

MEDICINA REGENERATIVA NA PRÁTICA CLÍNICA: FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS, ESTRATÉGIAS TERAPÊUTICAS, EVIDÊNCIAS E PERSPECTIVAS

REGENERATIVE MEDICINE IN CLINICAL PRACTICE: BIOLOGICAL
FOUNDATIONS, THERAPEUTIC STRATEGIES, EVIDENCE AND
PERSPECTIVES

Ciências da Saúde • 25/08/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/787614238](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/787614238)

Elen Kesley Muniz Pinheiro¹

Ana Carolina Ferreira Pinheiro²

Efraim Pereira Gama³

RESUMO

A Medicina Regenerativa integra biologia celular, engenharia tecidual, biomateriais, bioengenharia e medicina translacional com o propósito de estimular mecanismos de reparação, regeneração e recuperação funcional dos tecidos. Este estudo objetiva analisar criticamente as evidências científicas acerca dos fundamentos biológicos e das principais estratégias terapêuticas empregadas na Medicina Regenerativa, considerando aplicações clínicas, limitações e perspectivas. Trata-se de revisão narrativa da literatura, de caráter integrativo e crítico, estruturada a partir de busca em bases de dados biomédicas e análise de estudos relacionados às principais tecnologias regenerativas. Entre as abordagens discutidas destacam-se plasma rico em plaquetas, fibrina rica em plaquetas, aspirado concentrado de medula óssea, células estromais mesenquimais, vesículas extracelulares, biomateriais e engenharia tecidual. As evidências apontam expansão dessas tecnologias, porém a heterogeneidade dos protocolos, a variabilidade dos produtos biológicos e a ausência de padronização dificultam comparações e recomendações universais. Conclui-se que a Medicina Regenerativa apresenta relevante potencial translacional, mas sua incorporação clínica deve permanecer vinculada à avaliação crítica das evidências, à segurança do paciente, à padronização metodológica e aos princípios éticos e regulatórios.

Palavras-chave: Medicina Regenerativa; Regeneração Tecidual; Plasma Rico em Plaquetas; Células Estromais Mesenquimais; Engenharia Tecidual.

ABSTRACT

Regenerative Medicine integrates cell biology, tissue engineering, biomaterials, bioengineering, and translational medicine to stimulate tissue repair, regeneration, and functional recovery. This

study aims to critically analyze scientific evidence on the biological foundations and major therapeutic strategies used in Regenerative Medicine, considering clinical applications, limitations, and future perspectives. A narrative literature review with an integrative and critical approach was structured from searches in biomedical databases and analysis of studies addressing major regenerative technologies. The approaches discussed include platelet-rich plasma, platelet-rich fibrin, bone marrow aspirate concentrate, mesenchymal stromal cells, extracellular vesicles, biomaterials, and tissue engineering. Current evidence indicates substantial expansion of these technologies; however, protocol heterogeneity, variability of biological products, and lack of standardization still hinder comparisons across studies and universal recommendations. Regenerative Medicine therefore shows relevant translational potential, but its incorporation into clinical practice should remain grounded in critical appraisal of evidence, patient safety, methodological standardization, and ethical and regulatory principles.

Keywords: Regenerative Medicine; Tissue Regeneration; Platelet-Rich Plasma; Mesenchymal Stromal Cells; Tissue Engineering.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da expectativa de vida, associado ao crescimento da prevalência de doenças crônicas degenerativas, doenças osteoarticulares, enfermidades cardiovasculares, distúrbios neurológicos e traumatismos complexos, representa um dos maiores desafios da medicina contemporânea. Embora os avanços terapêuticos tenham contribuído significativamente para reduzir a mortalidade e melhorar a qualidade de vida da população, muitas doenças permanecem limitadas por estratégias que controlam os

sintomas sem restaurar plenamente a estrutura e a função dos tecidos acometidos. Nesse contexto, a Medicina Regenerativa emerge como um campo interdisciplinar voltado ao desenvolvimento de terapias capazes de estimular, reparar ou restaurar tecidos e órgãos lesionados, oferecendo novas perspectivas para o tratamento de condições anteriormente consideradas de difícil manejo.¹⁻³

A Medicina Regenerativa constitui um campo interdisciplinar da ciência biomédica que integra conhecimentos da biologia celular, engenharia tecidual, biomateriais, bioengenharia, medicina translacional e, mais recentemente, ciência de dados e inteligência artificial. Seu objetivo consiste em restaurar ou substituir células, tecidos e órgãos comprometidos por meio da ativação dos mecanismos naturais de reparo ou da utilização de estratégias biológicas capazes de promover regeneração estrutural e funcional. Essa abordagem diferencia-se das terapias convencionais por buscar não apenas o controle clínico da doença, mas também a recuperação da função tecidual e a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.¹⁻⁴ (Langer; Vacanti, 1993; Murphy; Atala, 2014).

Historicamente, a evolução da Medicina Regenerativa acompanhou importantes avanços da biologia molecular e da engenharia de tecidos. Inicialmente concentrada no estudo da regeneração celular e das células estromais mesenquimais, a área expandiu-se progressivamente para incorporar terapias autólogas baseadas em concentrados plaquetários, como o plasma rico em plaquetas (PRP) e a fibrina rica em plaquetas (PRF), aspirado concentrado de medula óssea (BMAC), biomateriais bioativos, vesículas extracelulares, bioimpressão tridimensional e, mais recentemente, aplicações de inteligência artificial voltadas à medicina personalizada. Essa

evolução demonstra o caráter dinâmico e altamente interdisciplinar da Medicina Regenerativa, cuja integração entre diferentes áreas do conhecimento vem ampliando seu potencial translacional e suas possibilidades de aplicação clínica.¹⁻⁵ (Langer; Vacanti, 1993).

Nas últimas décadas, essas estratégias passaram a ser investigadas em diferentes especialidades médicas, incluindo ortopedia, medicina esportiva, cirurgia plástica, dermatologia, odontologia, oftalmologia, neurologia e ginecologia. Entretanto, apesar do crescente número de estudos publicados e dos resultados promissores observados em diversos cenários clínicos, o nível de evidência científica ainda varia consideravelmente entre as diferentes modalidades terapêuticas. Diferenças metodológicas, heterogeneidade dos protocolos, ausência de padronização e número limitado de ensaios clínicos de alta qualidade ainda representam desafios importantes para a consolidação dessas terapias na prática clínica baseada em evidências.^{2,5-7}

Paralelamente aos avanços tecnológicos, a pesquisa translacional assumiu papel central no desenvolvimento da Medicina Regenerativa. Ao aproximar as descobertas obtidas em pesquisas básicas das aplicações clínicas, essa abordagem favorece a transformação do conhecimento científico em intervenções terapêuticas potencialmente capazes de beneficiar os pacientes. Contudo, essa transição deve ocorrer de maneira criteriosa, respeitando princípios éticos, regulamentações vigentes e critérios rigorosos de segurança, eficácia e qualidade metodológica.^{3,8}

Outro aspecto fundamental refere-se à incorporação dos princípios da Medicina Baseada em Evidências. Embora estudos experimentais, séries de casos e ensaios clínicos preliminares

tenham demonstrado resultados encorajadores para diferentes terapias regenerativas, a adoção dessas tecnologias deve considerar criticamente o nível de evidência disponível, a reprodutibilidade dos resultados, a qualidade metodológica dos estudos e a relação entre benefícios, riscos e custos. Dessa forma, decisões clínicas devem ser fundamentadas em evidências científicas robustas, evitando extrapolações incompatíveis com o estágio atual do conhecimento.^{6,9}

Apesar da expressiva expansão da literatura científica sobre Medicina Regenerativa, observa-se que grande parte das publicações concentra-se em técnicas específicas ou em aplicações isoladas. Permanecem relativamente escassas revisões integrativas que reúnam, em um único manuscrito, os fundamentos biológicos da regeneração, os principais recursos terapêuticos, as aplicações clínicas, os desafios metodológicos, os aspectos regulatórios e as perspectivas futuras dessa área. Essa fragmentação dificulta a compreensão global do tema e reforça a necessidade de revisões abrangentes, críticas e metodologicamente rigorosas que sintetizem o conhecimento disponível e auxiliem pesquisadores, profissionais de saúde e estudantes na tomada de decisão baseada em evidências.^{2,6,9}

Diante desse cenário, a presente revisão integrativa tem como objetivo analisar criticamente as evidências científicas atuais acerca dos fundamentos biológicos, das principais estratégias terapêuticas, das aplicações clínicas, das limitações metodológicas e das perspectivas futuras da Medicina Regenerativa, enfatizando seu potencial translacional e os desafios para sua incorporação ética, segura e fundamentada na prática clínica.

2. METODOLOGIA

Delineamento do estudo

2.1. Delineamento e Escopo

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, de caráter integrativo e crítico, derivada do Projeto Aurora, destinada a sintetizar fundamentos biológicos, aplicações clínicas, limitações e perspectivas da Medicina Regenerativa. A opção por uma síntese narrativa foi adotada porque o manuscrito reúne evidências de diferentes delineamentos e tecnologias, sem pretender estimar efeito combinado ou reproduzir uma revisão sistemática com metanálise.

2.2. Fontes de Informação e Estratégia de Busca

A fundamentação científica foi construída a partir de literatura biomédica indexada, com ênfase em PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e SciELO. Foram priorizados descritores e termos relacionados a regenerative medicine, platelet-rich plasma, platelet-rich fibrin, bone marrow aspirate concentrate, mesenchymal stromal cells, extracellular vesicles, biomaterials e tissue engineering, combinados conforme a temática de cada eixo. Para a atualização científica desta versão, foram priorizados documentos de consenso, revisões sistemáticas, metanálises, ensaios clínicos e artigos de referência conceitual.

2.3. Critérios de Seleção e Síntese

Foram priorizadas publicações em português, inglês ou espanhol com relação direta aos fundamentos, mecanismos, aplicações,

segurança, padronização ou perspectivas das terapias regenerativas abordadas. Foram excluídos materiais sem relação direta com o objetivo da revisão e publicações sem informação suficiente para avaliação crítica. Os achados foram organizados por eixos temáticos e interpretados de forma narrativa, buscando identificar convergências, controvérsias, limitações metodológicas e lacunas do conhecimento. Como se trata de revisão narrativa de caráter integrativo, não são apresentados fluxograma PRISMA, metanálise ou estimativas quantitativas de efeito.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Integração das Principais Estratégias Regenerativas

A Medicina Regenerativa consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos campos mais inovadores das ciências da saúde, reunindo avanços provenientes da biologia celular, imunologia, bioengenharia, ciência dos biomateriais, nanotecnologia e medicina translacional. O desenvolvimento de terapias biológicas capazes de modular os mecanismos naturais de reparação tecidual representa uma mudança de paradigma em relação às abordagens convencionais, tradicionalmente centradas no controle de sintomas ou na substituição de estruturas lesionadas.¹⁻⁵

Nesta revisão foram discutidas as principais plataformas terapêuticas atualmente empregadas ou investigadas na Medicina Regenerativa, incluindo o Plasma Rico em Plaquetas (PRP), a Fibrina Rica em Plaquetas (PRF), o Aspirado Concentrado de Medula Óssea (BMAC), as Células Estromais Mesenquimais (MSCs), os exossomos e os biomateriais utilizados na Engenharia Tecidual. Embora cada uma dessas estratégias possua mecanismos de ação específicos,

todas compartilham um objetivo comum: estimular processos fisiológicos de regeneração, favorecendo a recuperação estrutural e funcional dos tecidos.

Entretanto, a rápida expansão desse campo científico também trouxe desafios importantes. A heterogeneidade metodológica dos estudos, a ausência de padronização dos protocolos, as diferenças regulatórias entre países e a necessidade de ensaios clínicos de alta qualidade tornam indispensável uma análise crítica das evidências disponíveis.

Um dos aspectos mais marcantes da evolução recente da Medicina Regenerativa é a transição de abordagens isoladas para estratégias integradas. Inicialmente, muitas terapias foram desenvolvidas de forma independente, concentrando-se em um único componente biológico, como fatores de crescimento, células-tronco ou biomateriais. Com o avanço da pesquisa translacional, tornou-se evidente que a regeneração tecidual depende da interação dinâmica entre diferentes elementos do microambiente regenerativo.

O PRP representa um exemplo clássico de terapia baseada na liberação concentrada de fatores de crescimento, capazes de estimular angiogênese, proliferação celular e remodelamento da matriz extracelular. O PRF ampliou esse conceito ao incorporar uma rede tridimensional de fibrina que permite liberação gradual desses mediadores e oferece suporte estrutural inicial ao processo regenerativo. (Dohan Ehrenfest et al., 2009; Eqram et al., 2024).

O BMAC introduziu uma dimensão adicional ao fornecer um concentrado biológico rico em células progenitoras, células

estromais mesenquimais, plaquetas e mediadores imunológicos, capazes de atuar por mecanismos predominantemente parácrinos. Posteriormente, o aprofundamento do conhecimento sobre as MSCs e os exossomos demonstrou que grande parte dos efeitos regenerativos decorre da comunicação intercelular e da modulação do microambiente tecidual, e não apenas da diferenciação celular direta. (Han et al., 2024; Migliorini et al., 2024).

Paralelamente, a Engenharia Tecidual acrescentou o componente estrutural da regeneração ao desenvolver biomateriais e scaffolds capazes de fornecer suporte tridimensional para adesão, migração e organização celular. A associação entre biomateriais inteligentes, hidrogéis, bioimpressão tridimensional e terapias celulares inaugurou uma nova geração de estratégias regenerativas, nas quais suporte físico e sinalização biológica atuam de forma integrada. (Langer; Vacanti, 1993; O'Brien, 2011).

Essa evolução evidencia que nenhuma dessas terapias deve ser compreendida como solução isolada. Ao contrário, o maior potencial da Medicina Regenerativa reside na combinação racional entre diferentes plataformas biológicas, respeitando a fisiopatologia da doença, as características individuais do paciente e os princípios da medicina baseada em evidências.

3.2. Medicina Baseada em Evidências, Heterogeneidade e Padronização

A rápida expansão da Medicina Regenerativa despertou grande interesse entre pesquisadores, profissionais da saúde e pacientes. O desenvolvimento de novas terapias biológicas, associado ao avanço da biologia celular, da bioengenharia e da medicina translacional,

abriu perspectivas inéditas para o tratamento de doenças degenerativas, lesões traumáticas e condições crônicas anteriormente consideradas de difícil manejo.¹⁻⁴

Entretanto, o crescimento acelerado desse campo científico também trouxe desafios importantes relacionados à interpretação crítica das evidências disponíveis. Em diversas situações, resultados promissores obtidos em estudos laboratoriais ou modelos animais passaram a ser extrapolados prematuramente para a prática clínica, gerando expectativas superiores às aquelas efetivamente sustentadas pelos dados científicos.

Nesse contexto, a Medicina Baseada em Evidências (MBE) assume papel fundamental ao fornecer instrumentos metodológicos capazes de avaliar criticamente a qualidade das pesquisas e orientar decisões clínicas fundamentadas no melhor conhecimento disponível.

Assim, o desenvolvimento da Medicina Regenerativa exige equilíbrio entre inovação científica e rigor metodológico, evitando tanto o entusiasmo excessivo quanto o ceticismo injustificado.

Um dos maiores desafios da Medicina Regenerativa refere-se à heterogeneidade dos estudos publicados. (Eqram et al., 2024; Witwer et al., 2024).

Essa diversidade dificulta comparações diretas entre pesquisas e limita a elaboração de recomendações universais.

O risco da medicina regenerativa não baseada em evidências

O grande interesse despertado pelas terapias regenerativas também favoreceu o surgimento de clínicas e tratamentos oferecidos antes da adequada validação científica.

Algumas intervenções são divulgadas com promessas amplas de eficácia para múltiplas doenças, frequentemente sem respaldo em ensaios clínicos robustos ou aprovação pelos órgãos reguladores.

Dessa forma, a incorporação responsável da Medicina Regenerativa exige avaliação crítica da literatura científica e respeito às normas éticas e regulatórias.

Integração entre inovação e responsabilidade científica

A história da Medicina demonstra que grandes avanços científicos somente alcançam impacto duradouro quando acompanhados de validação metodológica rigorosa.

Na Medicina Regenerativa, inovação e prudência não representam conceitos opostos, mas complementares.

Enquanto a pesquisa básica impulsiona o desenvolvimento de novas terapias, a Medicina Baseada em Evidências garante que sua aplicação clínica ocorra de forma segura, eficaz e eticamente responsável.

Esse equilíbrio constitui o verdadeiro alicerce para a consolidação da Medicina Regenerativa como especialidade científica madura.

3.3. Aplicações Clínicas, Limitações e Perspectivas

O cenário científico atual

As evidências disponíveis indicam que diversas terapias regenerativas apresentam resultados promissores em condições específicas, especialmente nas áreas de ortopedia, medicina esportiva, odontologia, cirurgia reconstrutiva, dermatologia e tratamento de feridas complexas. (Han et al., 2024; Silva et al., 2024).

Entretanto, o nível de evidência varia significativamente entre as diferentes aplicações. Enquanto algumas indicações já contam com ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas consistentes, outras permanecem em fase de investigação clínica, exigindo estudos multicêntricos, protocolos padronizados e acompanhamento em longo prazo.

Essa realidade reforça a importância da Medicina Baseada em Evidências como fundamento para a incorporação responsável das terapias regenerativas à prática clínica.

Os desafios para consolidação da área

Apesar dos avanços alcançados, a Medicina Regenerativa ainda enfrenta importantes desafios científicos, tecnológicos e regulatórios.

A superação desses desafios permitirá maior segurança, reprodutibilidade e previsibilidade dos resultados clínicos.

A convergência das tecnologias

Um dos aspectos mais marcantes observados durante a elaboração desta revisão é a crescente convergência entre diferentes tecnologias.

Essa integração representa uma mudança profunda na forma de compreender o tratamento das doenças, aproximando a prática clínica da biologia dos processos regenerativos.

4. CONCLUSÃO

A Medicina Regenerativa representa mais do que um conjunto de novas tecnologias. Ela traduz uma nova maneira de compreender a biologia da reparação tecidual e de utilizar esse conhecimento em benefício do paciente. (Langer; Vacanti, 1993; Viswanathan et al., 2019).

Ao reconhecer que o organismo possui mecanismos próprios de regeneração, capazes de ser modulados por intervenções biológicas cuidadosamente planejadas, essa área inaugura uma abordagem terapêutica baseada na integração entre ciência, inovação e prática clínica.

Entretanto, seu desenvolvimento deve permanecer fundamentado em princípios éticos, rigor metodológico e avaliação crítica das evidências disponíveis. O entusiasmo científico somente produzirá benefícios duradouros quando acompanhado por pesquisas de alta qualidade, regulamentação adequada e compromisso permanente com a segurança dos pacientes.

Mais do que substituir a medicina tradicional, a Medicina Regenerativa amplia suas possibilidades, oferecendo novas estratégias para promover reparo, restaurar funções e melhorar a qualidade de vida.

Assim, o futuro dessa área dependerá da capacidade de integrar diferentes disciplinas científicas, formar profissionais qualificados e

transformar descobertas laboratoriais em soluções terapêuticas efetivas, acessíveis e baseadas em evidências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPLAN, A. I. Mesenchymal stem cells: time to change the name! Stem Cells Translational Medicine, v. 6, n. 6, p. 1445-1451, 2017. DOI: 10.1002/sctm.17-0051.

DOHAN EHRENFEST, D. M. et al. The impact of the centrifuge characteristics and centrifugation protocols on the cells, growth factors, and fibrin architecture of a leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF) clot and membrane. Platelets, v. 29, n. 2, p. 171-184, 2018. DOI: 10.1080/09537104.2017.1293812.

DOHAN EHRENFEST, D. M.; RASMUSSEN, L.; ALBREKTSSON, T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). Trends in Biotechnology, v. 27, n. 3, p. 158-167, 2009. DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.11.009.

EQRAM, B. et al. Systematic review of platelet-rich plasma in medical and surgical specialties: quality, evaluation, evidence, and enforcement. Cureus, 2024. PMID: 39124838.

HAN, J. H. et al. Bone marrow aspirate concentrate injections for the treatment of knee osteoarthritis: a systematic review of randomized controlled trials. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, v. 12, n. 12, 2024. DOI: 10.1177/23259671241296555.

KALLURI, R.; LEBLEU, V. S. The biology, function, and biomedical applications of exosomes. Science, v. 367, n. 6478, eaau6977, 2020.

DOI: 10.1126/science.aau6977.

LANGER, R.; VACANTI, J. P. Tissue engineering. *Science*, v. 260, n. 5110, p. 920-926, 1993. DOI: 10.1126/science.8493529.

MIGLIORINI, F. et al. Management of knee osteoarthritis using bone marrow aspirate concentrate: a systematic review. *British Medical Bulletin*, v. 153, n. 1, 2024. DOI: 10.1093/bmb/ldae016.

MURPHY, S. V.; ATALA, A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, v. 32, p. 773-785, 2014. DOI: 10.1038/nbt.2958.

O'BRIEN, F. J. Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. *Materials Today*, v. 14, n. 3, p. 88-95, 2011. DOI: 10.1016/S1369-7021(11)70058-X.

SILVA, F. F. V. et al. Regeneration of periodontal intrabony defects using platelet-rich fibrin (PRF): a systematic review and network meta-analysis. *Odontology*, v. 112, p. 1047-1068, 2024. DOI: 10.1007/s10266-024-00949-7.

VISWANATHAN, S. et al. Mesenchymal stem versus stromal cells: International Society for Cell & Gene Therapy (ISCT) Mesenchymal Stromal Cell committee position statement on nomenclature. *Cytotherapy*, v. 21, n. 10, p. 1019-1024, 2019. DOI: 10.1016/j.jcyt.2019.08.002.

WITWER, K. W. et al. Minimal information for studies of extracellular vesicles (MISEV2023): from basic to advanced approaches. *Journal of Extracellular Vesicles*, 2024. PMID: 38326288.

¹ Enfermeira, acadêmica do Curso de Medicina da UNINASSAU São Luís, presidente da Liga Acadêmica de Medicina Regenerativa – LAMERE-RENOVA, com atuação e interesse acadêmico em Medicina Regenerativa. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Enfermeira, pós-graduada em Saúde da Família, Obstetrícia e Neonatologia; gestora administrativa em instituição pública saúde. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Cirurgião-dentista, com atuação em cirurgia oral menor e implantodontia; gestor público. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)