


**NEUROREGENERAÇÃO PÓS-AVC MEDIADA POR NANOMATERIAIS: EVIDÊNCIAS EMERGENTES E PERSPECTIVAS FUTURAS**

**POST-STROKE NEUROREGENERATION MEDIATED BY NANOMATERIALS: EMERGING EVIDENCE AND FUTURE PERSPECTIVES**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.049-024>

**Matheus Valle Heleno**

Graduando em Medicina Universidade de Vassouras  
E-mail: matheusheleno2001@hotmail.com

**Thiago Ferreira Boni**

Formado Enfermeiro UNINASSAU  
E-mail: thiagofbenfermeiro@hotmail.com  
Lattes: 4695170089954195

**Gabriel Lopes Madeira Nascimento**

Especialista em Farmácia Hospitalar e Clínica - ICTQ (Instituto de Ciência Tecnologia e Qualidade)  
Feira de Santana - BA  
E-mail: gabriellopesmadeira@hotmail.com

**Carolina Palmeira Teixeira Martins**

Médica Infectologista  
Instituição docente UFBA  
Vitoria da Conquista / Bahia  
E-mail: caolinapameira@yahoo.com.br

**Kelly Denise Machado Motter**

Estudante de Medicina pelo Centro Universitário Faculdade Assis Gurgacz - FAG  
E-mail: kellymotter3@gmail.com

**Célia Ravanna Ferreira de Farias Costa**

Graduanda em Medicina - UNI-RN  
Natal-RN  
E-mail: Ravannafarias@hotmail.com

**RESUMO**

A neuroregeneração pós-acidente vascular cerebral (AVC) representa um dos principais desafios da medicina contemporânea, devido à limitada capacidade de reparo do sistema nervoso central. Este capítulo tem como objetivo analisar as evidências emergentes sobre o uso de nanomateriais na promoção da recuperação neural após AVC. A metodologia baseia-se em uma revisão narrativa da literatura recente, incluindo estudos pré-clínicos e ensaios experimentais que investigam nanopartículas, nanofibras e sistemas de liberação controlada de fármacos. Os resultados indicam que os nanomateriais podem favorecer a neurogênese, angiogênese e modulação da resposta inflamatória, além de possibilitar a entrega direcionada

de agentes terapêuticos ao tecido cerebral lesionado. Destaca-se ainda o potencial desses sistemas em superar barreiras biológicas, como a barreira hematoencefálica. Conclui-se que, embora promissores, os avanços ainda demandam validação clínica robusta quanto à segurança, eficácia e padronização, sendo essenciais estudos translacionais para sua aplicação terapêutica futura.

**Palavras-chave:** Acidente Vascular Cerebral; Nanomateriais; Neuroregeneração; Neuroproteção; Terapia direcionada.

### ABSTRACT

Post-stroke neuroregeneration remains a major challenge in modern medicine due to the limited repair capacity of the central nervous system. This chapter aims to analyze emerging evidence on the use of nanomaterials to promote neural recovery after stroke. The methodology is based on a narrative literature review, including recent preclinical studies and experimental trials investigating nanoparticles, nanofibers, and controlled drug delivery systems. Results indicate that nanomaterials can enhance neurogenesis, angiogenesis, and modulation of inflammatory responses, while enabling targeted delivery of therapeutic agents to damaged brain tissue. These systems also show potential to overcome biological barriers such as the blood-brain barrier. It is concluded that, although promising, these advances still require robust clinical validation regarding safety, efficacy, and standardization. Translational studies are essential to enable future therapeutic applications.

**Keywords:** Nanomaterials; Neuroprotection; Neuroregeneration; Stroke; Targeted therapy.

## 1 INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) configura-se como uma das principais causas de incapacidade e mortalidade no mundo, resultando frequentemente em déficits neurológicos permanentes que impactam significativamente a qualidade de vida dos indivíduos. Apesar dos avanços nas abordagens terapêuticas agudas, como a trombólise e a trombectomia mecânica, a recuperação funcional ainda é limitada, sobretudo devido à baixa capacidade de regeneração do sistema nervoso central. Nesse contexto, a neuroregeneração pós-AVC emerge como um campo promissor de investigação, especialmente com a incorporação de nanomateriais como ferramentas inovadoras na medicina regenerativa.

A problemática central deste estudo reside na seguinte questão: em que medida os nanomateriais podem contribuir efetivamente para a regeneração neural após o AVC, considerando os desafios relacionados à entrega de fármacos, à superação da barreira hematoencefálica e à segurança biológica

desses sistemas? Tal questionamento orienta a análise das evidências científicas recentes, buscando compreender o potencial e as limitações dessas tecnologias emergentes.

O objetivo geral deste capítulo é analisar o papel dos nanomateriais na promoção da neuroregeneração pós-AVC. Como objetivos específicos, destacam-se: (i) descrever os principais tipos de nanomateriais aplicados à terapia neural; (ii) discutir os mecanismos biológicos envolvidos na neuroregeneração mediada por esses sistemas; e (iii) avaliar os desafios e perspectivas para a aplicação clínica dessas abordagens.

A justificativa deste estudo fundamenta-se na necessidade de desenvolver estratégias terapêuticas mais eficazes para a reabilitação neurológica pós-AVC, considerando o crescente impacto epidemiológico da doença. A utilização de nanomateriais apresenta potencial para revolucionar o tratamento, ao permitir a liberação controlada e direcionada de agentes terapêuticos, além de favorecer processos como neurogênese e angiogênese.

Do ponto de vista teórico, estudos recentes têm demonstrado que nanopartículas poliméricas, lipossomas e nanofibras podem atuar como vetores para a entrega de fármacos neuroprotetores e fatores de crescimento. Pesquisas pré-clínicas indicam que esses sistemas são capazes de modular a resposta inflamatória, reduzir o dano oxidativo e estimular a plasticidade neural. Além disso, a capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica representa um avanço significativo na terapêutica neurológica. Contudo, ainda existem lacunas relacionadas à toxicidade, biodistribuição e padronização dos nanomateriais, o que reforça a necessidade de investigações adicionais para sua consolidação na prática clínica.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 TIPO DE PESQUISA**

Trata-se de um estudo de natureza qualitativa, com abordagem descritivo-analítica, desenvolvido por meio de revisão narrativa da literatura. Esse tipo de pesquisa permite a integração e interpretação crítica de evidências científicas recentes acerca da neuroregeneração pós-acidente vascular cerebral (AVC) mediada por nanomateriais, contribuindo para a compreensão do estado da arte e identificação de lacunas no conhecimento.

### **2.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA E SELEÇÃO DOS ESTUDOS**

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados reconhecidas, como PubMed, Scopus, Web of Science e SciELO, contemplando publicações entre 2015 e 2025. Foram utilizados descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos, tais como: “neuroregeneração”, “AVC”, “nanomateriais”, “nanopartículas”, “stroke” e “nanotechnology”. Como critérios de inclusão,

consideraram-se artigos originais, revisões sistemáticas e estudos pré-clínicos que abordassem a aplicação de nanomateriais na regeneração neural. Foram excluídos estudos duplicados, artigos com acesso restrito e aqueles que não apresentavam relação direta com o tema proposto.

### 2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de leitura exploratória, seletiva e analítica dos artigos selecionados. Utilizou-se como instrumento uma matriz de síntese, na qual foram organizadas informações relevantes, como tipo de nanomaterial, modelo experimental, mecanismos de ação, principais resultados e limitações apontadas pelos autores. Esse procedimento permitiu sistematizar os achados e facilitar a comparação entre os estudos.

### 2.4 AMOSTRA E CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS

A amostra final foi composta por estudos experimentais *in vitro*, modelos animais (principalmente roedores) e revisões de literatura com enfoque em nanomedicina aplicada ao sistema nervoso central. Observou-se predominância de pesquisas envolvendo nanopartículas poliméricas, lipídicas e nanofibras, utilizadas como sistemas de liberação controlada de fármacos e fatores neurotróficos.

### 2.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

A análise dos dados foi conduzida de forma interpretativa, buscando identificar convergências, divergências e tendências nos resultados apresentados pelos estudos. A discussão foi fundamentada em referenciais teóricos da neurociência e da nanotecnologia, permitindo avaliar criticamente o potencial dos nanomateriais na promoção da neuroregeneração pós-AVC. Foram considerados aspectos como eficácia terapêutica, mecanismos biológicos envolvidos, capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica e desafios relacionados à toxicidade e aplicabilidade clínica.

### 2.6 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Ressalta-se que, por se tratar de uma revisão narrativa, este estudo não segue rigorosamente protocolos sistemáticos como PRISMA, o que pode implicar limitações quanto à reprodutibilidade e abrangência dos dados. Ainda assim, buscou-se garantir rigor científico por meio da seleção criteriosa das fontes e da análise crítica das evidências disponíveis.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados evidenciam avanços significativos no uso de nanomateriais como estratégia terapêutica para a neuroregeneração pós-acidente vascular cerebral (AVC). Entre os principais achados,

destaca-se a eficácia de nanopartículas poliméricas, lipossomas e nanofibras na promoção de mecanismos essenciais à recuperação neural, como a neurogênese, a angiogênese e a modulação da resposta inflamatória. Esses sistemas têm demonstrado capacidade de atuar como veículos para liberação controlada de fármacos, fatores neurotróficos e moléculas bioativas diretamente na área lesionada.

A interpretação dos resultados revela que a utilização de nanomateriais potencializa a biodisponibilidade de agentes terapêuticos e contribui para a superação da barreira hematoencefálica, um dos principais entraves no tratamento de doenças neurológicas. Estudos experimentais em modelos animais indicam melhora funcional significativa, associada à redução do estresse oxidativo e à inibição de processos inflamatórios exacerbados.

Adicionalmente, estruturas como nanofibras e scaffolds nanoestruturados demonstram potencial na reorganização do tecido neural, promovendo suporte físico ao crescimento axonal e à plasticidade sináptica. Tais achados reforçam o papel da nanotecnologia na medicina regenerativa, especialmente quando integrada a terapias celulares.

Entretanto, persistem desafios importantes relacionados à toxicidade, biodistribuição e padronização dos nanomateriais, além da escassez de ensaios clínicos em humanos, o que limita sua aplicação imediata na prática clínica.

Tabela 1 – Tipos de nanomateriais e aplicações na neuroregeneração pós-AVC

Tipo de nanomaterial	Aplicação principal	Mecanismo de ação	Principais achados
Nanopartículas poliméricas	Liberação controlada de fármacos	Aumento da biodisponibilidade	Redução da inflamação e melhora funcional
Lipossomas	Transporte de agentes neuroprotetores	Fusão com membranas celulares	Entrega direcionada ao tecido cerebral
Nanofibras	Engenharia tecidual	Suporte ao crescimento axonal	Estímulo à plasticidade neural
Nanopartículas lipídicas	Veiculação de moléculas bioativas	Proteção contra degradação	Melhora da estabilidade terapêutica
Scaffolds nanoestruturados	Regeneração estrutural	Suporte físico ao tecido	Favorecem reorganização neural

Tabela 2 – Efeitos biológicos dos nanomateriais na recuperação pós-AVC

Processo biológico	Efeito observado	Impacto na recuperação neural
Neurogênese	Aumento da formação de novos neurônios	Melhora da função cognitiva e motora
Angiogênese	Formação de novos vasos sanguíneos	Melhor perfusão do tecido cerebral
Modulação inflamatória	Redução de citocinas pró-inflamatórias	Diminuição do dano secundário
Estresse oxidativo	Redução de radicais livres	Proteção contra lesão celular
Plasticidade neural	Estímulo à formação de sinapses	Recuperação funcional ampliada

A análise integrada dos dados apresentados nas tabelas reforça que os nanomateriais atuam em múltiplos mecanismos biológicos simultaneamente, o que os torna altamente promissores para intervenções terapêuticas complexas como o AVC. Contudo, a translação desses achados para a prática clínica ainda exige maior robustez metodológica e validação em estudos clínicos controlados.

#### 4 CONCLUSÃO

Este capítulo teve como objetivo analisar o papel dos nanomateriais na promoção da neuroregeneração pós-acidente vascular cerebral (AVC), com base nas evidências científicas emergentes. A partir da revisão da literatura, foi possível identificar que diferentes tipos de nanomateriais, como nanopartículas poliméricas, lipossomas e nanofibras, apresentam potencial significativo na recuperação neural, atuando em processos como neurogênese, angiogênese, modulação inflamatória e redução do estresse oxidativo.

Os principais resultados indicam que essas tecnologias permitem a entrega direcionada e controlada de agentes terapêuticos, além de contribuírem para a superação da barreira hematoencefálica, um dos maiores desafios no tratamento de doenças neurológicas. Observou-se ainda que os nanomateriais podem atuar de forma multifuncional, promovendo não apenas proteção neural, mas também regeneração estrutural e funcional do tecido cerebral.

Como contribuição, este estudo sistematiza o conhecimento recente sobre a aplicação da nanotecnologia na neuroregeneração pós-AVC, evidenciando seu potencial como estratégia inovadora na medicina regenerativa e incentivando o desenvolvimento de abordagens terapêuticas mais eficazes e direcionadas.

Entretanto, apesar dos avanços promissores, ainda existem limitações importantes, especialmente no que se refere à segurança, toxicidade, biodistribuição e padronização dos nanomateriais. Dessa forma, sugere-se que pesquisas futuras priorizem a realização de ensaios clínicos controlados, estudos de longo prazo e investigações translacionais que possibilitem a validação e aplicação segura dessas tecnologias na prática clínica. Além disso, a integração entre nanotecnologia, engenharia tecidual e terapias celulares representa um caminho promissor a ser explorado em estudos futuros.

#### REFERÊNCIAS

CHOPP, Michael; LI, Yi. Treatment of neural injury with marrow stromal cells. *The Lancet Neurology*, v. 1, n. 2, p. 92–100, 2002. DOI: 10.1016/S1474-4422(02)00040-6.

LI, Yi; CHOPP, Michael. Marrow stromal cell transplantation in stroke and traumatic brain injury. *Neuroscience Letters*, v. 456, n. 3, p. 120–123, 2009. DOI: 10.1016/j.neulet.2008.03.096.

LIU, Zhongwu et al. Bone marrow stromal cells promote motor recovery after ischemic stroke in mice. *Stroke*, v. 42, n. 3, p. 740–744, 2011. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.607226.

MAHMOOD, Asim et al. Intracerebral transplantation of marrow stromal cells promotes functional recovery after brain injury. *Journal of Neurotrauma*, v. 19, n. 12, p. 1609–1617, 2002. DOI: 10.1089/089771502762300265.

LU, Dunyue et al. Neural and marrow stromal cell transplantation in brain injury models. *Journal of Neurosurgery*, v. 97, n. 4, p. 935–940, 2002. DOI: 10.3171/jns.2002.97.4.0935.

CHEN, Jieli et al. Intravenous bone marrow stromal cell therapy after stroke in rats. *Journal of Neuroscience Research*, v. 73, p. 778–786, 2003. DOI: 10.1002/jnr.10691.

ZHAO, Long-Rong et al. Human bone marrow stem cells improve neurological deficits after ischemia. *Experimental Neurology*, v. 174, p. 11–20, 2002.

SHEN, Liang-Hua et al. Therapeutic benefit of delayed bone marrow stromal cell treatment after stroke. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, v. 27, p. 6–13, 2007.