REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

FOTOBIOMODULAÇÃO TRANSCRANIANA ASSOCIADA À FISIOTERAPIA NO EQUILÍBRIO DE PACIENTES APÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

TRANSCRANIAL PHOTOBIOMODULATION COMBINED WITH PHYSIOTHERAPY ON BALANCE IN PATIENTS AFTER STROKE

Ciências da Saúde • 28/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/795732015

Emanuelle Aline Xavier dos Santos[1]

Pâmela Camila Pereira[2]

Fernanda de Souza Silva[3]

RESUMO

Introdução: O Acidente Vascular Encefálico (AVE) pode comprometer o equilíbrio, a marcha e a independência funcional. A Fotobiomodulação Transcraniana (FBMT) apresenta potencial como recurso complementar à fisioterapia neurofuncional. **Objetivo:** Analisar evidências sobre os efeitos da FBMT associada à fisioterapia no equilíbrio dinâmico após AVE. **Metodologia:** Revisão integrativa qualitativa realizada nas bases PubMed, LILACS, PEDro, SciELO e Periódicos CAPES, com publicações de 2021 a 2026. **Resultados:** Dos 85 estudos identificados, 9 foram incluídos. Observaram-se achados favoráveis em parâmetros da marcha, cognição e mecanismos neuroprotetores, embora alguns desfechos funcionais não apresentassem diferenças significativas. A heterogeneidade dos protocolos e dos delineamentos dificultou a comparação dos resultados, com poucas avaliações específicas do equilíbrio dinâmico. **Considerações Finais:** A FBMT apresenta potencial complementar à reabilitação neurofuncional, mas as evidências não demonstram superioridade sobre a fisioterapia isolada no equilíbrio dinâmico. São necessários estudos clínicos com protocolos padronizados e avaliações específicas desse desfecho.

Palavras-chave: Acidente Vascular Encefálico; Fotobiomodulação Transcraniana; Fisioterapia Neurofuncional; Equilíbrio Dinâmico; Reabilitação.

ABSTRACT

Introduction: Stroke can impair balance, gait, and functional independence. Transcranial photobiomodulation (tPBM) may complement neurofunctional physiotherapy. **Objective:** To analyze evidence on the effects of tPBM combined with physiotherapy on dynamic balance after stroke. **Methodology:** A qualitative integrative review was conducted using PubMed, LILACS, PEDro, SciELO, and

CAPES Journals, covering publications from 2021 to 2026. **Results:** Of 85 studies identified, 9 were included. Favorable findings were reported for gait parameters, cognition, and neuroprotective mechanisms, although some functional outcomes showed no significant differences. Heterogeneity in treatment protocols and study designs hindered comparisons, and few studies specifically assessed dynamic balance. **Final Considerations:** tPBM may complement neurofunctional rehabilitation, but available evidence does not demonstrate superiority over physiotherapy alone for dynamic balance. Further clinical studies with standardized protocols and specific assessments of this outcome are needed.
Keywords: Stroke; Transcranial Photobiomodulation; Neurofunctional Physiotherapy; Dynamic Balance; Rehabilitation.

1. INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) caracteriza-se por uma alteração aguda da circulação cerebral, decorrente da obstrução ou ruptura de um vaso sanguíneo, podendo ocasionar comprometimentos neurológicos de diferentes graus. É uma das principais causas de morte e incapacidade no mundo, com aproximadamente 11,9 milhões de novos casos anuais, constituindo importante problema de saúde pública (Feigin, *et al.*, 2025; World Health Organization, 2025).

Entre suas principais sequelas estão os *déficits* motores, alterações sensoriais e comprometimentos da coordenação e do equilíbrio, que podem dificultar a marcha, aumentar o risco de quedas e limitar a independência e as Atividades de Vida Diária (AVD's) (Corradini, 2021; Usman; Wong; Ng, 2024). Assim, a recuperação do equilíbrio constitui um importante objetivo da reabilitação após o AVE.

Nesse contexto, a fisioterapia neurofuncional é fundamental na reabilitação após-AVE, atuando sobre *déficits* motores, controle postural, equilíbrio e marcha, com o objetivo de favorecer a neuroplasticidade e a independência funcional. Entretanto, a persistência de alterações mesmo após a reabilitação convencional reforça a necessidade de estratégias complementares que potencializem os resultados terapêuticos (Coêlho *et al.*, 2024; Risso; Gonçalves; Lima, 2025).

Entre essas estratégias, destaca-se a Fotobiomodulação Transcraniana (FBMT), modalidade terapêutica não invasiva que utiliza luz em comprimentos de onda específicos e pode modular a atividade mitocondrial, favorecer a produção de Adenosina Trifosfato (ATP) e estimular mecanismos relacionados à neuroplasticidade (Cardoso *et al.*, 2022; Romani *et al.*, 2025). Tang *et al.* (2026) destacam o potencial da FBMT na recuperação após o AVE, considerando seus possíveis efeitos sobre o metabolismo mitocondrial, a neuroproteção e a recuperação neurológica. Complementarmente, Paolillo *et al.* (2023) observaram resultados favoráveis em aspectos cognitivos e na destreza manual de indivíduos após AVE, embora os achados não demonstrem diretamente melhora do equilíbrio dinâmico.

Assim, a associação da FBMT à fisioterapia neurofuncional representa uma abordagem promissora, ao combinar a modulação cerebral com a estimulação funcional. Essa integração pode favorecer o controle postural e o equilíbrio, reforçando a importância de investigar seus efeitos na reabilitação de indivíduos após AVE.

2. OBJETIVOS

Analisar as evidências científicas disponíveis sobre os efeitos da FBMT, associada à fisioterapia no equilíbrio dinâmico de indivíduos após AVE, considerando os resultados funcionais, os protocolos terapêuticos e as limitações dos estudos analisados.

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de Estudo

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa.

3.2. Amostra

Composta por estudos científicos publicados em periódicos indexados, incluindo ensaios clínicos, estudos observacionais e revisões sistemáticas relacionados à FBMT associada à fisioterapia em pacientes após AVE. Para tanto, foram utilizadas as seguintes palavras-chave; com base nos DeC'S (Descritores em Ciências da Saúde): Acidente Vascular Encefálico; Neurofisioterapia; Reabilitação; Equilíbrio e Fotobiomodulação Transcraniana (FBMT); combinadas por meio dos operadores booleanos.*AND* e *OR*, utilizando-se a seguinte estratégia de busca: ("Acidente Vascular Encefálico" *OR* "AVE") AND ("Fotobiomodulação Transcraniana" *OR* "FBMT") *AND* ("Neurofisioterapia" *OR* "Reabilitação") *AND* "Equilíbrio".

3.3. Local do Estudo

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), PubMed (*National*

Library of Medicine), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Periódicos CAPES.

3.4. Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram incluídos estudos publicados entre 2021 e 2026, disponíveis na íntegra, nos idiomas português e inglês, que abordaram a FBMT associada à fisioterapia e seus efeitos sobre o equilíbrio postural em pacientes adultos e idosos (≥ 18 anos) após AVE. Também foram consideradas evidências experimentais e revisões da literatura como suporte complementar aos mecanismos neurofisiológicos da FBMT.

Foram excluídos artigos duplicados, estudos incompletos ou indisponíveis na íntegra, trabalhos sem relação direta com a temática, resumos, cartas ao editor e publicações com baixa qualidade metodológica.

A seleção dos estudos foi realizada por dois revisores independentes, mediante análise dos títulos, resumos e textos completos, conforme os critérios de elegibilidade estabelecidos. Eventuais divergências foram discutidas entre os revisores até a obtenção de consenso. Os resultados do processo de identificação, triagem e seleção dos estudos são apresentados na seção de Resultados.

4. REFERÊNCIAL TEÓRICO

4.1. Acidente Vascular Encefálico

AVE é uma condição neurológica decorrente de alterações na circulação cerebral, podendo resultar em déficits motores, sensoriais, cognitivos e funcionais. Pode ser classificado em isquêmico, quando ocorre interrupção do fluxo sanguíneo cerebral, ou hemorrágico,

decorrente da ruptura de um vaso sanguíneo cerebral. Essas alterações podem comprometer estruturas responsáveis pelo controle motor, integração sensorial e equilíbrio corporal (GBD Stroke Collaborators, 2021; Qin *et al.*, 2022).

Após o AVE, são frequentes alterações como hemiparesia, déficits proprioceptivos, comprometimento da coordenação e dificuldades na integração sensório-motora. Essas manifestações interferem na mobilidade e independência funcional, além de contribuírem para alterações do controle postural e maior risco de quedas (Aryan *et al.*, 2023).

4.2. Alterações do Equilíbrio Postural Após AVE

O equilíbrio postural depende da integração dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial com as respostas motoras produzidas pelo sistema nervoso central. Após o AVE, alterações sensoriais, proprioceptivas e motoras podem comprometer essa integração, prejudicando os ajustes posturais e a estabilidade corporal (Bernard-Espina *et al.*, 2021; Corradini *et al.*, 2021).

A hemiparesia e a fraqueza muscular podem provocar assimetria corporal e distribuição inadequada do peso, dificultando o controle do centro de massa e aumentando a oscilação postural. Alterações proprioceptivas também prejudicam a percepção da posição corporal e a elaboração de respostas motoras eficientes (Bernard-Espina *et al.*, 2021; Aryan *et al.*, 2023).

Esses comprometimentos podem repercutir na marcha, com redução da velocidade, assimetria entre os membros e dificuldade nas transferências de peso. Como consequência, ocorre redução da mobilidade funcional, maior risco de quedas e comprometimento

da independência nas atividades de vida diária, além do medo de cair, que pode restringir a participação em atividades funcionais (Mariman *et al.*, 2022; Pin *et al.*, 2024).

4.3. FBMT no AVE

FBMT é uma modalidade terapêutica não invasiva que utiliza luz nos espectros vermelho e infravermelho próximo para produzir efeitos fotobiológicos no tecido cerebral. Sua ação está relacionada principalmente à absorção da energia luminosa pela citocromo c oxidase mitocondrial, favorecendo a produção de ATP e melhorando o metabolismo celular (Cardoso *et al.*, 2022).

A FBMT também pode favorecer a liberação de óxido nítrico, promovendo vasodilatação e melhora da microcirculação cerebral. Além disso, apresenta efeitos relacionados à modulação do estresse oxidativo, redução da neuroinflamação e estímulo de mecanismos associados à neuroplasticidade e à sobrevivência neuronal (Hamblin; Liebert, 2022; Salehpour *et al.*, 2023).

No contexto do AVE, esses mecanismos podem contribuir para a reorganização das redes neurais envolvidas no controle motor e sensorial. Evidências apontam potencial da FBMT na recuperação motora, mobilidade funcional, cognição e equilíbrio, embora ainda existam limitações relacionadas à padronização dos parâmetros terapêuticos e à heterogeneidade dos protocolos utilizados (Li; Wong; Ng, 2024).

4.4. FBMT Associada à Fisioterapia no Equilíbrio Após AVE

A fisioterapia neurofuncional atua na recuperação após o AVE por meio de estímulos direcionados à reaprendizagem motora, ao

controle postural, à marcha e à realização de atividades funcionais. A repetição de tarefas e o treinamento motor favorecem mecanismos de neuroplasticidade e reorganização neural, contribuindo para maior independência funcional (Adrinto *et al.*, 2023).

A associação da FBMT à fisioterapia pode potencializar esses mecanismos, uma vez que a FBMT favorece o metabolismo neuronal e a neuroplasticidade, enquanto a fisioterapia fornece estímulos motores necessários à reorganização funcional. Dessa forma, a combinação das intervenções apresenta potencial para favorecer a recuperação do controle postural, coordenação motora, marcha e equilíbrio em indivíduos após AVE. Além disso, essa integração pode contribuir para a consolidação dos ganhos motores e a adaptação às demandas funcionais, favorecendo maior autonomia nas atividades cotidianas (Aderinto *et al.*, 2023; Li; Wong; Ng, 2024).

Apesar dos resultados promissores, ainda existem limitações relacionadas ao número de estudos, tamanho das amostras e diversidade dos protocolos utilizados. Assim, a investigação dos efeitos da FBMT associada à fisioterapia sobre o equilíbrio após AVE torna-se relevante para compreender seu potencial como recurso complementar na reabilitação neurofuncional. A ampliação das evidências científicas poderá contribuir para a definição de protocolos terapêuticos mais padronizados e para a compreensão dos benefícios dessa associação na recuperação funcional (Li; Wong; Ng, 2024).

5. RESULTADOS

Os resultados demonstram que a FBMT apresenta potencial como recurso complementar à reabilitação após AVE, com efeitos sobre a função motora, marcha, cognição, equilíbrio e recuperação funcional.

Foram identificados 85 estudos, sendo 12 excluídos por duplicidade e 45 após a análise dos títulos e resumos. Dos 28 estudos avaliados na íntegra, 19 foram excluídos por não atenderem aos objetivos da revisão, totalizando 9 estudos incluídos na análise final.

Entre os nove estudos incluídos, foram identificadas quatro investigações clínicas, três estudos experimentais e duas revisões da literatura. As evidências experimentais e as revisões foram consideradas como suporte complementar à compreensão dos mecanismos neurofisiológicos da FBM, enquanto os estudos clínicos contribuíram para a análise dos desfechos funcionais.

Os estudos utilizaram diferentes protocolos terapêuticos, com comprimentos de onda entre 630 e 1064 nm, associados a outros recursos de reabilitação. Os desfechos envolveram função motora, marcha, cognição, neuroproteção e recuperação funcional.

Foram observadas melhorias significativas em parâmetros da marcha e função motora ($p<0,05$), além de benefícios cognitivos no Mini Exame do Estado Mental (MMSE) e Montreal Cognitive Assessment (MoCA) ($p=0,002$). Estudos experimentais identificaram efeitos neuroprotetores e redução da neuroinflamação.

Entretanto, algumas variáveis da marcha não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$), nem houve superioridade da FBMT associada à reabilitação convencional na National Institutes of

Health Stroke Scale (NIHSS) (p=0,620). As características dos estudos, intervenções e resultados estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Evidências clínicas e complementares sobre a FBMT na recuperação de indivíduos após AVE.

Autor/Ano	Objetivo	Intervenção	Resultados
Vogel *et al.* (2021).	Investigar os efeitos da FBMT sobre a lesão cerebral e a euroinflamação após AVE isquêmico experimental.	Laser de 780 nm, dose de 10 J/cm², aplicado na região cerebral lesionada por 2 min, 3 vezes/semana, durante 60 dias, com início 24 h após a lesão.	Redução da lesão cerebral e da ativação microglial, com modulação de marcadores inflamatórios, incluindo TNF-α, IL-1β e IL-6.
Dumont *et al.* (2022).	Avaliar os efeitos imediatos da FBM associada ao campo magnético estático sobre parâmetros da marcha após AVE.	Laser de 905 nm, LEDs de 875 e 640 nm e campo magnético de 35 mT. Doses de 10, 30 e 50 J, aplicadas em 17 pontos de cada membro inferior, durante aproximadamente 76, 228 e 381 s/ponto, conforme a dose.	Alterações significativas na cinemática do quadril durante a marcha ($p < 0,05$), sem diferenças significativas nas variáveis espaçotemporais ($p > 0,05$).
Paolillo *et al.* (2023).	Investigar os efeitos da FBMT associada à EENM na recuperação de indivíduos após AVE.	Cluster com 12 diodos laser de 660, 808 e 980 nm, potência de 720 mW, aplicado em 15 regiões cranianas, durante 1 min/região, totalizando 648 J/sessão. EENM nos membros ar éticos:	Melhorias na função cognitiva, destreza manual, dor e qualidade de vida. Os resultados não demonstram diretamente ganhos no

		50 Hz, 250 µs, 0–150 mA, para extensão do punho e dorsiflexão do tornozelo.	equilíbrio dinâmico.
Feng *et al.* (2023).	Investigar os mecanismos neuroprotetores da FBM sobre astrócitos e estruturas neuronais após AVE experimental.	Laser de 808 nm, irradiância de 350 mW/cm², aplicado durante 2 min/dia, por 7 dias consecutivos, com início 24 h após a lesão experimental.	Redução da polarização astrocitária neurotóxica e preservação neuronal, com aumento dos marcadores MAP2 ($p = 0,009$) e sinaptofisina ($p < 0,001$).
Yokomizo *et al.* (2024).	Investigar os efeitos neuroprotetores da FBM sobre a circulação cerebral após AVE isquêmico experimental.	Laser transcraniano de 1064 nm, irradiância de 50 mW/cm², aplicado por 5 min, como pré-condicionamento antes da lesão experimental.	Aumento do fluxo sanguíneo cerebral e da fosforilação da eNOS ($p = 0,0258$), mecanismo associado à regulação vascular e à neuroproteção.
Li, Wong e Ng (2024).	Analisar o potencial terapêutico, os mecanismos e os desafios da FBMT na recuperação após AVE.	Revisão de literatura sobre estudos clínicos e experimentais envolvendo diferentes comprimentos de onda, doses e regiões de aplicação da FBMT.	Identificação de mecanismos potenciais relacionados ao metabolismo mitocondrial, à neuroplasticidade e à neuroproteção, com necessidade de maior padronização clínica.

Huang *et al.* (2025).	Avaliar os efeitos da FBM sobre a cognição e os sintomas neuropsiquiátricos após AVE.	Luz vermelha de 630 ± 15 nm, aplicada nas regiões anterior, posterior e temporal da cabeça e no abdômen, durante 30 min, 5 vezes/semana, por 3 meses.	Melhorias no MMSE e MoCA (p = 0,002) e redução dos sintomas depressivos pela HAMD (p = 0,027). Sem diferenças significativas na NIHSS ou no Índice de Barthel.
Ren *et al.* (2026).	Analisar as evidências sobre a utilização da FBM na recuperação neurológica após AVE.	Revisão de estudos clínicos envolvendo diferentes protocolos de FBM e FBMT, com análise dos efeitos sobre funções neurológicas.	Identificação de possíveis benefícios cognitivos, motores e de linguagem, com necessidade de investigações clínicas adicionais.
Hassan *et al.* (2026).	Avaliar a eficácia da FBMT associada à reabilitação convencional em indivíduos com AVE isquêmico crônico.	Laser de 980 ± 5 nm, potência de 6 W, aplicado na região frontal, aproximadamente nas áreas 9 e 10 de Brodmann, durante 20 min, 3 vezes/semana, por 8 semanas, associado à reabilitação convencional.	Ausência de superioridade significativa da FBMT ativa em relação ao placebo na NIHSS (p = 0,620).

Legenda: AVE – Acidente Vascular Encefálico; FBM – Fotobiomodulação; FBMT – Fotobiomodulação Transcraniana; EENM – Estimulação Elétrica Neuromuscular; PBMT-SMF – Terapia de Fotobiomodulação associada ao Campo Magnético Estático; MMSE – Mini Exame do Estado Mental; MoCA – Montreal Cognitive

Assessment; HAMD – Escala de Avaliação de Depressão de Hamilton; NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale; MAP2 – Proteína Associada aos Microtúbulos 2; eNOS – Óxido Nítrico Sintase Endotelial; TNF-α – Fator de Necrose Tumoral Alfa; IL-1β – Interleucina 1 Beta; IL-6 – Interleucina 6; nm – nanômetro; J – joule; J/cm² – joule por centímetro quadrado; mW – miliwatt; mW/cm² – miliwatt por centímetro quadrado; W – watt; mT – militesla; Hz – hertz; μs – microssegundos; mA – miliampere; s – segundos; min – minutos; h – horas; p – valor de significância estatística.

Fonte: Autoria própria, 2026

6. DISCUSSÃO

Os estudos analisados apresentam diferentes aplicações da FBM na recuperação após o AVE, com variações nos parâmetros terapêuticos, nas regiões estimuladas e nas intervenções associadas. Essas diferenças influenciam a interpretação dos efeitos sobre a recuperação neurológica e funcional, especialmente quanto ao equilíbrio dinâmico, que envolve controle postural, coordenação motora e estabilidade durante os deslocamentos. Nesse contexto, Dumont *et al.* (2022) investigaram os efeitos imediatos da FBM associada ao campo magnético estático em dez indivíduos com hemiparesia após AVE.

O protocolo de Dumont *et al.* (2022) utilizou laser de 905 nm, Light Emitting Diodes (LEDs) de 875 e 640 nm e campo magnético de 35 mT, com doses de 10, 30 e 50 J por ponto. A aplicação ocorreu perpendicularmente à pele, em 17 pontos de cada membro inferior, distribuídos entre extensores do joelho (9), flexores do joelho (6) e flexores plantares (2), durante 76, 228 e 381 segundos por ponto, conforme a dose, com intervalos de sete dias entre as condições

experimentais. Foram observadas alterações na angulação do quadril durante a fase de apoio ($p < 0,05$), sem diferenças significativas nas variáveis espaçotemporais da marcha ($p > 0,05$), indicando efeitos cinemáticos específicos, mas sem evidências de melhora global do desempenho locomotor.

Diferentemente da estimulação periférica investigada por Dumont *et al.* (2022), Paolillo *et al.* (2023) avaliaram a FBMT associada à Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) em pacientes com hemiplegia após AVE. O protocolo utilizou um *cluster* de 12 diodos laser, com comprimentos de onda de 660, 808 e 980 nm e potência média de 720 mW, aplicado em 15 regiões cranianas durante um minuto por região, fornecendo 43,2 J por aplicação e 648 J por atendimento.

A EENM foi aplicada nos membros paréticos para promover extensão do punho e dorsiflexão do tornozelo, utilizando corrente bifásica simétrica, frequência de 50 Hz, duração de pulso de 250 µs e intensidade entre 0 e 150 mA, conforme a resposta motora. Enquanto Dumont *et al.* (2022) identificaram alterações restritas à cinemática da marcha, Paolillo *et al.* (2023) relataram benefícios na cognição, destreza manual, dor e qualidade de vida. Entretanto, a maior abrangência dos resultados de Paolillo *et al.* (2023) não demonstra superioridade terapêutica, pois os estudos investigaram regiões de aplicação, intervenções associadas e desfechos distintos. Essas características constituem possíveis explicações para a heterogeneidade dos achados, mas sua contribuição não pode ser isolada pela comparação entre os estudos.

Contudo, como ambos os grupos de Paolillo *et al.* (2023) receberam EENM, diferenciando-se pela aplicação ativa ou simulada do laser, os

resultados permitem investigar o efeito adicional da FBMT, mas não sua superioridade sobre a fisioterapia convencional isolada. Além disso, a dorsiflexão foi um movimento estimulado pela EENM, não devendo ser interpretada, por si só, como um ganho funcional demonstrado. Da mesma forma, alterações na angulação do quadril não equivalem necessariamente a maior estabilidade durante os deslocamentos (Dumont *et al.*, 2022; Paolillo *et al.*, 2023).

Ampliando a análise dos efeitos cognitivos, Huang *et al.* (2025) avaliaram 90 indivíduos com comprometimento cognitivo após AVE, utilizando luz vermelha de 630±15 nm, aplicada nas regiões anterior, posterior e temporal da cabeça, além da região abdominal, durante 30 minutos, cinco vezes por semana, por três meses. As densidades de potência variaram entre 5 e 40 mW/cm². Dos participantes, 82 concluíram o acompanhamento, sendo identificadas diferenças favoráveis ao grupo tratado de 3,36 pontos no Mini Exame do Estado Mental (MMSE) e 3,48 pontos no MoCA, além de redução dos sintomas depressivos avaliados pela *Hamilton Depression Rating Scale* (HAMD).

Esses resultados corroboram os benefícios cognitivos descritos por Paolillo *et al.* (2023), apesar das diferenças nos protocolos terapêuticos. Entretanto, Huang *et al.* (2025) não identificaram diferenças estatisticamente significativas na NIHSS ou no Índice de Barthel. Nesse estudo, portanto, os benefícios cognitivos não foram acompanhados de diferenças detectáveis nas medidas de comprometimento neurológico e independência funcional, que avaliam dimensões distintas da recuperação após AVE.

Quanto aos indicadores de comprometimento neurológico, essa diferença entre os desfechos também foi observada por Hassan *et*

al. (2026), que investigaram 40 indivíduos com AVE isquêmico crônico, distribuídos igualmente entre os grupos experimental e controle. O protocolo utilizou laser infravermelho de 980 ± 5 nm, potência de 6 W, aplicado na região frontal, aproximadamente nas áreas 9 e 10 de Brodmann, durante 20 minutos, três vezes por semana, ao longo de oito semanas, totalizando 24 atendimentos. Ambos os grupos receberam reabilitação convencional individualizada, incluindo fisioterapia, fortalecimento muscular e Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS), diferenciando-se pela aplicação ativa ou simulada do laser.

Hassan *et al.* (2026) não identificaram superioridade significativa na NIHSS, com diferença média ajustada de 0,6 ponto (p = 0,620), aproximando-se dos resultados de Huang *et al.* (2025) nesse indicador. Em contrapartida, Paolillo *et al.* (2023) e Huang *et al.* (2025) relataram benefícios cognitivos, embora Huang também não tenha identificado diferença significativa no Índice de Barthel. Esse conjunto sugere que resultados favoráveis em domínios específicos não se traduzem necessariamente em mudanças detectáveis por instrumentos globais, que avaliam dimensões distintas da recuperação. As diferenças de população, protocolos e intervenções associadas limitam a comparação e não permitem estabelecer superioridade entre as abordagens. Além disso, esses achados não demonstram diretamente melhora do equilíbrio dinâmico.

As diferenças observadas entre os resultados clínicos de Paolillo *et al.* (2023), Huang *et al.* (2025) e Hassan *et al.* (2026) evidenciam a necessidade de compreender os mecanismos envolvidos nas respostas terapêuticas à FBMT. Nesse sentido, Vogel *et al.* (2021) utilizaram laser transcraniano de 780 nm, com densidade de energia de 10 J/cm^2, durante dois minutos, três vezes por semana, ao longo

de 60 dias, em modelo experimental de AVE. O tratamento foi iniciado 24 horas após a lesão cerebral, sendo observadas redução da área lesionada, da ativação microglial e de processos neuroinflamatórios, investigados por marcadores como TNF-α, IL-1β e IL-6.

Complementando esses achados, Feng *et al.* (2023) investigaram laser de 808 nm, com densidade de potência de 350 mW/cm², durante dois minutos diários, iniciados 24 horas após a lesão e mantidos por sete dias consecutivos. Enquanto Vogel *et al.* (2021) destacaram a modulação neuroinflamatória, Feng *et al.* (2023) observaram redução da polarização astrocitária neurotóxica e preservação neuronal e sináptica, indicando possíveis mecanismos complementares de neuroproteção.

Essa preservação foi acompanhada pelo aumento da expressão da Proteína Associada aos Microtúbulos 2 (MAP2), avaliada pela intensidade relativa de imunofluorescência, de 45,795 ± 6,040% para 85,975 ± 2,604% ($p = 0,009$), enquanto a sinaptofisina aumentou de 36,515 ± 2,533% para 68,046 ± 4,044% ($p<0,001$), com valores relativos ao grupo controle simulado (Sham), segundo Feng *et al.* (2023).

Esses resultados ampliam os achados de Vogel *et al.* (2021), sugerindo que a modulação dos processos inflamatórios pode estar associada à preservação das estruturas neuronais e das conexões sinápticas, conforme observado por Feng *et al.* (2023). Entretanto, embora esses mecanismos possam contribuir para a recuperação neurológica, as alterações celulares identificadas em modelos experimentais não comprovam diretamente melhorias no equilíbrio dinâmico após AVE.

Yokomizo *et al.* (2024) ampliaram essa perspectiva ao avaliar os efeitos vasculares da FBM em camundongos submetidos ao AVE isquêmico experimental. O protocolo utilizou laser transcraniano de 1064 nm, com irradiância de 50 mW/cm², aplicado durante cinco minutos antes da indução da lesão. Foram identificados aumento do fluxo sanguíneo cerebral e da fosforilação da Enzima Óxido Nítrico Sintase Endotelial (eNOS), envolvida na produção de óxido nítrico e na regulação vascular, com significância estatística para a alteração da fosforilação (p=0,0258).

Comparativamente, enquanto Vogel *et al.* (2021) e Feng *et al.* (2023) investigaram mecanismos inflamatórios e neuronais após a lesão, Yokomizo *et al.* (2024) avaliaram uma intervenção preventiva direcionada à resposta vascular. Embora os mecanismos sejam complementares, a diferença temporal entre as intervenções limita a comparação, pois os efeitos do pré-condicionamento não podem ser diretamente extrapolados para a reabilitação após AVE.

Limitações do Estudo

Esta revisão integrativa apresenta limitações relacionadas ao recorte temporal de 2021 a 2026 e à inclusão de publicações apenas em português e inglês, o que pode ter restringido a identificação de evidências relevantes. Além disso, a seleção de estudos com diferentes delineamentos metodológicos, protocolos de intervenção e instrumentos de avaliação dificultou a comparação direta dos resultados e impossibilitou uma síntese quantitativa dos achados. A escassez de pesquisas que investigaram especificamente o equilíbrio dinâmico após AVE também limitou a análise dos efeitos da FBMT associada à fisioterapia sobre esse desfecho.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão integrativa identificou resultados favoráveis relacionados à FBMT em aspectos motores, cognitivos e neuroprotetores após AVE, indicando seu potencial como recurso complementar à fisioterapia neurofuncional.

Entretanto, a heterogeneidade dos protocolos terapêuticos e a escassez de estudos específicos sobre o equilíbrio dinâmico dificultam a identificação de benefícios adicionais em relação à fisioterapia isolada. Assim, destaca-se a necessidade de novos ensaios clínicos com parâmetros padronizados e avaliações específicas do equilíbrio dinâmico, visando ampliar as evidências sobre essa associação na reabilitação após AVE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADERINTO, Nicholas *et al.* Exploring the transformative influence of neuroplasticity on stroke rehabilitation: a narrative review of current evidence. **Annals of Medicine and Surgery,** v. 85, n. 9, p. 4425-4432, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001137. Acesso em: 12 mar. 2026.

ARYAN, Raabeae *et al.* Reliability of force plate-based measures of standing balance in the sub-acute stage of post-stroke recovery. Heliyon, v. 9, n. 10, p.1-11, 2023. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37886778/. Acesso em: 20 nov. 2026.

BERNARD-ESPINA, Jules *et al.* Multisensory integration in stroke patients: a theoretical approach to reinterpret upper-limb proprioceptive deficits and visual compensation. **Frontiers in**

Neuroscience, v.15, n.2, p.1-21, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fnins.2021.646698. Acesso em: 18 mar. 2026.

CARDOSO, Fabrízio dos Santos *et al.* Photobiomodulation of cytochrome c oxidase by chronic transcranial laser in young and aged brains. **Frontiers in Neuroscience,** v.16, art.818005, p.1–12, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fnins.2022.818005. Acesso em: 25 mar. 2026.

COÊLHO, Wender Gonçalves *et al.* Transitional care for the aged person after cerebrovascular accident: a scoping review. **Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste (Rev Rene),** Fortaleza, v.25, n.e93465, p.1–10, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.15253/2175-6783.20242593465. Acesso em: 14 abr. 2026.

CORRADINI, Sandra *et al.* Controle postural e risco de quedas em pacientes com AVC agudo trombolisado. **Revista Neurociências,** v. 29, p. 1-34, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.34024/rnc.2021.v29.12143. Acesso em: 22 abr. 2026.

DUMONT, Arislander Jonathan Lopes *et al.* Photobiomodulation therapy combined with static magnetic field (PBMT-SMF) on spatiotemporal and kinematics gait parameters in post-stroke: a pilot study. **Life,** v.12, n.2, p.1-16, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/life12020186. Acesso em: 28 set. 2026.

FEIGIN, Valery L. *et al.* World Stroke Organization: global stroke fact sheet 2025. **International Journal of Stroke,** v. 20, n. 2, p. 132-144, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1177/17474930241308142. Acesso em: 5 maio 2026.

FENG, Yu *et al.* Photobiomodulation treatment inhibits neurotoxic astrocytic polarization and protects neurons in in vitro and in vivo stroke models. **Neurochemistry International,** v.162, n.1, p.1-23, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.neuint.2022.105464. Acesso em: 11 maio 2026.

GBD 2019 STROKE COLLABORATORS. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **The Lancet Neurology,** v. 20, n. 10, p. 795-820, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00252-0. Acesso em: 17 maio 2026.

HAMBLIN, Michael R.; LIEBERT, Ann. Photobiomodulation therapy mechanisms beyond cytochrome c oxidase. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery,** v. 40, n. 2, p. 75-77, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1089/photob.2021.0119. Acesso em: 20 nov. 2026.

HASSAN, Merna *et al.* The effect of transcranial near-infrared laser therapy on chronic ischemic stroke patients: a randomized, single-blind, sham-controlled trial. **Journal of the Saudi Heart Association,** v.38, n.1, p.1-10, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.37616/2212-5043.1481. Acesso em: 30 set. 2026.

HUANG, Xuerong *et al.* Red-light photobiomodulation improves cognition and neuropsychiatric symptoms in post-stroke cognitive impairment: a randomized trial. **Frontiers in Neurology,** v.16, n.5, p.1-13, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1634701. Acesso em: 4 ago. 2026.

LI, Siyue *et al.* Potential and challenges of transcranial photobiomodulation for the treatment of stroke. **CNS Neuroscience & Therapeutics,** 30, n.12, p.1-11, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1111/cns.70142. Acesso em: 13 jun. 2026.

MARIMAN, Juan José *et al.* Brain's energy after stroke: from a cellular perspective toward behavior. **Frontiers in Integrative Neuroscience,** v.16 n.1, p.1-7, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fnint.2022.826728. Acesso em: 19 jun. 2026.

PAOLILLO, Fernanda Rossi *et al.* The effects of transcranial laser photobiomodulation and neuromuscular electrical stimulation in the treatment of post-stroke dysfunctions. **Journal of Biophotonics,** v.16, n. 4, p.1-17, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jbio.202200260. Acesso em: 28 set. 2026.

Pin, T. W.; Winser, S. J.; Chan, W. L. S. *et al.* Association between fear of falling and falls following acute and chronic stroke: a systematic review with meta-analysis. **Journal of Rehabilitation Medicine,** v.56, n.1, p.1-13, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38226564/. Acesso em: 20 nov. 2026.

QIN, Chuan *et al.* Signaling pathways involved in ischemic stroke: molecular mechanisms and therapeutic interventions. **Signal Transduction and Targeted Therapy,,** v.7, n.1, p.1-29, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41392-022-01064-1. Acesso em: 7 jul. 2026.

REN, Chao *et al.* Application of photobiomodulation in post-stroke dysfunctions: a literature review of recent clinical studies. **Frontiers in Neurology,** v.17, n.3, p.1-11, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fneur.2026.1859831. Acesso em: 12 out. 2026.

RISSO, Jaqueline *et al.* Papel das terapias inovadoras na neuroplasticidade e reabilitação pós-AVC. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação,** v. 11, n. 4, p. 674-684, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.51891/rease.v11i4.18641. Acesso em: 16 jul. 2026.

ROMANI, Caroline *et al.* Avaliação da fotobiomodulação como proposta de tratamento na recuperação pós-AVE: uma revisão de literatura. **RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber,** v.1, n.2, p.1-13, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.51473/rcmos.v1i2.2025.1613. Acesso em: 21 jul. 2026.

SALEHPOUR, Farzad *et al.* Photobiomodulation therapy for stroke. In: **Photobiomodulation for the Brain: Photobiomodulation Therapy in Neurology and Neuropsychiatry.** Cham: Springer Nature, v.1, n.5, p.221–258, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36231-6_11. Acesso em: 25 jul. 2026.

TANG, Lifeng *et al.* Application of non-invasive transcranial photobiomodulation in ischemic stroke: mechanisms and current insights. **iScience,** v.29, n.1, p.1-23, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.114254. Acesso em: 15 mar. 2026.

USMAN, Jibrin S. *et al.* Relationships of post-stroke fatigue with mobility, recovery, performance, and participation-related outcomes: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Neurology,** v.15, n.5, p.1-34, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1420443. Acesso em: 26 set. 2026.

VOGEL, D. D. S. *et al.* Transcranial low-level laser therapy in an in vivo model of stroke: relevance to the brain infarct, microglia activation and neuroinflammation. **Journal of Biophotonics,** v.14, n.6, p.1-22,

2021. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jbio.202000500. Acesso em: 18 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Stroke: key facts. Geneva: WHO, 2025. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/stroke. Acesso em: 13 mar. 2026.

YOKOMIZO, Shinya *et al.* Near-infrared II photobiomodulation preconditioning ameliorates stroke injury via phosphorylation of eNOS. **Stroke,** v. 55, n. 6, p. 1641-1649, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.123.045358. Acesso em: 14 out. 2026

---

[1] Discente do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário de Itajubá - FEPI. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Docente do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário de Itajubá - FEPI. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Docente do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário de Itajubá - FEPI. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail