar a aplicabilidade clínica ampla. Ademais, conforme discutido por Rahman *et al*. (2022), a implementação prática desses sistemas enfrenta barreiras relacionadas à infraestrutura tecnológica, custos operacionais e necessidade de integração com sistemas de informação em saúde.

Nesse contexto, a IA deve ser compreendida como ferramenta complementar às avaliações clínicas tradicionais. Seu principal potencial reside no suporte à decisão clínica e na personalização dos programas de reabilitação, permitindo identificar pacientes com maior probabilidade de recuperação funcional, conforme evidenciado por Tang *et al*. (2024), Tozlu *et al*. (2020) e Liao *et al*. (2022).

Por fim, os achados desta revisão reforçam a necessidade de estudos prospectivos, multicêntricos e com validação externa robusta, bem como padronização de desfechos e métricas de desempenho. A consolidação da IA na reabilitação do AVC dependerá do equilíbrio entre inovação tecnológica, rigor metodológico e aplicabilidade clínica efetiva, conforme enfatizado por Rahman *et al*. (2022).

## 6 CONCLUSÃO

A presente revisão sistemática evidencia que a IA representa uma ferramenta promissora na avaliação e reabilitação de pacientes acometidos por AVC. Os estudos analisados demonstram que algoritmos de ML e DL apresentam desempenho satisfatório na predição de desfechos clínicos relevantes, frequentemente igual ou superior aos métodos estatísticos tradicionais, especialmente quando utilizam abordagens multimodais.

Entretanto, a predominância de estudos observacionais, a heterogeneidade metodológica e a limitada validação externa resultam em baixo a moderado nível de evidência científica, segundo o sistema GRADE, restringindo a aplicação imediata desses modelos na prática clínica. Assim, a IA deve ser compreendida como uma ferramenta complementar às avaliações clínicas tradicionais.

Em síntese, a IA possui elevado potencial para otimizar a tomada de decisão clínica e personalizar a reabilitação pós-AVC, desde que futuros estudos adotem maior rigor metodológico e avaliem seu impacto clínico real.

## REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, M. *et al*. Fall risk assessment in stroke survivors: a machine learning model using detailed motion data from common clinical tests and motor-cognitive dual-tasking. **Sensors**, v. 24, n. 3, p. 812-826, 2024.

BILLOT, A. *et al*. Multimodal neural and behavioral data predict response to rehabilitation in chronic poststroke aphasia. **Stroke**, v. 53, n. 5, p. 1606-1614, 2022.

BRASIL. Ministério da saúde. Secretaria de ciência, tecnologia e insumos estratégicos. Departamento de ciência e tecnologia. Diretrizes metodológicas: Sistema GRADE - **Manual de graduação da qualidade da evidência e força de recomendação para tomada de decisão em saúde**, 2014.

CAMPAGNINI, S. *et al*. Cross-validation of predictive models for functional recovery after post-stroke rehabilitation. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 19, n. 1, p. 96-107, 2022.

CHEN, Y. *et al*. Predicting patient-reported outcome of activities of daily living in stroke rehabilitation: a machine learning study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 25-37, 2023.

DEMECO, A. *et al*. Immersive virtual reality in post-stroke rehabilitation: a systematic review. **Sensors**, v. 23, n. 3, p. 1712-1721, 2023.

FINOCCHI, A. *et al*. Multiple imputation integrated to machine learning: predicting post-stroke recovery of ambulation after intensive inpatient rehabilitation. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 25188-25202, 2024.

HARARI, Y. *et al*. Inpatient stroke rehabilitation: prediction of clinical outcomes using a machine-learning approach. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 17, n. 1, p. 71-81, 2020.

HOSSAIN, D. *et al*. The use of machine learning and deep learning techniques to assess proprioceptive impairments of the upper limb after stroke. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 15-33, 2023.

KRISTINSSON, S. *et al*. Machine learning-based multimodal prediction of language outcomes in chronic aphasia. **Human brain mapping**, v. 42, n. 6, p. 1682-1698, 2021.

LI, M. *et al*. Application of Deep Learning Algorithm to Monitor Upper Extremity Task Practice. **Sensors**, v. 23, n. 13, p. 6110-6126, 2023.

LIAO, W. *et al*. Machine learning predicts clinically significant health related quality of life improvement after sensorimotor rehabilitation interventions in chronic stroke. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 11235-11245, 2022.

MALIK, A. N. *et al*. Technological advancements in stroke rehabilitation. **Journal of Pakistan Medical Association**, v. 72, n. 8, p. 1672-1674, 2022.

MIYAZAKI, Y. *et al*. Improvement of predictive accuracies of functional outcomes after subacute stroke inpatient rehabilitation by machine learning models. **PloS one**, v. 18, n. 5, p. e0286269-e0286283, 2023.

MIYAZAKI, Y. *et al*. Logistic regression analysis and machine learning for predicting post-stroke gait independence: a retrospective study. **Scientific reports**, v. 14, n. 1, p. 21273-21282, 2024.

O'BRIEN, M. K. *et al*. Early prediction of poststroke rehabilitation outcomes using wearable sensors. **Physical therapy**, v. 104, n. 2, p. 183-194, 2024.

PARK, D. *et al*. Machine learning predictive model for aspiration screening in hospitalized patients with acute stroke. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 7835-7846, 2023.

RAHMAN, Sejuti et al. AI-driven stroke rehabilitation systems and assessment: A systematic review. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 31, p. 192-207, 2022.

SCRUTINIO, D. *et al*. Machine learning to predict mortality after rehabilitation among patients with severe stroke. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 20127-20137, 2020.

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, p. 102-106, 2010.

SUNG, S. *et al*. Natural language processing enhances prediction of functional outcome after acute ischemic stroke. **Journal of the American Heart Association**, v. 10, n. 24, p. e023486-e023503, 2021.

SUZUKI, M. *et al*. Machine-learning prediction of self-care activity by grip strengths of both hands in poststroke hemiplegia. **Medicine**, v. 99, n. 11, p. e19512-e19523, 2020.

TANG, Z. *et al*. Prediction of poststroke independent walking using machine learning: a retrospective study. **BMC neurology**, v. 24, n. 1, p. 332-342, 2024.

TOZLU, C. *et al*. Machine learning methods predict individual upper-limb motor impairment following therapy in chronic stroke. **Neurorehabilitation and neural repair**, v. 34, n. 5, p. 428-439, 2020.

WHITE, A. *et al*. Predicting recovery following stroke: Deep learning, multimodal data and feature selection using explainable AI. **NeuroImage: Clinical**, v. 43, n. 1, p. 103638-103652, 2024.