



ABORDAGEM BIOMIMÉTICA EM RESTAURAÇÕES DIRETAS COM RESINA COMPOSTA

Autor(res)

Iris Durães Costa Amaral Machado
Sofia Araújo Montoya Flores
Dandara Florentino Santos
Jessiane Dos Santos Reis
Cláudio Júnior Oliveira Dias
Beatriz Chalegre

Categoria do Trabalho

Trabalho Acadêmico

Instituição

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIRUY WYDEN

Introdução

A odontologia restauradora contemporânea tem passado por uma significativa transição conceitual, migrando de abordagens predominantemente mecânicas e invasivas para estratégias baseadas em princípios biológicos, funcionais e minimamente invasivos. Tradicionalmente, a reabilitação de dentes com extensa perda de estrutura coronária fundamentava-se na utilização de retentores intrarradiculares e preparos cavitários amplos, visando retenção macroestrutural. Apesar de sua eficácia inicial, tais condutas estão associadas a falhas irreversíveis, como fraturas radiculares verticais, frequentemente relacionadas à remoção excessiva de tecido dental remanescente e à concentração de tensões em regiões críticas da raiz (ANDRADE, 2023; CUNHA JR. et al., 2022).

Nesse contexto, a odontologia biomimética emerge como uma filosofia restauradora contemporânea, fundamentada na reprodução controlada das propriedades físicas, químicas e biomecânicas dos tecidos dentais naturais, especialmente esmalte e dentina. Baseada nos estudos de Magne e Alleman, essa abordagem propõe que a restauração não deve ser compreendida como um elemento isolado, mas como parte integrante de um sistema biomecânico complexo, no qual a distribuição das cargas mastigatórias ocorre de forma fisiológica e equilibrada (FERREIRA, 2022; SINGER et al., 2023). Dessa forma, o objetivo terapêutico transcende a simples restituição estética, passando a incluir a recuperação da integridade estrutural e da resiliência funcional do elemento dental (BARROS et al., 2024).

Um dos principais desafios das restaurações diretas com resina composta está relacionado ao controle do estresse de contração de polimerização. Durante a conversão monomérica, ocorre redução volumétrica do material restaurador, gerando tensões internas que podem exceder a resistência de união à dentina — substrato caracterizado por maior teor orgânico e presença de umidade. Esse fenômeno favorece a formação de descontinuidades na interface adesiva, resultando em microinfiltração, sensibilidade pós-operatória e maior suscetibilidade à falha restauradora precoce (ALVES et al., 2025; CANGUSSU MENDES et al., 2025; JARDIM, 2023).



Além disso, a incompatibilidade entre o módulo de elasticidade dos materiais restauradores e o dos tecidos dentais pode comprometer o desempenho biomecânico do conjunto dente-restauração. A ausência de mimetização da junção amelodentinária (JAD), estrutura responsável pela dissipação de tensões no dente hígido, contribui para a concentração de esforços em áreas específicas, favorecendo a propagação de trincas e a degradação progressiva da interface adesiva sob cargas cíclicas (FERREIRA, 2022; SINGER et al., 2023).

A preservação da vitalidade pulpar constitui um dos pilares da abordagem biomimética, sendo diretamente dependente da obtenção de um selamento dentinário eficaz. Evidências indicam que o uso de bases bioativas associado a sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos pode reduzir a permeabilidade dentinária e limitar a difusão de monômeros citotóxicos através dos túbulos dentinários, contribuindo para a modulação da resposta inflamatória pulpar e para a formação de dentina terciária (BARROS et al., 2024; SINGER et al., 2023). Dessa forma, a proteção do complexo dentino-pulpar ultrapassa o conceito de barreira física, configurando-se como uma estratégia biologicamente orientada de manutenção da homeostase tecidual (FERREIRA, 2022).

Outro aspecto relevante refere-se à estabilidade da camada híbrida ao longo do tempo, a qual pode ser comprometida por processos de degradação hidrolítica e enzimática. A ativação de metaloproteinasas da matriz (MMPs) durante os procedimentos adesivos contribui para a degradação das fibras colágenas expostas, especialmente na presença de infiltração monomérica inadequada. Nesse cenário, a utilização de inibidores enzimáticos, como a clorexidina a 2%, associada a adesivos contendo monômeros funcionais como o MDP, tem sido proposta como estratégia eficaz para aumentar a longevidade da interface adesiva (ALVES et al., 2025; CANGUSSU MENDES et al., 2025).

Paralelamente, estratégias avançadas de engenharia adesiva, como o Selamento Dentinário Imediato (IDS) e o revestimento resinoso, têm demonstrado impacto significativo na qualidade da interface adesiva. O IDS permite a polimerização do sistema adesivo previamente à inserção da resina composta, favorecendo a maturação da camada híbrida em condições livres de estresse, o que pode resultar em aumento expressivo da resistência de união e redução da infiltração marginal (CANGUSSU MENDES et al., 2025; FERREIRA, 2022).

Adicionalmente, o uso de reforços estruturais, como fibras de polietileno e compósitos reforçados por fibras curtas de vidro, tem sido amplamente investigado como estratégia para otimização do comportamento biomecânico das restaurações. Esses materiais atuam na dissipação de tensões e na interrupção da propagação de trincas, aproximando o desempenho mecânico da restauração ao do dente natural e reduzindo a incidência de falhas catastróficas (SOARES et al., 2023; OLIVEIRA et al., 2025).

Diante desse contexto, a abordagem biomimética consolida-se como uma alternativa restauradora baseada em evidências, com potencial para promover maior longevidade clínica, preservação tecidual e previsibilidade funcional. A compreensão aprofundada de seus princípios e de sua aplicabilidade clínica torna-se, portanto, essencial para a tomada de decisão terapêutica contemporânea.

Objetivo

Apresentar e discutir, por meio de revisão integrativa da literatura, a eficácia da abordagem biomimética em restaurações diretas com resina composta, com ênfase nos protocolos de controle do estresse de polimerização, nas estratégias adesivas avançadas — especialmente o Selamento Dentinário Imediato (IDS) — e na aplicabilidade de reforços estruturais, visando à otimização da resistência à fratura e da longevidade clínica em dentes posteriores com extensa perda coronária.

Material e Métodos

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de natureza qualitativa e descritiva,



conduzida com o objetivo de sintetizar criticamente as evidências científicas contemporâneas acerca da abordagem biomimética em restaurações diretas com resina composta. A escolha desse delineamento metodológico deve-se à sua capacidade de integrar diferentes tipos de estudos, incluindo investigações laboratoriais, clínicas e revisões sistemáticas, permitindo uma análise abrangente e aprofundada do tema.

A busca bibliográfica foi realizada de forma sistematizada nas principais bases de dados científicas da área da saúde, incluindo PubMed/MEDLINE, SciELO, Google Acadêmico e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS/BIREME), de modo a garantir ampla cobertura da literatura nacional e internacional. A estratégia de busca foi estruturada a partir da combinação de descritores controlados indexados nos vocabulários DeCS (Descritores em Ciências da Saúde). Foram utilizados os seguintes termos: “Biomimética”, “Resinas Compostas”, “Adesivos Dentários”. Adicionalmente, foram empregados termos livres correlatos, com o objetivo de ampliar a sensibilidade da busca e minimizar a exclusão de estudos potencialmente relevantes.

Foram definidos como critérios de inclusão artigos publicados entre os anos de 2020 e 2026, disponíveis na íntegra, redigidos nos idiomas português ou inglês, que abordassem a aplicação de protocolos biomiméticos em restaurações diretas, com desfechos relacionados à resistência à fratura, comportamento biomecânico, vedamento marginal ou longevidade clínica. Foram excluídos estudos duplicados, relatos de caso isolados, trabalhos sem descrição metodológica adequada e aqueles que não apresentavam relação direta com a temática proposta.

O processo de seleção dos estudos ocorreu em duas etapas. Inicialmente, foi realizada a triagem por meio da leitura dos títulos e resumos, com exclusão dos estudos que não atendiam aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Na segunda etapa, os artigos selecionados foram avaliados na íntegra, considerando-se a qualidade metodológica, a clareza na descrição dos protocolos experimentais e a relevância dos resultados apresentados.

Com o objetivo de garantir maior rigor científico, procedeu-se à análise crítica das variáveis laboratoriais descritas nos estudos incluídos, tais como métodos de envelhecimento artificial, incluindo termociclagem, condições de armazenamento das amostras, tipo de substrato dentinário utilizado e padronização das cavidades. Foi dada preferência a estudos que utilizaram dentes humanos hígidos, por apresentarem maior representatividade clínica em relação às características estruturais da dentina.

Adicionalmente, foram analisados os protocolos de fotoativação descritos nos estudos, considerando parâmetros como irradiância, comprimento de onda e tempo de exposição. Também foi verificado o uso de dispositivos calibrados para fotopolimerização, uma vez que a adequada conversão polimérica está diretamente relacionada ao desempenho mecânico das restaurações e ao controle do estresse de contração.

No que se refere à avaliação mecânica, foram considerados estudos que utilizaram testes de resistência adesiva, como ensaios de microtração, bem como testes de resistência à fratura sob diferentes condições de carregamento, incluindo forças axiais e oblíquas, com o intuito de simular as condições mastigatórias clínicas. Também foram incluídos estudos que avaliaram fadiga cíclica, devido à sua relevância na previsão do comportamento clínico a longo prazo.

A análise metodológica contemplou, ainda, a investigação de protocolos biomiméticos específicos, incluindo o selamento dentinário imediato, técnicas de estratificação incremental e o uso de reforços estruturais com fibras de polietileno e compósitos reforçados por fibras curtas. Foram avaliados aspectos relacionados ao posicionamento das fibras, técnicas de inserção e tratamentos de superfície, com o objetivo de compreender sua influência na adesão e na dissipação de tensões no complexo dente-restauração.

Também foram considerados estudos que investigaram a estabilidade da interface adesiva ao longo do tempo, incluindo fatores relacionados à degradação hidrolítica e enzimática da camada híbrida, bem como estratégias para sua preservação, como o uso de agentes inibidores enzimáticos e monômeros funcionais.



Dessa forma, o rigor metodológico adotado permitiu a construção de uma análise crítica consistente, alinhada às evidências científicas mais atuais, contribuindo para a fundamentação das recomendações clínicas discutidas neste estudo.

Resultados e Discussão

Os achados desta revisão demonstram, de forma consistente, que a longevidade clínica das restaurações diretas está diretamente relacionada à capacidade de controle das tensões geradas durante a contração de polimerização e à adequada dissipação de energia na interface adesiva (ALVES et al., 2025; JARDIM, 2023). Nesse contexto, evidencia-se que técnicas restauradoras convencionais, especialmente aquelas baseadas em inserção monobloco de resina composta, configuram importante fator de risco para falhas estruturais precoces em cavidades extensas, particularmente em molares com comprometimento significativo das paredes cavitárias.

A contração volumétrica do material restaurador promove forças de tração simultâneas nas paredes cavitárias, resultando em deflexão cuspeada e formação de microfendas interfaciais, fenômenos diretamente associados à microinfiltração e à degradação precoce da restauração (ALVES et al., 2025; CANGUSSU MENDES et al., 2025). Em contraposição, protocolos biomiméticos fundamentados no conceito de “de-coupling with time” demonstram desempenho biomecânico superior, uma vez que permitem a maturação prévia da camada híbrida por meio do Selamento Dentinário Imediato (IDS), reduzindo o impacto do estresse gerado durante a inserção da resina composta (CANGUSSU MENDES et al., 2025).

No que se refere ao reforço estrutural, a literatura aponta que a incorporação de fibras de polietileno e compósitos reforçados por fibras curtas representa uma estratégia altamente eficaz na modulação do comportamento mecânico das restaurações. A utilização de fibras de polietileno, como na técnica de wallpapering, promove a criação de uma zona de dissipação de tensões na base da cavidade, atuando como barreira à propagação de trincas e reduzindo a concentração de esforços em regiões críticas (SOARES et al., 2023). Esse comportamento está diretamente relacionado ao módulo de elasticidade das fibras, que permite uma deformação controlada sob carga, aproximando-se do comportamento fisiológico da dentina (CUNHA JR. et al., 2022).

De forma complementar, compósitos reforçados por fibras curtas de vidro, como o sistema everX, apresentam elevada tenacidade à fratura, funcionando como substitutos dentinários eficazes. Esses materiais demonstram capacidade superior de interromper a propagação de trincas, contribuindo significativamente para o aumento da resistência à fratura do conjunto dente-restauração (OLIVEIRA et al., 2025; FERREIRA, 2022).

A análise comparativa entre abordagens convencionais e biomiméticas evidencia diferenças substanciais no padrão de falha. Enquanto restaurações associadas ao uso de pinos intrarradiculares rígidos tendem a apresentar fraturas catastróficas, frequentemente irreparáveis e envolvendo o terço médio radicular, as restaurações biomiméticas reforçadas por fibras apresentam predominantemente falhas favoráveis, passíveis de reparo, preservando a estrutura radicular (CUNHA JR. et al., 2022; SOARES et al., 2023). Tal achado reforça que a dissipação adequada de tensões, e não apenas a resistência absoluta do material, constitui o principal determinante da sobrevivência clínica do dente restaurado.

No âmbito da integridade marginal, evidências indicam que o Selamento Dentinário Imediato (IDS) pode promover redução significativa da infiltração marginal, alcançando valores expressivamente inferiores quando comparado ao selamento tardio convencional. Esse resultado é atribuído à maturação da camada híbrida em ambiente livre de cargas imediatas, favorecendo a formação de uma interface adesiva mais homogênea, estável e menos suscetível à degradação hidrolítica e enzimática (CANGUSSU MENDES et al., 2025; SINGER et al., 2023).

Adicionalmente, a preservação do anel periférico de esmalte, descrito como “bio-rim”, associada ao uso de



materiais com menor módulo de elasticidade como camada intermediária, permite que a restauração acompanhe a deformação elástica fisiológica do dente sob carga mastigatória. Esse comportamento reduz a concentração de tensões cervicais e contribui para a manutenção da integridade marginal ao longo do tempo (ANDRADE, 2023; JARDIM, 2023).

Do ponto de vista biomecânico, estudos baseados em análise por elementos finitos demonstram que a ausência de pinos intrarradiculares rígidos reduz significativamente o efeito de alavanca na região cervical da raiz. A reconstrução por meio de núcleos biomiméticos reforçados por fibras favorece uma distribuição mais homogênea das tensões ao longo do ligamento periodontal, reproduzindo com maior fidelidade o comportamento de um dente hígido (SOARES et al., 2023; CUNHA JR. et al., 2022). Essa redistribuição de cargas é determinante na prevenção de trincas longitudinais, frequentemente associadas à perda irreversível do elemento dental.

Os dados analisados também demonstram que a incorporação de fibras curtas pode aumentar significativamente a resistência à fratura, com incrementos que podem atingir até 50% em comparação às resinas compostas convencionais. Esse ganho mecânico está relacionado à capacidade das fibras de interromper a progressão da frente de trinca, impedindo a propagação de fissuras através da massa restauradora (JARDIM, 2023; ALVES et al., 2025).

Entretanto, apesar dos benefícios biomecânicos evidenciados, a literatura destaca limitações importantes para a aplicação clínica da abordagem biomimética. Entre elas, destacam-se o maior tempo operatório, a elevada dependência da habilidade do operador e a necessidade de domínio técnico avançado para a correta execução dos protocolos adesivos e manipulação de materiais. Além disso, o custo elevado de materiais como fibras de polietileno pode representar um fator limitante para sua ampla utilização (BARROS et al., 2024; SINGER et al., 2023).

Dessa forma, embora a abordagem biomimética apresente vantagens significativas em termos de desempenho mecânico, preservação estrutural e previsibilidade clínica, sua implementação requer adequada capacitação profissional e criteriosa indicação clínica, a fim de maximizar seus benefícios e garantir resultados clínicos duradouros.

Conclusão

A análise das evidências demonstra que a abordagem biomimética representa um avanço significativo na odontologia restauradora contemporânea, ao promover a reabilitação de dentes com extensa perda estrutural por meio de princípios que priorizam a preservação tecidual e a reprodução do comportamento biomecânico natural do elemento dental. A integração de estratégias como o controle do estresse de polimerização, o Selamento Dentinário Imediato e o uso de materiais reforçados por fibras possibilita uma distribuição mais homogênea das tensões, reduzindo a incidência de falhas estruturais e favorecendo padrões de fratura mais favoráveis e passíveis de reparo.

Além disso, a otimização da interface adesiva e a preservação da vitalidade pulpar contribuem para o aumento da longevidade clínica das restaurações, consolidando essa abordagem como uma alternativa previsível e biologicamente segura. Entretanto, sua aplicação clínica exige elevado domínio técnico e criteriosa indicação, ressaltando a importância da capacitação profissional. Dessa forma, a odontologia biomimética configura-se como uma estratégia promissora, alinhada às diretrizes contemporâneas de mínima intervenção e baseada em evidências científicas.

Referências

ALVES, R. T. et al. Gestão do estresse de contração e protocolos de polimerização em resinas compostas: uma



revisão integrativa (2020-2025). Journal of Clinical Dentistry and Research, v. 22, n. 1, p. 45-58, 2025.

ANDRADE, M. S. Odontologia Biomimética: A ciência da preservação e a engenharia de tecidos dentais. 2. ed. São Paulo: Editora Acadêmica de Odontologia, 2023.

BARROS, L. C. et al. Protocolos de Selamento Dentinário Imediato (IDS): Impacto na longevidade da camada híbrida e sensibilidade pós-operatória. Revista Brasileira de Dentística Restauradora, v. 18, n. 2, p. 112-125, 2024.

CANGUSSU MENDES, F. et al. Degradação proteolítica da interface adesiva: O papel das metaloproteinases e o uso de inibidores enzimáticos. International Journal of Adhesive Dentistry, v. 30, n. 4, p. 201-215, 2025.

CUNHA JR., T. et al. Reabilitação de dentes tratados endodonticamente: Pinos de fibra de vidro vs. Núcleos Biomiméticos reforçados por fibras. Journal of Prosthetic Biomechanics, v. 15, n. 3, p. 89-102, 2022.

FERREIRA, A. B. Bio-emulação e a Junção Amelodentinária: Recuperando a resiliência estrutural do dente hígido. Monografia (Especialização em Dentística) – Faculdade de Odontologia, 2022.

JARDIM, P. H. Análise de elementos finitos sobre a deflexão de cúspides em restaurações de grandes cavidades posteriores. Dental Materials Science, v. 12, n. 1, p. 33-47, 2023.

OLIVEIRA, D. R. et al. Resistência à fratura de molares restaurados com compósitos reforçados por fibras curtas de vidro (everX). Brazilian Oral Research, v. 39, n. 2, p. 154-168, 2025.

SINGER, J. M. et al. Cinética de polimerização e técnicas de redução de tensão em odontologia adesiva contemporânea. Journal of Biomaterials and Restorative Dentistry, v. 27, n. 3, p. 77-91, 2023.

SOARES, P. V. et al. Efeito do reforço com fibras de polietileno de ultra-alto peso molecular (Ribbond) na distribuição de tensões perirradiculares. Clinical Oral Investigations (Edição Brasileira), v. 21, n. 5, p. 1045-1059, 2023.