Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

OPEN ACCESS

doi.org/10.51891/rease.v12i11.31722

ENDODONTIA REGENERATIVA EM DENTES PERMANENTES JOVENS COM NECROSE PULPAR: UMA REVISÃO DE LITERATURA

REGENERATIVE ENDODONTICS IN YOUNG PERMANENT TEETH WITH PULP NECROSIS: A LITERATURE REVIEW

Vanessa Silva de Medeiros[1]
Kamilla Eduarda Soares Couto[2]
Renata Ferreira Vilaça de Alvarenga Braga[3]

RESUMO: O tratamento de dentes permanentes jovens com necrose pulpar representa um desafio para a Endodontia, devido à interrupção da rizogênese, que resulta em raízes com paredes dentinárias finas e maior fragilidade estrutural. Este estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas sobre o manejo clínico, comparando a apicificação aos procedimentos de endodontia regenerativa quanto ao controle da infecção, ao desenvolvimento radicular e à previsibilidade dos resultados. Para isso, foi realizada uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, contemplando estudos publicados entre 2016 e 2026, identificados nas bases PubMed, SciELO e Google Scholar. A literatura demonstra que ambas apresentam resultados favoráveis no controle da infecção e na resolução de sinais e sintomas clínicos. Entretanto, enquanto a apicificação está relacionada à formação de uma barreira apical, a endodontia regenerativa apresenta potencial para favorecer a continuidade do desenvolvimento radicular, com aumento do comprimento e da espessura das paredes dentinárias. Esses resultados apresentam variabilidade entre os estudos e limitada previsibilidade. Evidências histológicas indicam que os tecidos neoformados podem apresentar características de reparo, e não necessariamente correspondem à regeneração de uma polpa. Dessa forma, a endodontia regenerativa demonstra potencial clínico, porém sua consolidação depende da padronização dos protocolos e de evidências clínicas.

Palavras-chave: Endodontia regenerativa. Necrose pulpar. Desenvolvimento radicular.

ABSTRACT: The treatment of immature permanent teeth with pulp necrosis represents a challenge in Endodontics due to the interruption of root development, which results in roots with thin dentinal walls and greater structural fragility. This study aimed to analyze the scientific evidence on clinical management, comparing apexification with regenerative endodontic procedures regarding infection control, root development, and outcome predictability. An integrative literature review with a qualitative and descriptive approach was conducted, including studies published between 2016 and 2026 and identified in the PubMed, SciELO, and Google Scholar databases. The literature demonstrates that both approaches present favorable outcomes in infection control and resolution of clinical signs and symptoms. However, while apexification is associated with the formation of an apical barrier, regenerative endodontics has the potential to promote continued root development, with increases in root length and dentinal wall thickness. These outcomes vary among studies and have limited predictability. Histological evidence indicates that the newly formed tissues may exhibit repair characteristics and do not necessarily correspond to the regeneration of functional pulp tissue. Thus, regenerative endodontics demonstrates clinical potential, but its consolidation depends on protocol standardization and further long-term clinical evidence.

[1] Graduanda em Odontologia. Centro Universitário UNINASSAU.
[2] Graduanda em Odontologia. Centro Universitário UNINASSAU.
[3] Orientadora. Cirurgião-Dentista Especialista em Endodontia, MBA em Gestão de Saúde, Docente na Área de Endodontia na Uninassau Brasília.

Keywords: Regenerative endodontics. Pulp necrosis. Root development.

1 INTRODUÇÃO

A necrose pulpar em dentes permanentes imaturos representa um desafio para a Endodontia, pois a interrupção do desenvolvimento radicular resulta em raízes com paredes dentinárias finas e ápice aberto, aumentando a suscetibilidade a fraturas e dificultando a realização do tratamento endodôntico convencional. Essa condição pode estar relacionada principalmente a traumatismos dentários, lesões de cárie e anomalias de desenvolvimento, comprometendo a continuidade da rizogênese e a resistência estrutural do elemento dentário (DIOGENES et al., 2016; DIOGENES; RUPAREL, 2017).

Tradicionalmente, dentes permanentes imaturos com necrose pulpar podem ser tratados por meio da apicificação, procedimento cujo objetivo é promover a formação de uma barreira apical que possibilite o adequado selamento do sistema de canais radiculares. Apesar de apresentar resultados clínicos satisfatórios no controle da infecção e no estabelecimento de uma barreira apical, essa abordagem não tem como finalidade promover a continuidade do desenvolvimento radicular. Dessa forma, o dente permanece com as características estruturais decorrentes da interrupção da rizogênese, especialmente em relação ao comprimento radicular e à espessura das paredes dentinárias (DIOGENES et al., 2016; WIKSTRÖM et al., 2021).

Nesse contexto, os procedimentos endodônticos regenerativos passaram a ser investigados como uma alternativa terapêutica para dentes permanentes imaturos com necrose pulpar, tendo como proposta não apenas o controle da infecção, mas também a possibilidade de favorecer a continuidade do desenvolvimento radicular. Esses procedimentos utilizam princípios relacionados à desinfecção do sistema de canais, à preservação ou recrutamento de células-tronco, à utilização de scaffolds e à presença de moléculas bioativas capazes de contribuir para processos de reparo e formação tecidual. Clinicamente, estudos relatam aumento do comprimento radicular, espessamento das paredes dentinárias e redução do diâmetro apical após o tratamento regenerativo, embora a magnitude desses resultados varie entre os estudos e os protocolos empregados (ALGHAMDI; ALQURASHI, 2020; ONG et al., 2020; GALLER et al., 2022).

Entretanto, a interpretação desses resultados ainda apresenta limitações. O aumento do comprimento ou da espessura radicular observado radiograficamente não é suficiente, isoladamente, para confirmar a regeneração de um complexo dentinopulpar funcional. Estudos experimentais e revisões da literatura demonstram que os tecidos formados após procedimentos

regenerativos podem apresentar características distintas da polpa natural, incluindo tecidos semelhantes a cemento, osso ou dentina reparadora. Além disso, diferenças nos protocolos de desinfecção, nas medicações intracanais, nos materiais utilizados e na formação do scaffold podem influenciar os resultados clínicos e biológicos, contribuindo para a variabilidade observada entre os estudos (DIOGENES; RUPAREL, 2017; GALLER et al., 2015; GALLER et al., 2022).

Dessa forma, estabelece-se uma importante lacuna relacionada à eficácia e à previsibilidade dos procedimentos endodônticos regenerativos na continuidade da formação radicular, especialmente porque os parâmetros radiográficos de desenvolvimento não necessariamente correspondem à regeneração de um tecido dentinopulpar funcional. Nesse sentido, a presente revisão parte da seguinte questão norteadora: em dentes permanentes imaturos com necrose pulpar, em que medida os procedimentos endodônticos regenerativos são eficazes e previsíveis na promoção da continuidade do desenvolvimento radicular, considerando os diferentes protocolos empregados e as características do tecido neoformado?

A partir dessa questão, esta revisão integrativa da literatura tem como objetivo analisar a eficácia e a previsibilidade dos procedimentos endodônticos regenerativos em dentes permanentes imaturos com necrose pulpar, com ênfase na continuidade do desenvolvimento radicular, nos principais protocolos empregados e nas limitações relacionadas à natureza e às características do tecido neoformado.

2 MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, com o objetivo de reunir e analisar evidências científicas sobre os procedimentos endodônticos regenerativos em dentes permanentes jovens com necrose pulpar.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Scholar, no período de fevereiro a maio de 2026. Foram utilizados descritores em português e inglês, incluindo: “Endodontia Regenerativa”, “necrose pulpar”, “dentes imaturos”, “revascularização pulpar”, “regenerative endodontics”, “pulp necrosis” e “immature teeth”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR.

Foram considerados estudos publicados entre 2016 e 2026, nos idiomas português e inglês, que abordassem aspectos relacionados aos procedimentos endodônticos regenerativos em dentes permanentes jovens com necrose pulpar, incluindo fundamentos biológicos, protocolos de

desinfecção, desenvolvimento radicular, resultados clínicos, limitações e previsibilidade. Foram excluídos estudos duplicados, trabalhos incompletos, resumos simples e publicações sem relação direta com o tema proposto.

Após a busca, foi realizada a análise dos títulos e resumos para identificação dos estudos potencialmente relevantes. Em seguida, os trabalhos selecionados foram submetidos à leitura na íntegra e à análise crítica, considerando sua pertinência e contribuição para os objetivos da pesquisa. Por fim, as informações obtidas foram organizadas em quatro eixos temáticos: fundamentos biológicos; protocolos de desinfecção e medicação intracanal; desenvolvimento radicular em comparação à apicificação; e limitações e previsibilidade dos procedimentos regenerativos.

3 RESULTADOS

3.1 Fundamentos biológicos da endodontia regenerativa

A endodontia regenerativa baseia-se em princípios da engenharia tecidual e busca criar condições favoráveis à continuidade do desenvolvimento radicular em dentes permanentes imaturos com necrose pulpar. Para isso, são considerados três elementos principais: células, fatores de crescimento e arcabouços ou scaffolds. Entre as células envolvidas, destacam-se as células-tronco da papila apical (SCAP), que apresentam potencial de diferenciação e podem participar dos processos relacionados ao desenvolvimento e reparo dos tecidos radiculares (DIOGENES; RUPAREL, 2017).

O coágulo sanguíneo formado após a indução do sangramento periapical é um dos principais scaffolds utilizados clinicamente nos procedimentos regenerativos. Ele pode fornecer uma matriz tridimensional capaz de favorecer a migração celular e disponibilizar fatores de crescimento presentes no ambiente intracanal. Além do coágulo, diferentes estratégias envolvendo concentrados plaquetários e outros biomateriais têm sido investigadas com o objetivo de modificar e favorecer o microambiente necessário ao processo regenerativo (RÍOS-OSORIO et al., 2023; ZHANG; SHENG, 2024).

Outro aspecto importante está relacionado à dentina, que apresenta moléculas bioativas capazes de participar da resposta celular. Galler et al. (2015) demonstraram que diferentes soluções utilizadas na desinfecção do canal radicular podem influenciar a liberação de fatores de crescimento presentes na matriz dentinária. Dessa forma, a escolha dos agentes químicos

deve considerar não apenas a redução da carga microbiana, mas também seus possíveis efeitos sobre o ambiente biológico necessário aos procedimentos regenerativos.

Apesar desses fundamentos biológicos, o aumento do comprimento ou da espessura radicular após o tratamento não permite, isoladamente, afirmar que ocorreu regeneração completa do complexo dentinopulpar. Estudos destacam que os tecidos formados após os procedimentos regenerativos podem apresentar características diferentes da polpa e da dentina originais, tornando necessária uma interpretação cuidadosa dos resultados clínicos, radiográficos e histológicos (DIOGENES; RUPAREL, 2017; GALLER et al., 2022).

3.2 Protocolos de desinfecção e medicação intracanal

O controle da infecção constitui uma etapa fundamental nos procedimentos endodônticos regenerativos, especialmente porque a presença de microrganismos pode comprometer o ambiente necessário à sobrevivência e à atividade das células envolvidas no processo. Entretanto, a desinfecção deve ser realizada de maneira que também sejam preservadas condições favoráveis à resposta biológica (GALLER et al., 2015; GALLER et al., 2022).

Os protocolos descritos na literatura apresentam diferenças quanto às soluções irrigadoras, concentrações, medicações intracanais e número de sessões. Essas variações são relevantes porque determinados agentes, dependendo da concentração e das condições de utilização, podem apresentar efeitos desfavoráveis sobre células relacionadas ao processo regenerativo. Assim, o controle microbiano deve ser associado à preservação da viabilidade celular e dos componentes biológicos presentes no microambiente intracanal (CERQUEIRA-NETO et al., 2021; WEI et al., 2022; PEREIRA et al., 2024).

As medicações intracanais também apresentam papel importante nesse contexto. A escolha do medicamento deve considerar sua capacidade de contribuir para o controle da infecção e, simultaneamente, seus possíveis efeitos sobre as células-tronco e os tecidos envolvidos. Essa relação entre ação antimicrobiana e preservação biológica constitui um dos aspectos considerados na discussão sobre a padronização dos procedimentos regenerativos (GALLER et al., 2022; PEREIRA et al., 2024).

Portanto, a literatura indica que a desinfecção não deve ser analisada isoladamente, mas como parte de um protocolo integrado. As diferenças entre os protocolos podem contribuir para a variação dos resultados observados entre os estudos e dificultar comparações diretas quanto à eficácia dos procedimentos.

3.3 Desenvolvimento radicular e comparação com a apicificação

A apicificação constitui uma abordagem tradicional para o tratamento de dentes permanentes imaturos com necrose pulpar. Seu principal objetivo é favorecer a formação de uma barreira apical que permita o adequado selamento do canal radicular. Entretanto, essa técnica não tem como finalidade promover a continuidade da formação radicular, de modo que o desenvolvimento do comprimento e da espessura das paredes dentinárias permanece limitado ao estágio alcançado antes da interrupção da rizogênese (DIOGENES et al., 2016).

Os procedimentos endodônticos regenerativos, por outro lado, têm sido investigados devido à possibilidade de continuidade do desenvolvimento radicular. Estudos clínicos e radiográficos relatam alterações no comprimento radicular e no espessamento das paredes dentinárias em dentes submetidos a esses procedimentos (ONG et al., 2020; PEREIRA et al., 2021; CERQUEIRA-NETO et al., 2021; GAO et al., 2025).

Entretanto, os resultados não são uniformes entre os estudos. A magnitude das alterações radiculares pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento do dente, as condições clínicas, o protocolo de desinfecção, a estratégia de scaffold, o material utilizado para o selamento e o período de acompanhamento. Dessa maneira, o desenvolvimento radicular observado radiograficamente deve ser interpretado como um importante desfecho clínico, mas não como evidência isolada de regeneração do complexo dentinopulpar (ONG et al., 2020; GALLER et al., 2022).

Nesse sentido, a comparação entre apicificação e procedimentos regenerativos envolve diferentes objetivos terapêuticos. Enquanto a apicificação está direcionada principalmente à formação de uma barreira apical e ao controle da infecção, os procedimentos regenerativos buscam criar condições que possibilitem a continuidade do desenvolvimento radicular. A literatura, portanto, apresenta diferenças entre as abordagens quanto aos desfechos esperados, sem que os resultados radiográficos permitam determinar, isoladamente, a natureza dos tecidos formados.

3.4 Limitações e previsibilidade dos procedimentos regenerativos

Apesar dos resultados clínicos e radiográficos descritos na literatura, os procedimentos endodônticos regenerativos apresentam limitações relacionadas principalmente à variabilidade dos protocolos e dos resultados. Diferenças nas soluções irrigadoras, medicações intracanais, métodos de indução do sangramento, utilização de scaffolds, materiais de selamento e períodos

de acompanhamento dificultam a comparação entre os estudos (GALLER et al., 2022; WEI et al., 2022; MURRAY, 2023).

Outra limitação está relacionada à interpretação dos resultados radiográficos. O aumento do comprimento e da espessura das paredes radiculares pode indicar continuidade do desenvolvimento da raiz, mas não permite determinar, por si só, a composição e a organização histológica do tecido formado. Diogenes e Ruparel (2017) destacam que os tecidos observados após procedimentos regenerativos podem não reproduzir completamente as características do complexo dentinopulpar original.

Além disso, a diversidade de scaffolds investigados demonstra que diferentes estratégias vêm sendo estudadas. O coágulo sanguíneo permanece amplamente utilizado, enquanto concentrados plaquetários e outros biomateriais vêm sendo avaliados como alternativas. Contudo, a variedade dessas abordagens e dos resultados encontrados ainda dificulta a definição de um protocolo único aplicável às diferentes situações clínicas (RÍOS-OSORIO et al., 2023; ZHANG; SHENG, 2024).

Assim, a previsibilidade dos procedimentos regenerativos deve ser analisada considerando tanto os resultados clínicos e radiográficos quanto às limitações metodológicas e biológicas existentes. A literatura atual sustenta o potencial desses procedimentos para favorecer a continuidade do desenvolvimento radicular, mas também demonstra a necessidade de estudos com protocolos mais padronizados e períodos de acompanhamento mais longos para estabelecer com maior segurança a eficácia e a previsibilidade dos resultados.

3.5 Critérios de sucesso e acompanhamento clínico

O acompanhamento dos dentes submetidos aos procedimentos endodônticos regenerativos deve considerar parâmetros clínicos e radiográficos. Entre os aspectos avaliados estão a ausência de sinais e sintomas, a redução ou resolução de alterações periapicais e a continuidade do desenvolvimento radicular. Esses parâmetros permitem acompanhar a resposta ao tratamento e verificar a evolução do elemento dentário ao longo do tempo (AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS, 2021).

Além da resolução dos sinais clínicos e das alterações periapicais, os procedimentos regenerativos podem apresentar modificações radiográficas relacionadas ao desenvolvimento radicular, como aumento do comprimento e da espessura das paredes dentinárias. Entretanto, esses resultados podem variar entre os pacientes e entre os diferentes protocolos empregados, o que reforça a importância do acompanhamento longitudinal.

A avaliação da resposta aos testes de sensibilidade também deve ser interpretada com cautela. Uma resposta positiva pode indicar presença de atividade sensorial, mas não constitui, isoladamente, evidência de regeneração de uma polpa funcional. Da mesma forma, a ausência de resposta não deve ser analisada isoladamente quando os demais parâmetros clínicos e radiográficos apresentam evolução favorável.

Dessa forma, o acompanhamento clínico e radiográfico deve ser realizado por períodos adequados para permitir a observação da evolução do desenvolvimento radicular e da condição periapical. A utilização de períodos de acompanhamento mais longos é particularmente importante para avaliar a estabilidade dos resultados e possíveis alterações tardias.

3.6 Natureza do tecido neoformado: regeneração e reparo

A natureza do tecido formado no interior do canal radicular após os procedimentos endodônticos regenerativos constitui uma das principais questões discutidas na literatura. Do ponto de vista biológico, a regeneração do complexo dentinopulpar pressupõe a formação de tecidos organizados e funcionalmente semelhantes aos tecidos originais. Entretanto, os resultados clínicos e radiográficos não permitem determinar, isoladamente, se esse processo ocorreu.

Estudos histológicos demonstram que os tecidos identificados após procedimentos regenerativos podem apresentar características distintas das encontradas em uma polpa dentária normal. Entre os achados descritos estão tecidos semelhantes a cemento e osso, além de tecido conjuntivo, o que demonstra a possibilidade de ocorrência de processos de reparo associados ao desenvolvimento radicular (DIOGENES; RUPAREL, 2017).

Essa diferença entre o resultado clínico observado e a caracterização histológica do tecido formado constitui uma importante limitação na interpretação dos procedimentos regenerativos. O aumento da espessura das paredes radiculares e o fechamento apical representam desfechos clínicos relevantes, mas não permitem afirmar, isoladamente, que houve formação de um complexo dentinopulpar funcional.

Categoria Analítica	Referências	Principais Achados Reportados
Fundamentos biológicos	Galler et al. (2015, 2022); Diogenes e Ruparel (2017); Wei et al. (2022); Ríos-Osorio et al. (2023); Zhang e Sheng (2024).	A endodontia regenerativa baseia-se na tríade tecidual (células, scaffolds e fatores de crescimento). O coágulo sanguíneo é o scaffold amplamente utilizado, enquanto concentrados de fatores de crescimento e plaquetários representam alternativas investigadas. A liberação de fatores de crescimento contidos na dentina varia conforme a solução irrigadora utilizada.

Categoria Analítica	Referências	Principais Achados Reportados
Protocolos de desinfecção e medicação intracanal	Galler et al. (2015); Cerqueira-Neto et al. (2021); Galler et al. (2022); Wei et al. (2022); Pereira et al. (2024).	Os estudos demonstraram heterogeneidade nos protocolos quanto às soluções irrigadoras, concentrações, medicações intracanais e número de consultas. Essas variáveis podem influenciar o controle microbiano e a viabilidade das células-tronco da papila apical (SCAP), indicando a necessidade de equilibrar a desinfecção com a preservação das condições biológicas do canal.
Desenvolvimento radicular e apicificação	Lin et al. (2017); Kandemir Demirci et al. (2020); Ong et al. (2020); Cerqueira-Neto et al. (2021); Pereira et al. (2021); Gao et al. (2025).	Os estudos relataram resultados clínicos favoráveis tanto para a apicificação quanto para os procedimentos regenerativos. Entretanto, os procedimentos regenerativos foram associados à possibilidade de continuidade do desenvolvimento radicular, com alterações no comprimento e na espessura das paredes radiculares observadas por parâmetros radiográficos.
Limitações e previsibilidade	Diogenes e Ruparel (2017); Ong et al. (2020); Cerqueira-Neto et al. (2021); Pereira et al. (2021); Galler et al. (2022); Wei et al. (2022); Murray (2023); Gao et al. (2025)	As principais limitações incluem a falta de padronização nos protocolos clínicos, variação no tempo de proservação e a impossibilidade de determinar, exclusivamente por imagens radiográficas, a natureza histológica e a organização funcional do tecido neoformado.

Fonte: Elaborado com base em Galler et al. (2022), Diogenes e Ruparel (2017), Wei et al. (2022), Ríos-Osorio et al. (2023), Zhang e Sheng (2024), Cerqueira-Neto et al. (2021), Pereira et al. (2021, 2024), Silva et al. (2024), Lin et al. (2017), Kandemir Demirci et al. (2020), Ong et al. (2020), Gao et al. (2025) e Murray (2023).

4 DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão demonstraram que os procedimentos endodônticos regenerativos apresentam, entre seus principais aspectos, a associação entre o controle da infecção e a possibilidade de continuidade do desenvolvimento radicular em dentes permanentes imaturos com necrose pulpar. Essa abordagem está relacionada aos princípios da engenharia tecidual, envolvendo células, scaffolds e fatores de crescimento. Nesse contexto, Diogenes e Ruparel (2017) destacam a participação das células-tronco da papila apical, enquanto Galler et al. (2015) discutem a influência das soluções irrigadoras sobre a liberação de fatores de crescimento presentes na matriz dentinária. Galler et al. (2022), por sua vez, ressaltam a importância de considerar as condições biológicas envolvidas nos procedimentos regenerativos. A utilização do coágulo sanguíneo como scaffold e a investigação de concentrados plaquetários e outros biomateriais demonstram que diferentes estratégias vêm sendo estudadas para favorecer esse processo (RÍOS-OSORIO et al., 2023; ZHANG; SHENG, 2024).

Um dos principais pontos identificados foi a influência dos protocolos de desinfecção sobre os resultados dos procedimentos regenerativos. O controle da infecção é fundamental para o tratamento de dentes com necrose pulpar, porém as substâncias utilizadas durante a desinfecção também podem interferir nas condições biológicas necessárias ao tratamento. Galler et al. (2015) demonstraram que diferentes soluções irrigadoras podem influenciar a

liberação de fatores de crescimento presentes na dentina, enquanto Galler et al. (2022) ressaltam a necessidade de considerar as condições biológicas do microambiente intracanal durante a definição dos protocolos. Dessa forma, a literatura analisada indica que a desinfecção não deve ser avaliada apenas pela sua capacidade antimicrobiana, mas também em relação aos possíveis efeitos sobre as células envolvidas no processo regenerativo.

A medicação intracanal também representa uma variável importante. Os estudos analisados apresentaram diferenças quanto aos medicamentos empregados, às concentrações utilizadas e ao número de sessões, evidenciando a heterogeneidade entre os protocolos. Essa variação dificulta a comparação direta dos resultados e pode contribuir para as diferenças observadas entre os tratamentos. Nesse sentido, os achados de Cerqueira-Neto et al. (2021), Galler et al. (2022), Pereira et al. (2024) e Wei et al. (2022) reforçam a necessidade de considerar simultaneamente o controle microbiano e a preservação das condições celulares. Assim, a escolha do protocolo deve ser analisada como um dos fatores que podem interferir na previsibilidade dos procedimentos regenerativos.

Em relação ao desenvolvimento radicular, os resultados demonstraram que os procedimentos regenerativos podem estar associados a alterações no comprimento e na espessura das paredes radiculares. Esse aspecto diferencia sua proposta terapêutica da apicificação, cujo objetivo principal é estabelecer uma barreira apical que permita o selamento do canal. Os estudos avaliados nesta revisão relataram resultados favoráveis para ambas as abordagens no controle clínico e radiográfico, porém os procedimentos regenerativos apresentaram potencial para a continuidade do desenvolvimento radicular (LIN et al., 2017; KANDEMIR DEMIRCI et al., 2020; ONG et al., 2020; PEREIRA et al., 2021; CERQUEIRA-NETO et al., 2021; GAO et al., 2025).

Entretanto, esses resultados devem ser interpretados com cautela. O aumento do comprimento ou da espessura das paredes radiculares observado em exames radiográficos constitui um importante desfecho clínico, mas não permite, isoladamente, afirmar que houve regeneração de um complexo dentinopulpar funcional. Diogenes e Ruparel (2017) destacam que os tecidos formados após os procedimentos regenerativos podem não reproduzir completamente as características do complexo dentinopulpar original. Galler et al. (2022) também ressaltam as limitações dos métodos clínicos e radiográficos para determinar a natureza histológica do tecido formado. Portanto, o desenvolvimento radicular deve ser considerado um indicador da evolução estrutural do elemento dentário, mas não deve ser considerado, isoladamente, como evidência de regeneração pulpar verdadeira.

Outro aspecto importante refere-se à escolha dos scaffolds. O coágulo sanguíneo permanece como uma estratégia amplamente utilizada, enquanto PRP, PRF e outros biomateriais vêm sendo investigados como alternativas. Os resultados apresentados por Ríos-Osorio et al. (2023) e Zhang e Sheng (2024) indicam que diferentes estratégias podem produzir resultados clínicos e radiográficos favoráveis, mas a diversidade dos protocolos ainda não permite estabelecer uma única abordagem aplicável a todas as situações. Dessa forma, a escolha do scaffold deve ser compreendida dentro do conjunto de fatores clínicos e biológicos que influenciam o tratamento, e não como uma variável isolada.

A heterogeneidade observada entre os estudos constitui, portanto, uma das principais limitações para a interpretação dos resultados. Diferenças nos irrigantes, concentrações, medicações intracanais, métodos de indução do sangramento, utilização de scaffolds, materiais de selamento e períodos de acompanhamento dificultam a comparação direta entre as pesquisas. Além disso, a variação dos critérios utilizados para avaliar o desenvolvimento radicular e a resposta clínica pode contribuir para resultados diferentes entre os estudos. A literatura analisada, portanto, indica que a previsibilidade dos procedimentos regenerativos está relacionada não apenas às características clínicas e biológicas dos casos, mas também às diferenças metodológicas existentes entre os protocolos estudados.

Por fim, a natureza do tecido neoformado permanece como uma questão relevante para a interpretação dos resultados. Os achados discutidos na literatura indicam que alterações radiográficas compatíveis com desenvolvimento radicular não são suficientes para estabelecer a formação de uma polpa funcional. Diogenes e Ruparel (2017) destacam a possibilidade de formação de tecidos que não reproduzem integralmente o complexo dentinopulpar, reforçando a necessidade de diferenciar os conceitos de reparo e regeneração. Assim, embora os procedimentos regenerativos apresentem potencial para favorecer a continuidade do desenvolvimento radicular, ainda existem limitações para determinar a organização e a função dos tecidos formados exclusivamente por meio dos parâmetros clínicos e radiográficos.

Diante desses achados, a literatura analisada demonstra que os procedimentos endodônticos regenerativos podem favorecer a continuidade do desenvolvimento radicular em dentes permanentes imaturos com necrose pulpar. Entretanto, a variação dos resultados e a ausência de padronização dos protocolos limitam a previsibilidade da abordagem. Dessa forma, são necessários estudos clínicos com acompanhamento prolongado e métodos de avaliação mais consistentes, capazes de esclarecer a relação entre os resultados clínicos e radiográficos e a natureza dos tecidos formados.

5 CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa demonstrou que os procedimentos endodônticos regenerativos apresentam potencial para favorecer a continuidade do desenvolvimento radicular em dentes permanentes jovens com necrose pulpar. Os estudos analisados relataram alterações no comprimento e na espessura das paredes radiculares após o tratamento, aspectos que podem contribuir para o desenvolvimento estrutural desses elementos dentários.

Em comparação com a apicificação, os procedimentos regenerativos apresentam como diferencial a possibilidade de continuidade da rizogênese, enquanto a apicificação tem como principal finalidade a formação de uma barreira apical para possibilitar o selamento do canal. Entretanto, os resultados encontrados não foram uniformes, demonstrando que a resposta ao tratamento pode variar de acordo com as características clínicas dos casos e com os protocolos empregados.

A análise também evidenciou a importância dos protocolos de desinfecção, das medicações intracanais e das estratégias de scaffold para o desenvolvimento dos procedimentos regenerativos. A heterogeneidade desses protocolos constitui uma das principais limitações da literatura, dificultando a comparação dos resultados e a determinação de uma abordagem padronizada.

Além disso, o aumento do comprimento ou da espessura radicular observado radiograficamente não permite, isoladamente, confirmar a regeneração de um complexo dentinopulpar funcional. A natureza e a organização do tecido neoformado permanecem aspectos que necessitam de maior esclarecimento, reforçando a importância de diferenciar os resultados relacionados ao reparo daqueles associados à regeneração propriamente dita.

Dessa forma, conclui-se que os procedimentos endodônticos regenerativos apresentam potencial clínico para favorecer o desenvolvimento radicular em dentes permanentes imaturos com necrose pulpar, mas sua eficácia e previsibilidade ainda são influenciadas pela variabilidade dos protocolos e pelas limitações na caracterização dos tecidos formados. São necessários estudos clínicos de longo prazo, com protocolos mais padronizados e métodos de avaliação complementares, para ampliar a compreensão dos resultados e contribuir para o estabelecimento de condutas clínicas mais consistentes.

REFERÊNCIAS

ALGHAMDI, F. T.; ALQURASHI, E. E. Regenerative endodontic therapy in the management of immature necrotic permanent dentition: a systematic review. The Scientific World Journal, v. 2020, p. 1-9, 2020.

AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS. Regenerative endodontics: clinical resources. Chicago: American Association of Endodontists, 2021.

CERQUEIRA-NETO, A. C. C. L. et al. Clinical and radiographic outcomes of regenerative endodontic procedures in traumatized immature permanent teeth: interappointment dressing or single-visit? Journal of Endodontics, v. 47, n. 10, p. 1598-1608, 2021.

DIOGENES, A.; RUPAREL, N. B. Regenerative endodontic procedures: clinical outcomes. Dental Clinics of North America, v. 61, n. 1, p. 111-125, 2017.

GALLER, K. M. et al. Influence of root canal disinfectants on growth factor release from dentin. Journal of Endodontics, v. 41, n. 3, p. 363-368, 2015.

GALLER, K. M. et al. A critical analysis of clinical research methods to study regenerative endodontics. International Endodontic Journal, v. 55, supl. 2, p. 456-470, 2022.

GATHANI, K. M.; RAGHAVENDRA, S. S. Scaffolds in regenerative endodontics: a review. Dental Research Journal, v. 13, n. 5, p. 379-386, 2016.

GAO, H. et al. Clinical efficacy of regenerative endodontic treatment in immature permanent teeth with trauma or dens evaginatus: a retrospective cohort study. Clinical Oral Investigations, v. 29, n. 12, p. 606, 2025.

KANDEMIR DEMIRCI, G. et al. Treatment of immature teeth with nonvital pulps in adults: a prospective comparative clinical study comparing MTA with $Ca(OH)_2$. International Endodontic Journal, v. 53, n. 1, p. 5-18, 2020.

LIN, L. M. et al. Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis: a prospective randomized controlled study. Journal of Endodontics, v. 43, n. 11, p. 1821-1827, 2017.

LIN, L. M.; KAHLER, B. A review of regenerative endodontics: current protocols and future directions. Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry, v. 51, n. 3, supl. 1, p. S41-S51, 2017.

MURRAY, P. E. Review of guidance for the selection of regenerative endodontics, apexogenesis, apexification, pulpotomy, and other endodontic treatments for immature permanent teeth. International Endodontic Journal, v. 56, supl. 2, p. 188-199, 2023.

ONG, T. K. et al. Quantitative assessment of root development after regenerative endodontic therapy: a systematic review and meta-analysis. Journal of Endodontics, v. 46, n. 12, p. 1856-1866, 2020.

PEREIRA, A. C. et al. Outcomes of traumatised immature teeth treated with apexification or regenerative endodontic procedure: a retrospective study. Australian Endodontic Journal, v. 47, n. 2, p. 178-187, 2021.

PEREIRA, A. C. S. et al. Disinfection protocols in regenerative endodontics: balancing antimicrobial efficacy and cytotoxicity to stem cells of the apical papilla. Brazilian Oral Research, v. 38, p. 1-11, 2024.

RÍOS-OSORIO, N. et al. Comparative outcomes of platelet concentrates and blood clot scaffolds for regenerative endodontic procedures: a systematic review of randomized controlled clinical trials. Journal of Clinical and Experimental Dentistry, v. 15, n. 3, p. e239-e249, 2023.

ROSSI-FEDELE, G.; KAHLER, B.; VENKATESHBABU, N. Limited evidence suggests benefits of single visit revascularization endodontic procedures: a systematic review. Brazilian Dental Journal, v. 30, n. 6, p. 527-535, 2019.

WEI, X. et al. Expert consensus on regenerative endodontic procedures. International Journal of Oral Science, v. 14, n. 1, p. 55, 2022.

WIKSTRÖM, A. et al. What is the best long-term treatment modality for immature permanent teeth with pulp necrosis and apical periodontitis? European Archives of Paediatric Dentistry, v. 22, n. 3, p. 311-340, 2021.

ZHANG, Y.; SHENG, M. Clinical and radiographic evaluation of regenerative endodontic procedures (REPs) with or without concentrated growth factor (CGF) as scaffolds for non-vital immature mandibular premolars. The Journal of Clinical Pediatric Dentistry, v. 48, n. 4, p. 168-175, 2024.