



UNIVERSIDADE  
FERNANDO  
PESSOA

# EFICÁCIA DA MATRIZ DE DENTE AUTOLOGO DESMINERALIZADO NA PRESERVAÇÃO ALVEOLAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

[Efficacy of demineralized autologous tooth matrix in alveolar preservation: a systematic review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Filippo Vernaglione

Orientador:

Mestre Filipe Castro

Junho 2025







**EFICÁCIA DA MATRIZ DE DENTE AUTOLOGO  
DESMINERALIZADO NA PRESERVAÇÃO ALVEOLAR: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA**

[Efficacy of demineralized autologous tooth matrix in alveolar preservation: a systematic review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Filippo Vernaglione

Orientador:

Mestre Filipe Castro

Junho 2025



## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação representa o culminar de uma etapa significativa da minha formação académica e pessoal. Agradeço, em primeiro lugar, ao meu orientador, Mestre Filipe Castro, pela orientação rigorosa, pela disponibilidade constante e pelas valiosas contribuições científicas que enriqueceram este trabalho em todas as suas fases.

Agradeço à minha mãe pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por nunca deixar de acreditar em mim e no meu caminho.

Agradeço ao meu pai por ter sido uma inspiração e por me despertar esta paixão. Ainda há um grande caminho a percorrer e tu serás o meu guia.

E claro, um obrigado especial à minha família, pelo carinho, pelos ensinamentos e por estarem sempre por perto.

À minha namorada, obrigado por todo o apoio, paciência e incentivo enquanto eu escrevia esta tese. Ter você por perto foi uma força tranquila e constante num momento que significou tanto pra mim.

Aos colegas e amigos que fizeram parte desta jornada, deixo o meu obrigado pelas partilhas, pela amizade.

Um agradecimento especial aos “meninos do 13”, que foram muito mais do que colegas. Obrigado por cada momento, cada apoio e cada memória que levarei comigo para sempre.

Um agradecimento especial à minha melhor amiga Victoria, que sempre esteve comigo, nos bons e maus momentos, me ajudando em tudo e me dando força quando mais precisei.

Aproveito ainda para agradecer ao Dr. Minetti, cuja dedicação e produção científica no campo da regeneração óssea com dentina autóloga serviram de inspiração para este trabalho. O seu contributo foi determinante para a escolha do tema e para a construção da base teórica desta investigação.

Por fim, deixo um agradecimento àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o amadurecimento das ideias aqui desenvolvidas, seja através de conversas, leituras ou pequenos gestos de incentivo ao longo do processo.

Dedico este trabalho a todos os profissionais e investigadores que, com dedicação e rigor, contribuem diariamente para o avanço da medicina dentária regenerativa.





## RESUMO

**Objetivo:** O objetivo desta revisão sistemática foi avaliar a eficácia regenerativa da matriz de dentina autóloga desmineralizada (DDM) na preservação alveolar, com base em alterações de altura e largura da crista óssea, mensuradas por tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT). **Materiais e Métodos:** A pesquisa foi conduzida segundo as diretrizes PRISMA e abrangeu as bases de dados *PubMed*, *ScienceDirect*, *Cochrane Library* e B-ON. Foram incluídos ensaios clínicos randomizados (RCT), estudos comparativos, séries de casos e estudos retrospectivos publicados nos últimos 20 anos, redigidos em inglês, que utilizaram DDM em humanos, com seguimento mínimo de 3 meses e avaliação morfométrica por CBCT. Foram excluídos estudos secundários, estudos *in vitro*, em modelos animais, estudos com pacientes fumadores, oncológicos ou com periodontite não controlada e aqueles sem uso de CBCT. **Resultados:** A pesquisa inicial identificou 137 estudos. Após a remoção de duplicados e triagem com base nos critérios de elegibilidade, apenas cinco estudos foram incluídos na revisão final. Para a avaliação do risco de viés, utilizou-se a *JBIC Critical Appraisal Checklist for Randomized Controlled Trials*. Os estudos selecionados demonstraram, de forma consistente, que a DDM apresenta superioridade em relação à cicatrização espontânea, tanto na manutenção da altura quanto da largura do rebordo alveolar. Os resultados revelaram redução significativamente menor de volume ósseo nos grupos tratados com DDM, com evidências de melhor preenchimento alveolar, estabilidade tridimensional e menor reabsorção óssea, mesmo em defeitos severos. **Conclusão:** A matriz de dentina autóloga desmineralizada é uma alternativa eficaz, biocompatível e economicamente viável para a preservação alveolar. Apesar da heterogeneidade metodológica entre os estudos incluídos, os dados sugerem que a DDM pode oferecer resultados clínicos comparáveis ou superiores aos biomateriais convencionais. São recomendados ensaios clínicos randomizados, multicêntricos e com maior dimensão amostral para consolidar a evidência atual e promover a padronização dos protocolos clínicos.

**Palavras-chave:** Dentina, Dentina autógena, Enxertos de dentina, Dentina autóloga, Dentina desmineralizada, Regeneração óssea, Aumento alveolar, Preservação alveolar, Aumento da crista, Enxerto ósseo, Substituto ósseo.



## ABSTRACT

**Objective:** This systematic review aimed to evaluate the regenerative efficacy of demineralized autologous dentin matrix (DDM) in alveolar ridge preservation, based on changes in ridge height and width measured by cone beam computed tomography (CBCT). **Materials and Methods:** The search was conducted according to PRISMA guidelines using the PubMed, ScienceDirect, Cochrane Library, and B-ON databases. Inclusion criteria encompassed randomized controlled trials (RCTs), comparative studies, case series, and retrospective studies published in the last 20 years, written in English, involving human participants, with a minimum follow-up of 3 months, and morphometric evaluation by CBCT. Exclusion criteria included secondary studies, in vitro or animal model studies, studies involving smokers, oncology patients, or those with untreated periodontitis, and studies not using CBCT. **Results:** The initial search yielded 137 articles. After removing duplicates and screening based on the inclusion and exclusion criteria, only five studies were included in the final analysis. The JBI Critical Appraisal Checklist for Randomized Controlled Trials was used to assess the risk of bias. The selected studies consistently demonstrated that DDM was superior to spontaneous healing in preserving both vertical and horizontal dimensions of the alveolar ridge. Results showed significantly less bone volume loss in DDM-treated groups, with improved socket filling, three-dimensional stability, and reduced resorption, even in severe defect cases. **Conclusion:** Demineralized autologous dentin matrix is an effective, biocompatible, and cost-efficient alternative for alveolar ridge preservation. Despite methodological heterogeneity among the included studies, the findings suggest that DDM may yield clinical outcomes comparable to or better than conventional biomaterials. Further randomized, multicenter clinical trials with larger sample sizes are recommended to strengthen the existing evidence and support the standardization of clinical protocols.

**Keywords:** Dentin, Autogenous dentin, Dentin grafts, Autologous dentin, Demineralized dentin, Bone regeneration, Alveolar augmentation, Alveolar preservation, Ridge augmentation, Bone graft, Bone substitute.



# ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAS E METODOS .....	5
2.1. Desenvolvimento do Protocolo .....	5
2.2 Formulação da Pergunta .....	6
2.3 Estratégia de Pesquisa .....	6
2.4 Critérios de Inclusão e Exclusão .....	6
2.4.1. Critérios de Inclusão .....	6
2.4.2. Critérios de Exclusão.....	7
2.5 Critérios Avaliados .....	7
2.6 Avaliação do Risco de Viés dos Estudos Individuais.....	7
3. RESULTADOS .....	11
3.1. Resultados da Pesquisa.....	11
3.2. Estudos Clínicos e Desfechos.....	12
3.2.1. Dubey et al. (2024).....	12
3.2.2. Yang et al. (2023).....	14
3.2.3. Hussain et al. (2023).....	16
3.2.4. Beldhi et al. (2024).....	17
3.2.5. Elfana et al. (2021) .....	18
4. DISCUSSÃO .....	23
5. CONCLUSÃO.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma PRISMA.....	5
---------------------------------	---



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Checklist JBI.....	9
Tabela 2 Resultados dos Cinco Estudos Clínicos Analisados.....	21



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>®</b>	Marca Registrada
<b>µm</b>	Micrómetro
<b>ADB</b>	Biomaterial de Dentina Autógeno (do inglês <i>Autogenous Dentin Biomaterial</i> )
<b>ADDG</b>	Enxerto de Dentina Desmineralizada Autógeno (do inglês <i>Autogenous Demineralized Dentin Graft</i> )
<b>ADG</b>	Enxerto de Dentina Dentária Autógeno (do inglês <i>Autogenous Tooth Dentin Graft</i> )
<b>APD</b>	Dentina Particulada Autóloga (do inglês <i>Autologous Particulate Dentin</i> )
<b>APDDM</b>	Matriz de Dentina Autógena Parcialmente Desmineralizada (do inglês <i>Autogenous Partially Demineralized Dentin Matrix</i> )
<b>A-PRF</b>	Fibrina Rica em Plaquetas Avançada (do inglês <i>Advanced Platelet-Rich Fibrin</i> )
<b>ARP</b>	Preservação da Crista Alveolar (do inglês <i>Alveolar Ridge Preservation</i> )
<b>AWTG</b>	Enxerto Dentário Total Autógeno (do inglês <i>Autogenous Whole Tooth Graft</i> )
<b>BMP-2</b>	Proteína Morfogenética Óssea 2
<b>CBCT</b>	Tomografia Computorizada de Feixe Cônico (do inglês <i>Cone Beam Computed Tomography</i> )
<b>Co.</b>	Companhia (do inglês <i>Company</i> )
<b>DAP</b>	Dentina Autóloga Particulada
<b>DDM</b>	Matriz de Dentina Desmineralizada (do inglês <i>Demineralized Dentin Matrix</i> )
<b>DFDBA</b>	Material Enxertado de Origem Alogénica
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>GC</b>	Grupo Controlo

<b>GT</b>	Grupo Teste
<b>HRW</b>	Largura da Crista Horizontal (do inglês <i>Horizontal Ridge Width</i> )
<b>IGF-II</b>	Fator de Crescimento Semelhante à Insulina Tipo 2
<b>i-PRF</b>	Fibrina Rica em Plaquetas Injetável (do inglês <i>Injectable Platelet-Rich Fibrin</i> )
<b>JBI</b>	Instituto <i>Joanna Briggs</i> (do inglês <i>Joanna Briggs Institute</i> )
<b>Ltd</b>	Limitada
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mm<sup>2</sup></b>	Milímetro ao Quadrado
<b>N</b>	Newton
<b>PBS</b>	Solução Tampão de Fosfato
<b>PCC</b>	População, Conceito, Contexto
<b>pH</b>	Potencial de Hidrogénio
<b>PRF</b>	Fibrina Rica em Plaquetas
<b>PRISMA</b>	Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises (do inglês <i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i> )
<b>RCT</b>	Estudos Clínicos Randomizados
<b>Rpm</b>	Rotações por Minuto
<b>SH</b>	Cicatrização Espontânea
<b>TGF-β</b>	Fator de Transformação do Crescimento Beta
<b>VRH</b>	Altura Vertical da Crista (do inglês <i>Vertical Ridge Height</i> )

## 1. INTRODUÇÃO

A extração dentária desencadeia uma cascata de eventos biológicos que culminam numa remodelação progressiva do osso alveolar. Evidência proveniente de estudos clínicos e pré-clínicos indica que, nos primeiros seis meses após a extração, pode verificar-se uma diminuição média entre 29% a 63% na largura e entre 11% a 22% na altura da crista alveolar (Van der Weijden et al., 2009; Tan et al., 2012; Yang et al., 2023). Esta reabsorção é particularmente marcada na tábua óssea vestibular, dada a sua espessura reduzida e a predominância de osso fasciculado, o que pode comprometer significativamente a reabilitação protética e dificultar o posicionamento tridimensional ideal do implante (Araújo & Lindhe, 2005; Pagni et al., 2012).

Com o intuito de atenuar as alterações anatómicas que ocorrem após a extração dentária a prática da preservação alveolar (*Alveolar Ridge Preservation, ARP*) tem vindo a ganhar relevância nas últimas décadas. Esta abordagem terapêutica baseia-se na colocação de um material de enxerto no alvéolo imediatamente após a exodontia, com o objectivo de limitar a perda volumétrica e preservar a arquitectura óssea necessária para uma futura reabilitação com implantes (Horváth et al., 2013; Avila-Ortiz et al., 2014).

O osso autógeno tem sido tradicionalmente considerado o padrão-ouro entre os materiais de enxerto, devido às suas propriedades osteogénicas, osteoindutivas e osteocondutivas (Albrektsson & Johansson, 2001). Contudo, a sua disponibilidade limitada, a exigência de um segundo sítio cirúrgico para colheita e a morbilidade associada a esse procedimento constituem factores que restringem a sua aplicação clínica generalizada (Schmitt et al., 2015).

Estudos recentes reforçam essa tendência. Castro et al. (2023), numa revisão sistemática sobre peri-implantite, demonstraram que enxertos ósseos — sobretudo os de origem xenógena e aloplástica — associados a membranas de colagénio, resultaram em melhorias clínicas relevantes, o que sustenta a aplicação destes princípios regenerativos em outras indicações, como a preservação alveolar.

Ainda no campo da regeneração tecidual, Pasqualini et al. (2024), numa revisão sistemática com meta-análise, demonstraram que técnicas cirúrgicas minimamente invasivas, como MIST, M-MIST e abordagens de preservação papilar, são eficazes no tratamento de defeitos intraósseos periodontais, promovendo ganhos significativos de

inserção clínica com baixa morbidade. Estes achados reforçam a aplicabilidade transversal das estratégias regenerativas em diferentes contextos clínicos, incluindo a preservação alveolar.

Como alternativas ao enxerto autógeno, têm sido amplamente utilizados enxertos alogénicos, xenógenos (como o osso bovino desproteínizado) e materiais sintéticos, tais como fosfatos de cálcio e biocerâmicos. Estes biomateriais oferecem uma boa osteocondução; no entanto, apresentam também limitações, como um tempo de integração mais prolongado, risco imunológico potencial e reduzida capacidade osteoindutiva (Sheikh et al., 2015; Minetti et al., 2022).

Neste contexto, Fernandes et al. (2023), num estudo pré-clínico com defeitos ósseos críticos em modelo animal, compararam a eficácia de quatro tipos de enxertos distintos. Os resultados confirmaram a superioridade do osso autógeno em termos de neoformação óssea, enquanto biomateriais sintéticos, como hidroxiapatite e biovidro, apresentaram menor desempenho. Já o enxerto bovino teve comportamento intermédio. Estes achados reforçam a importância de desenvolver biomateriais alternativos que conciliem biocompatibilidade, integração tecidual e reabsorção controlada — como é o caso da dentina autóloga desmineralizada.

Nos últimos anos, tem-se verificado um interesse crescente na utilização da dentina autóloga desmineralizada (*Demineralized Dentin Matrix*, DDM), obtida a partir do próprio dente do paciente. A dentina é composta por aproximadamente 70–75% de hidroxiapatite e 20% de colagénio tipo I, além de conter vários factores de crescimento, como BMP-2, TGF- $\beta$  e IGF-II (Kim et al., 2013; Hussain et al., 2023). Devido à sua composição semelhante à do osso alveolar, a DDM apresenta propriedades osteocondutivas; adicionalmente, o processo de desmineralização expõe a matriz extracelular, conferindo-lhe também potencial osteoindutivo (Elfana et al., 2021; Minetti et al., 2022).

A eficácia clínica e histológica da DDM tem sido confirmada por diversos estudos, que evidenciam uma percentagem significativamente superior de neoformação óssea em comparação com os controlos de cicatrização espontânea, boa integração com o osso adjacente e ausência de respostas inflamatórias (Minetti et al., 2022; Hussain et al., 2023; Yang et al., 2023; Dubey et al., 2024). Para além disso, a DDM constitui uma solução biocompatível, economicamente acessível e isenta de riscos imunológicos, apresentando-se como uma alternativa sustentável e previsível para a preservação alveolar.

Uma revisão recente de Picone et al. (2024) reforça a evidência a favor da utilização da dentina autóloga em procedimentos de regeneração óssea guiada, incluindo a preservação alveolar. Os autores relatam elevadas taxas de formação óssea, boa estabilidade dos implantes e baixos níveis de perda óssea marginal, com desempenho comparável — ou até superior — ao de enxertos convencionais como o Bio-Oss®. Estes dados sustentam o potencial da dentina como uma opção biocompatível, segura e eficaz na regeneração óssea.

À luz destas evidências, o presente estudo tem como finalidade investigar a eficácia clínica da dentina autóloga desmineralizada na preservação da crista alveolar após exodontia, através da avaliação de parâmetros biológicos, radiográficos e clínicos, com vista à manutenção do volume ósseo necessário para uma futura reabilitação protética ou suportada por implantes. Esta revisão sistemática foi conduzida segundo as orientações do PRISMA 2020 (Page et al., 2021) e recorreu à ferramenta revista de avaliação crítica do risco de viés do JBI para ensaios clínicos randomizados (Barker et al., 2023).



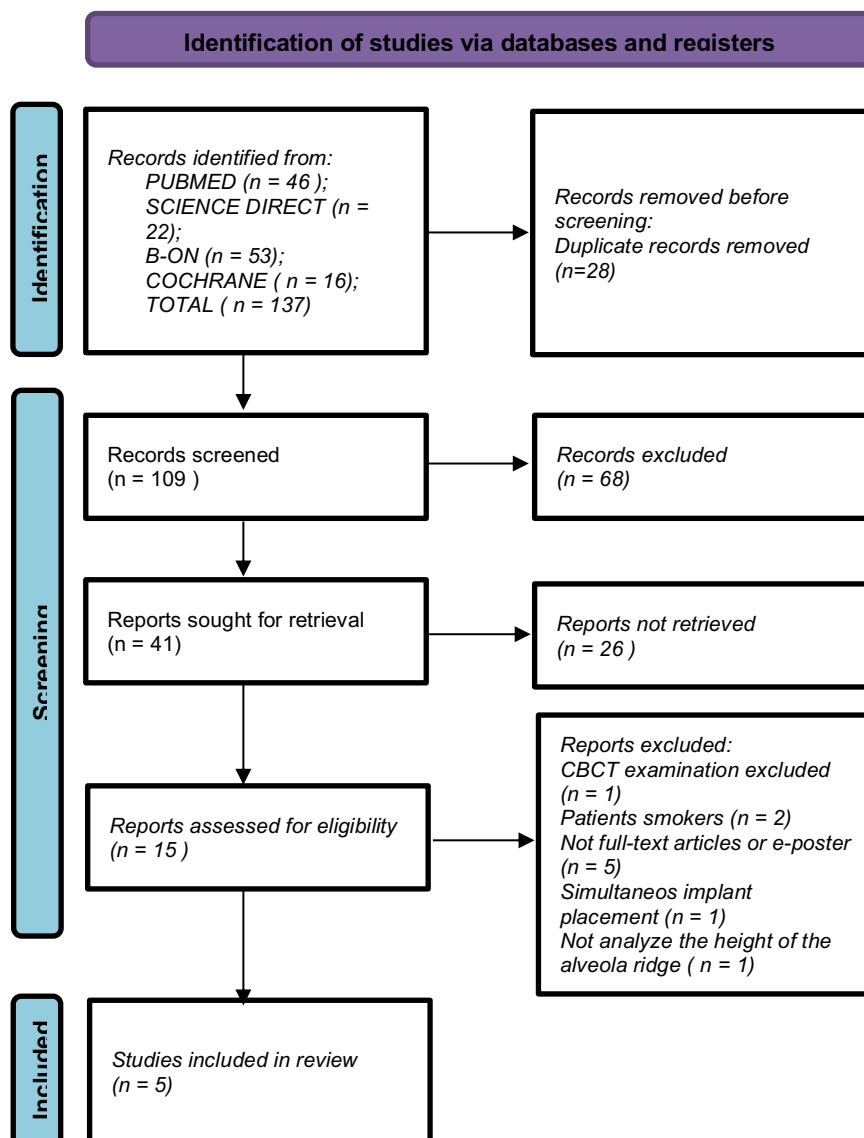
## 2. MATERIAS E METODOS

### 2.1. Desenvolvimento do Protocolo

Esta revisão foi realizada com base num protocolo previamente delineado, em conformidade com as diretrizes PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). O protocolo definiu de forma clara a pergunta de investigação, a estratégia de pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, a avaliação do risco de viés e os principais desfechos a serem analisados. O objectivo foi assegurar uma abordagem transparente, reproduzível e metodologicamente robusta.

**Figura 1**

*Fluxograma PRISMA*



## 2.2 Formulação da Pergunta

A formulação da pergunta de investigação seguiu o modelo PCC (População, Conceito, Contexto).

- A **população** inclui pacientes que perderam um ou mais dentes ou que foram submetidos a extração dentária.
- O **conceito** centra-se na utilização da matriz dentinária autóloga desmineralizada (*Demineralized Dentin Matrix*, DDM) enquanto biomaterial de enxerto.
- O **contexto** refere-se à aplicação da DDM na preservação alveolar após exodontia.

Assim, esta revisão visa avaliar a eficácia da DDM na manutenção das dimensões do alvéolo, com especial atenção às alterações na altura e na largura da crista óssea.

## 2.3 Estratégia de Pesquisa

Foi realizada uma pesquisa sistemática da literatura nas seguintes bases de dados electrónicas: *PubMed*, *ScienceDirect*, *Cochrane Library* e *B-ON*. Para a identificação dos estudos relevantes, utilizaram-se combinações de palavras-chave, incluindo termos livres e descritores *MeSH*, articulados por operadores booleanos da seguinte forma:

("Dentin" OR "Dentine" OR "Autogenous dentin" OR "Dentine grafts" OR "Autologous dentin" OR "Demineralized dentin") AND ("Bone regeneration" OR "Alveolar augmentation" OR "Alveolar preservation" OR "Ridge augmentation" OR "Socket preservation" OR "Bone graft" OR "Bone substitute")

A pesquisa foi restringida a publicações redigidas em língua inglesa, com data de publicação compreendida entre 2004 e 2024.

## 2.4 Critérios de Inclusão e Exclusão

### 2.4.1. Critérios de Inclusão

Foram incluídos nesta revisão:

- Ensaio clínico randomizado (RCT), estudos comparativos, séries de casos e estudos retrospectivos;
- Estudos clínicos realizados em humanos;

- Publicações redigidas em língua inglesa;
- Estudos com seguimento mínimo de 3 meses;
- Utilização de dentina autóloga desmineralizada como material de enxerto;
- Avaliação morfométrica por tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT), com mensuração da largura e/ou altura da crista alveolar.

#### 2.4.2. Critérios de Exclusão

Foram excluídos da análise:

- Estudos secundários, como revisões sistemáticas, meta-análises e editoriais;
- Estudos com tempo de seguimento inferior a 3 meses;
- Estudos que incluíam pacientes fumadores, com patologia oncológica ou com periodontite não tratada;
- Estudos *in vitro* ou realizados em modelos animais;
- Publicações não redigidas em língua inglesa;
- Estudos que não utilizaram CBCT na avaliação das dimensões ósseas.

#### 2.5 Critérios Avaliados

Os critérios primários avaliados nesta revisão foram:

- **Altura da Crista Óssea Vertical (*Vertical Ridge Height* – VRH):** medição da altura da crista óssea pós-extração
- **Largura da Crista Óssea Horizontal (*Horizontal Ridge Width* – HRW):** medição da largura da crista alveolar no sentido vestibulo-lingual

As alterações dimensionais observadas no seguimento ( $\geq 3$  meses) foram comparadas com os valores iniciais.

#### 2.6 Avaliação do Risco de Viés dos Estudos Individuais

Para avaliar o risco de viés dos estudos clínicos randomizados (RCT) incluídos na revisão,

Eficácia da matriz de dente autólogo desmineralizado na preservação alveolar: uma revisão sistemática

foi utilizada a *JBI Critical Appraisal Checklist for Randomized Controlled Trials*, desenvolvida pelo *Joanna Briggs Institute*.

A checklist é composta por 13 critérios metodológicos que avaliam a confiabilidade interna dos estudos, incluindo:

- Randomização adequada
- Ocultação da alocação
- Comparabilidade entre grupos na linha de base
- *Blinding* dos participantes, investigadores e avaliadores
- Mensuração confiável dos desfechos
- Análise estatística apropriada

Cada estudo foi avaliado independentemente por dois revisores. Para cada critério foi atribuído um escore: “*Yes*”, “*No*”, “*Unclear*” ou “*Not Applicable*”.

As discrepâncias entre os revisores foram discutidas até alcançar um consenso.

Os estudos foram classificados quanto ao risco de viés:

- **Baixo risco de viés:**  $\geq 9$  respostas “*Yes*” de 13
- **Risco moderado de viés:** 6–8 respostas “*Yes*”
- **Alto risco de viés:**  $\leq 5$  respostas “*Yes*”

**Tabela 1**

*Checklist JBI*

<i>Checklist JBI</i>	<b>Beldhi et al. (2024)</b>	<b>Elfana et al. (2021)</b>	<b>Hussain et al. (2023)</b>	<b>Dubey et al. (2024)</b>	<b>Yang et al. (2023)</b>
Foi usada uma randomização verdadeira para a alocação dos participantes nos grupos?	●	●	●	●	●
A alocação dos participantes aos grupos foi ocultada?	●	●	●	●	●
Os grupos de tratamento eram semelhantes na linha de base?	●	●	●	●	●
Os participantes estavam cegos quanto à alocação do tratamento?	●	●	●	●	●
Os profissionais que administraram o tratamento estavam cegos quanto à alocação?	●	●	●	●	●
Os avaliadores dos desfechos estavam cegos quanto à alocação do tratamento?	●	●	●	●	●
Os grupos foram tratados da mesma forma, exceto pela intervenção de interesse?	●	●	●	●	●
O acompanhamento foi completo e, se não foi, as diferenças entre os grupos foram descritas e analisadas?	●	●	●	●	●
Os participantes foram analisados nos grupos aos quais foram inicialmente alocados?	●	●	●	●	●
Os desfechos foram medidos da mesma maneira para os grupos de tratamento?	●	●	●	●	●
Os desfechos foram medidos de maneira confiável?	●	●	●	●	●
Foi usada uma análise estatística apropriada?	●	●	●	●	●
O desenho do estudo foi apropriado e quaisquer desvios do padrão RCT foram considerados na condução e análise do estudo?	●	●	●	●	●
	● <i>Yes</i>	● <i>Unclear</i>	● <i>No</i>		



### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados da Pesquisa

Foi realizada uma pesquisa sistemática da literatura em quatro bases de dados eletrônicas: *PubMed*, *ScienceDirect*, *B-ON* e *Cochrane Library*, com o objetivo de identificar estudos que investigassem a utilização da matriz dentinária autóloga desmineralizada na preservação da crista alveolar pós-exodontia.

Na *PubMed*, a estratégia de pesquisa foi construída com termos livres e descritores *MeSH*, combinados com operadores booleanos:

("Dentin" OR "Dentine" OR "Autogenous dentin" OR "Dentine grafts" OR "Autologous dentin" OR "Demineralized dentin") AND ("Bone regeneration" OR "Alveolar augmentation" OR "Alveolar preservation" OR "Ridge augmentation" OR "Socket preservation" OR "Bone graft" OR "Bone substitute")

Foram aplicados os seguintes filtros: *Case Reports*, *Clinical Study*, *Clinical Trial*, *Comparative Study*, *Randomized Controlled Trial*; idioma inglês; estudos em humanos; intervalo temporal dos últimos 20 anos (2004–2024). Foram identificados **46 artigos**.

Na *Science Direct*, a pesquisa utilizou os termos:

("Dentin" OR "Autogenous dentin" OR "Demineralized dentin") AND ("Bone regeneration" OR "Bone graft" OR "Alveolar augmentation") NOT ("Animal studies" OR "In vitro studies" OR "Rats")

Adicionalmente, foi realizada filtragem por termos no título:

("Dentin" OR "Autogenous dentin" OR "Demineralized dentin") AND ("Bone regeneration" OR "Bone graft" OR "Alveolar augmentation")

A pesquisa foi limitada aos últimos 20 anos (2004–2024), resultando na identificação de 22 artigos.

Na base *B-ON*, a estratégia combinou os seguintes termos:

("Dentin" OR "Dentine" OR "Autogenous dentin" OR "Dentine grafts" OR "Autologous dentin" OR "Demineralized dentin") AND ("Bone regeneration" OR "Alveolar augmentation" OR "Alveolar preservation" OR "Ridge augmentation" OR "Socket preservation" OR "Bone graft" OR "Bone substitute")

Foram aplicados os seguintes filtros: exclusão de estudos secundários (*systematic reviews, meta-analyses*); exclusão de estudos *in vitro* e com modelos animais; idioma: inglês; área temática: Odontologia; período: 2004–2024. Esta pesquisa resultou na seleção de 53 artigos.

Na *Cochrane Library*, foram utilizados os seguintes termos no título dos registros (*Record Title*):

(*Dentin OR Dentine OR Autogenous dentin OR Dentine grafts OR Autologous dentin OR Demineralized dentin*) AND (*Bone regeneration OR Alveolar augmentation OR Alveolar preservation OR Ridge augmentation OR Socket preservation OR Bone graft OR Bone substitute*)

Foram excluídos estudos com os termos “*systematic review*”, “*review*” ou “*meta-analysis*”, bem como “*animal study*” e “*in vitro*”, no título, resumo ou palavras-chave (*Title Abstract Keyword*). Após a aplicação dos filtros, foram identificados 16 artigos.

## **3.2. Estudos Clínicos e Desfechos**

### **3.2.1. Dubey et al. (2024)**

No estudo intitulado "*Assessment of Autogenous Tooth Dentin Graft with Allogenic Bone Graft in the Preservation of Alveolar Ridge: a clinicoradiographic study*" Dubey et al. (2024) foram incluídos 20 pacientes, cada um com pelo menos três dentes indicados para extração. Assim, foram tratados um total de 60 alvéolos, distribuídos de forma equitativa pelos três grupos de tratamento. Os dentes extraídos foram selecionados com base em três principais indicações clínicas: prognóstico periodontal desfavorável (ex.: periodontite avançada com mobilidade grau III), indicação ortodôntica ou destruição por cárie não restaurável, conforme descrito no protocolo do estudo. Assim, foram tratados um total de 60 alvéolos, distribuídos de forma equitativa pelos três grupos de tratamento.

A dentina foi obtida a partir de dentes extraídos previamente limpos com um aparelho ultrassônico, com remoção de lesões de cárie por broca de carboneto de tungstênio. O esmalte e o cemento foram completamente eliminados. Posteriormente, os dentes foram triturados num moinho convencional a uma velocidade de 700–1000 rpm, obtendo-se partículas com tamanho entre 500–1000 µm. As partículas foram passadas por peneiras esterilizadas e submetidas a um processo de desmineralização com ácido láctico 1N

durante 15 minutos. De seguida, foram lavadas com soro fisiológico estéril durante 60 segundos, garantindo a eliminação de resíduos ácidos e a esterilidade do enxerto (Dubey et al., 2024).

Nesta análise, será considerada exclusivamente a comparação entre o Grupo Teste (grupo I) e o Grupo Controle (grupo III). O Grupo II foi excluído da presente revisão sistemática, uma vez que utiliza um material enxertado de origem alogénica (DFDBA), não se enquadrando nos critérios de inclusão previamente definidos, que exigem a aplicação exclusiva de matriz de dentina autóloga desmineralizada (Dubey et al., 2024).

No Grupo Controlo, (GC) foram intervencionados 20 alvéolos pós extracionais em que não existiu nenhuma preservação alveolar aplicada, sendo permitido concluir a sua cicatrização de forma natural (Dubey et al., 2024).

No Grupo Teste (GT), foram intervencionados 20 alvéolos em que se realizou preservação alveolar pós extracional com recurso a enxerto de dentina autóloga, associado a PRF (fibrina rica em plaquetas) (Dubey et al., 2024).

A PRF consiste numa matriz biológica derivada do sangue do próprio paciente, rica em plaquetas e leucócitos, obtida através de um processo de centrifugação. Esta matriz liberta gradualmente mediadores biológicos que favorecem a cicatrização, sobretudo dos tecidos moles. No entanto, é fundamental esclarecer que a PRF não tem capacidade de induzir a formação óssea por si só. O seu contributo reside sobretudo em melhorar o ambiente de regeneração, sendo mais eficaz quando utilizada em conjunto com um material que possua propriedades osteoindutoras ou osteocondutoras, como é o caso da dentina autóloga (Dubey et al., 2024).

De acordo com os dados reportados por Dubey et al. (2024), no grupo intervencionado com enxerto de dentina autóloga (Grupo Teste), foi registada uma redução significativa na área do alvéolo ao longo de 12 meses. Inicialmente, a média da área era de 33.270 mm<sup>2</sup> ( $\pm 18.515$ ), diminuindo para 25.358 mm<sup>2</sup> ( $\pm 16.635$ ) ao final do período de acompanhamento, com uma diferença estatisticamente significativa ( $P = 0.006$ ).

No Grupo Controlo a área média inicial do alvéolo era superior (43.483 mm<sup>2</sup>  $\pm 28.734$ ) e reduziu-se para 15.063 mm<sup>2</sup> ( $\pm 9.942$ ) aos 12 meses. Apesar da redução ser numericamente maior do que a observada no grupo intervencionado, a diferença não atingiu significância estatística ( $P = 0.079$ ), possivelmente devido à elevada variabilidade dos dados (Dubey et al., 2024).

No que respeita à perda óssea a nível da crista alveolar, os valores médios foram de 0.975 mm ( $\pm 0.263$ ) para o Grupo Teste e de 2.925 mm ( $\pm 2.516$ ) para o Grupo Controle. A análise estatística entre os grupos indicou que esta diferença não foi significativa ( $P = 0.16$ ), embora se observe uma tendência para menor reabsorção no grupo tratado (Dubey et al., 2024).

Por fim, a taxa de preenchimento do alvéolo aos 12 meses foi substancialmente mais elevada no grupo Teste (80.01%) quando comparada com o grupo Controle (34.03%). Esta diferença foi estatisticamente altamente significativa ( $P = 0.000$ ), o que poderá refletir uma maior eficácia do tratamento aplicado no Grupo I em termos de regeneração tecidual (Dubey et al., 2024).

### **3.2.2. Yang et al. (2023)**

No estudo intitulado “*Alveolar ridge preservation in sockets with severe periodontal destruction using autogenous partially demineralized dentin matrix: A randomized controlled clinical trial*” Yang et al. (2023) participaram 32 pacientes com molares gravemente comprometidos por periodontite. Um total de 32 alvéolos foi tratado, sendo 16 com matriz dentinária autógena parcialmente desmineralizada (APDDM) e 16 sem intervenção (cura espontânea).

A dentina foi processada imediatamente após a extração dentária com o dispositivo *Bonmaker®* (Korea Dental Solution Co. Ltd). O protocolo incluiu trituração do dente, remoção do esmalte, cimento, polpa e materiais restauradores, e posterior tratamento químico com ácido clorídrico a 3%, peróxido de hidrogénio a 10% e álcool isopropílico a 70%, seguido de esterilização. O processo durou cerca de 30–40 minutos (Yang et al., 2023).

Para a cobertura dos alvéolos tratados, foi utilizada uma esponja de colagénio (*Wuxi BIOT Biological Engineering Co., Ltd, China*), suturada com fio monofilamento de polipropileno 4/0. Importa salientar que a membrana de colagénio teve apenas função de contenção do biomaterial, sem qualquer papel direto na osteoformação (Yang et al., 2023).

A avaliação dimensional do alvéolo pós-extração foi realizada passados 4 meses com base em medições da altura e largura óssea em diferentes secções anatómicas (mesial, central e distal), e a várias profundidades a partir da crista alveolar (1 mm, 3 mm e 5 mm).

Os resultados demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre o grupo teste (tratado com matriz dentinária autóloga parcialmente desmineralizada – APDDM) e o grupo controlo (cicatrização espontânea – SH) (Yang et al., 2023).

Na análise vertical, o grupo APDDM revelou uma clara tendência para a manutenção ou ganho de altura óssea, contrastando com a perda observada no grupo SH. Na região mesial vestibular, registou-se um aumento médio de  $+0,37 \pm 1,84$  mm no grupo APDDM, ao passo que o grupo SH apresentou uma perda de  $-2,33 \pm 2,40$  mm ( $p = 0.001$ ). Na parede lingual mesial, os valores foram de  $+0,32 \pm 1,67$  mm (APDDM) e  $-0,61 \pm 0,90$  mm (SH) ( $p = 0.060$ ), respetivamente. A altura na porção central mesial aumentou consideravelmente no grupo teste ( $+7,28 \pm 2,20$  mm) face ao grupo controlo ( $+3,31 \pm 2,32$  mm) ( $p < 0.001$ ) (Yang et al., 2023).

No plano central, a altura da parede vestibular permaneceu praticamente inalterada no grupo APDDM ( $-0,07 \pm 1,56$  mm), enquanto o grupo SH apresentou uma redução de  $-2,19 \pm 2,35$  mm ( $p = 0.005$ ). Na parede lingual central, observou-se um ligeiro aumento de  $+0,16 \pm 2,23$  mm no grupo APDDM e uma diminuição de  $-0,85 \pm 1,09$  mm no grupo SH ( $p = 0.114$ ). A altura central do alvéolo revelou um ganho expressivo de  $+8,00 \pm 2,35$  mm no grupo APDDM, em contraste com  $+4,46 \pm 2,33$  mm no grupo SH ( $p < 0.001$ ) (Yang et al., 2023).

Na região distal, a parede vestibular apresentou uma redução ligeira no grupo APDDM ( $-0,30 \pm 1,47$  mm) e uma perda acentuada no grupo SH ( $-2,05 \pm 2,09$  mm) ( $p = 0.010$ ). A altura lingual distal manteve-se praticamente constante com  $-0,02 \pm 1,81$  mm no grupo APDDM, enquanto o grupo SH evidenciou uma diminuição de  $-1,06 \pm 1,13$  mm ( $p = 0.061$ ). A altura central distal revelou um ganho médio de  $+7,35 \pm 2,66$  mm no grupo APDDM, superior ao verificado no grupo SH ( $+4,49 \pm 3,12$  mm) ( $p = 0.009$ ) (Yang et al., 2023).

A avaliação horizontal da largura óssea foi realizada a 1 mm, 3 mm e 5 mm abaixo da crista alveolar (Yang et al., 2023).

Na região mesial, a 1 mm da crista, o grupo APDDM registou um ganho de  $+5,03 \pm 3,83$  mm, enquanto o grupo SH apresentou uma redução de  $-1,98 \pm 5,21$  mm ( $p < 0.001$ ). A 3 mm, os valores foram  $+2,36 \pm 3,93$  mm (APDDM) e  $-0,80 \pm 4,22$  mm (SH) ( $p = 0.036$ ); e a 5 mm,  $+0,57 \pm 2,24$  mm (APDDM) versus  $-1,00 \pm 2,19$  mm (SH) ( $p = 0.062$ ) (Yang et al., 2023).

Na região central, os resultados seguiram tendência semelhante. A 1 mm, o grupo APDDM obteve um aumento de  $+4,50 \pm 4,41$  mm, contrastando com uma perda de  $-2,19 \pm 3,21$  mm no grupo SH ( $p < 0.001$ ). A 3 mm, os valores foram  $+2,64 \pm 4,05$  mm (APDDM) e  $-2,75 \pm 4,41$  mm (SH) ( $p = 0.001$ ), e a 5 mm,  $+0,64 \pm 3,14$  mm (APDDM) face a  $-1,18 \pm 2,32$  mm (SH) ( $p = 0.073$ ) (Yang et al., 2023).

Por fim, na região distal, a 1 mm, o ganho médio foi de  $+5,20 \pm 6,41$  mm no grupo APDDM, enquanto o grupo SH evidenciou uma perda de  $-1,98 \pm 5,90$  mm ( $p = 0.003$ ). A 3 mm, o APDDM registou  $+2,60 \pm 3,65$  mm, enquanto o SH mostrou  $-1,81 \pm 2,95$  mm ( $p = 0.001$ ). A 5 mm, o grupo APDDM aumentou  $+0,84 \pm 3,02$  mm, em contraste com uma redução de  $-0,84 \pm 1,56$  mm no grupo SH ( $p = 0.058$ ) (Yang et al., 2023).

### 3.2.3. Hussain et al. (2023)

No estudo intitulado “*Efficacy of Autogenous Dentin Biomaterial on Alveolar Ridge Preservation: A Randomized Controlled Clinical Trial*” Hussain et al. (2023) participaram 32 pacientes, só 29 completaram o estudo. 14 no grupo estudo e 15 no grupo controlo.

Em relação às alterações dimensionais do rebordo alveolar, os resultados obtidos através da tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT) revelaram diferenças significativas entre o grupo controlo (cicatrização espontânea) e o grupo estudo (preservação alveolar com biomaterial de dentina autóloga).

No grupo estudo, os alvéolos pós-extração foram preenchidos com dentina autóloga obtida a partir da raiz do próprio dente extraído. A dentina foi submetida a um processo de preparação específico e estandardizado, realizado imediatamente após a extração dentária. Este procedimento incluiu a remoção de quaisquer materiais restauradores, cáries ou resíduos de guta-percha, seguida da trituração da raiz em partículas com dimensão entre 300 e 1200  $\mu\text{m}$  utilizando o dispositivo *KometaBio – Smart Dentin Grinder*. As partículas resultantes foram então desinfetadas com uma solução de limpeza fornecida pelo fabricante (*dentin cleanser solution, KometaBio, EUA*) durante 5 minutos e subsequentemente lavadas duas vezes com solução tampão de fosfato (PBS) para neutralização do pH. Após a secagem com gaze estéril, o biomaterial estava pronto para ser introduzido no alvéolo, sendo estabilizado com uma esponja de gelatina hemostática e sutura em figura de oito (Hussain et al., 2023).

Passados quatro meses, os resultados do grupo estudo demonstraram uma redução estatisticamente significativa da largura do rebordo alveolar tanto a 2 mm como a 5 mm do bordo gengival. A média da largura inicial a 2 mm foi de  $7,93 \pm 0,99$  mm, diminuindo para  $6,46 \pm 1,21$  mm após quatro meses, com uma redução média de  $1,47 \pm 1,22$  mm ( $p = 0,002$ ). A 5 mm, a largura passou de  $9,06 \pm 0,97$  mm para  $7,82 \pm 0,87$  mm, resultando numa redução média de  $1,23 \pm 0,87$  mm ( $p = 0,002$ ). No entanto, as alterações verticais da altura óssea da tábua vestibular e palatina não foram estatisticamente significativas, apresentando uma redução média de  $0,84 \pm 0,83$  mm ( $p = 0,368$ ) e  $0,71 \pm 0,82$  mm ( $p = 0,762$ ), respetivamente (Hussain et al., 2023).

Por outro lado, o grupo controlo apresentou uma perda mais acentuada e estatisticamente significativa da largura alveolar. A 2 mm, a largura média inicial de  $7,94 \pm 1,17$  mm reduziu-se para  $4,39 \pm 0,70$  mm, com uma diferença média de  $3,54 \pm 1,26$  mm ( $p = 0,0001$ ). A 5 mm, a largura passou de  $8,68 \pm 1,10$  mm para  $6,48 \pm 0,91$  mm, correspondendo a uma redução média de  $2,24 \pm 1,06$  mm ( $p = 0,0001$ ). Tal como no grupo estudo, as alterações verticais na altura óssea bucal ( $-0,31 \pm 0,11$  mm;  $p = 0,20$ ) e palatina ( $-0,27 \pm 0,23$  mm;  $p = 0,25$ ) não atingiram significância estatística (Hussain et al., 2023).

Estes resultados indicam que a utilização da dentina autóloga tratada como biomaterial permitiu uma melhor preservação horizontal do rebordo alveolar em comparação com a cicatrização espontânea, evidenciando o potencial clínico desta abordagem para a preservação pós-extracional (Hussain et al., 2023).

#### **3.2.4. Beldhi et al. (2024)**

No estudo intitulado “*Evaluation and comparison of autologous particulate dentin with demineralized freeze dried bone allograft in ridge preservation procedures – a prospective clinical study*” Beldhi et al. (2024), foram incluídos 30 pacientes, distribuídos aleatoriamente por dois grupos, com 15 indivíduos em cada grupo. O grupo controlo não foi incluído na análise detalhada por não representar o foco de interesse da presente investigação. O grupo teste foi submetido a um procedimento de preservação alveolar utilizando dentina autóloga particulada (DAP), combinada com i-PRF (*Injectable Platelet-Rich Fibrin*). Importa salientar que o i-PRF, embora faça parte do protocolo clínico, não possui uma ação osteoindutora direta; a sua função principal consiste em melhorar a coesão do material enxertado e favorecer a regeneração dos tecidos moles

através da libertação gradual de fatores de crescimento.

A dentina foi obtida a partir dos próprios dentes extraídos dos pacientes. Após a remoção do ligamento periodontal, do esmalte, do cimento e da polpa dentária, os dentes foram triturados com recurso a um *Smart Dentin Grinder*, originando partículas com dimensões entre 300 e 1200  $\mu\text{m}$ . Estas partículas foram desinfetadas por imersão numa solução alcoólica durante 7 minutos, seguidas de uma lavagem com soro fisiológico estéril durante 3 minutos. O material assim obtido foi então misturado com i-PRF, originando um composto conhecido como “*sticky bone*”, que foi inserido no alvéolo pós-extracional e selado com uma membrana de A-PRF (*Advanced Platelet-Rich Fibrin*) (Beldhi et al., 2024).

A avaliação radiográfica demonstrou uma redução significativa das dimensões da crista alveolar, tanto na direção vertical como horizontal, entre o momento basal e os seis meses de acompanhamento. A altura vertical média da crista diminuiu de  $10,87 \pm 1,53$  mm para  $9,49 \pm 1,25$  mm, aos seis meses, correspondendo a uma redução média de  $1,37 \pm 1,32$  mm. Relativamente à largura horizontal, observou-se uma redução de  $9,00 \pm 1,00$  mm para  $7,69 \pm 1,16$  mm, aos seis meses, o que representa uma diminuição média de  $1,31 \pm 1,13$  mm. Ambas as alterações se revelaram estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ) (Beldhi et al., 2024).

Estes resultados sugerem que o uso de dentina autóloga particulada permite uma melhor preservação do volume ósseo após a extração dentária, quando comparado com materiais alógenos convencionais. Este efeito poderá ser justificado pela composição biológica ativa da dentina e pela sua semelhança estrutural e bioquímica com o osso alveolar (Beldhi et al., 2024).

### **3.2.5. Elfana et al. (2021)**

No estudo intitulado "*Alveolar ridge preservation using autogenous whole-tooth versus demineralized dentin grafts: A randomized controlled clinical trial*" Elfana et al. (2021), foi avaliado o efeito da dentina autóloga desmineralizada (ADDG) na preservação do alvéolo pós-extracional, com especial enfoque nas alterações dimensionais em termos de largura e altura da crista alveolar.

Para a análise, foram incluídos 10 pacientes no grupo ADDG, enquanto o grupo teste, que utilizou dentina inteira não desmineralizada (AWTG), não foi considerado neste contexto,

por não ser pertinente aos objetivos da presente investigação, que se concentra exclusivamente na eficácia regenerativa da dentina desmineralizada (Elfana et al., 2021).

A preparação da dentina autóloga desmineralizada foi realizada através da desmineralização dos dentes extraídos — previamente limpos e triturados — em solução de ácido clorídrico 0,6N durante 30 minutos. Este processo teve como objetivo expor a matriz colagénica interna e libertar os fatores de crescimento “fossilizados” contidos na estrutura dentinária, como o TGF- $\beta$ , BMP-2 e IGF-II, reconhecidos pelas suas propriedades osteoindutivas (Elfana et al., 2021).

Um dado adicional relevante refere-se à utilização de uma membrana colagénica reabsorvível (*Hypro-Sorb®*, *Bioimplon GmbH*, Alemanha), colocada a cobrir o local do enxerto com uma abordagem de membrana aberta. Embora o papel da membrana não tenha sido analisado especificamente no estudo, é plausível assumir que esta tenha contribuído positivamente para a osteocondução, funcionando como barreira protetora do coágulo e guiando a regeneração óssea, ao impedir a migração de células epiteliais e do tecido conjuntivo para o interior do alvéolo (Elfana et al., 2021).

No grupo tratado com dentina desmineralizada autóloga (ADDG), as dimensões do alvéolo no momento da extração apresentaram valores médios de 8,11 mm ( $\pm$  1,3 mm) para a largura vestibulo-lingual, 8,95 mm ( $\pm$  1,6 mm) para a altura da parede vestibular, e 8,86 mm ( $\pm$  1,54 mm) para a altura da parede lingual (Elfana et al., 2021).

Após um período de seis meses, durante o qual foi realizada a preservação alveolar com dentina desmineralizada, observou-se uma redução média da largura vestibulo-lingual de 1,02 mm ( $\pm$  0,45 mm), o que corresponde a aproximadamente 12,61% do valor inicial, sugerindo uma diminuição clinicamente relevante ao longo dos seis meses, embora o estudo não tenha reportado valores de p para comparações intragrupo. Em relação às alturas, a perda ao nível da crista vestibular foi de 0,72 mm ( $\pm$  0,27 mm), equivalente a 8,43%, sugerindo uma diminuição clinicamente relevante ao longo dos seis meses, enquanto a parede lingual apresentou uma diminuição média de 0,56 mm ( $\pm$  0,24 mm), representando 6,02% em relação ao valor inicial, sugerindo uma diminuição clinicamente relevante ao longo dos seis meses (Elfana et al., 2021).

Estes dados demonstram que o uso da dentina autóloga desmineralizada permite conter eficazmente a reabsorção óssea pós-extracional, tanto no sentido horizontal como vertical, representando assim uma alternativa viável e biologicamente ativa para a

Eficácia da matriz de dente autólogo desmineralizado na preservação alveolar: uma revisão sistemática

preservação do alvéolo (Elfana et al., 2021).

**Tabela 2***Resultados dos Cinco Estudos Clínicos Analisados*

<b>Autores, Ano, País</b>	<b>Desenho do Estudo</b>	<b>CrITÉRIOS dos Participantes</b>	<b>Tipo de Defeito (n)</b>	<b>Tipo de Materiais de Aumento Alveolar</b>	<b>Exames e Variáveis</b>	<b>Resultados (Média ± DP)</b>
Beldhi et al., 2024 Índia	<i>prospective clinical study</i>	30 pacientes (17 homens, 13 mulheres), idade média de 41,5 anos.	<i>post extraction of molar socket site 30</i>	(APD - <i>Autologous Particulate Dentin</i> ) e (DFDBA), ambos misturados com i-PRF para formar um material coeso “ <i>sticky bone</i> ” e selado com uma membrana de A-PRF.	(CBCT) para medir variações na crista alveolar ao longo do tempo. (Altura da Crista) (Largura da Crista) Aos 6 meses.	APD + i-PRF: redução vertical da crista de $1.37 \pm 1.32$ mm (10.87 → 9.49 mm) e redução horizontal de $1.31 \pm 1.13$ mm (9.00 → 7.69 mm), ambos com significância ( $P < 0.001$ ). Melhor preservação óssea atribuída à biocompatibilidade da dentina autóloga.
Elfana et al., 2021 Egípcia	<i>A randomized controlled clinical trial</i>	20 pacientes (4 do sexo masculino e 16 do sexo feminino); idade média de 32,35 anos.	<i>Post single extraction socket of non-molar teeth (n = 20)</i>	<i>Autogenous whole tooth graft (AWTG); Autogenous demineralized dentin graft (ADDG), both covered with bioabsorbable collagen membrane</i>	<i>CBCT: horizontal and vertical ridge-dimensional changes (mm). A 6 mesi</i>	ADDG: redução largura bucolingual de $1.02 \pm 0.45$ mm (~12.61%), altura vestibular $-0.72 \pm 0.27$ mm (~8.43%), altura lingual $-0.56 \pm 0.24$ mm (~6.02%) aos 6 meses. Resultados indicam eficácia na contenção da reabsorção óssea pós-extracional.
Yang et al., 2023 Netherlands China	<i>A randomized controlled clinical trial</i>	32 pacientes (17 do sexo masculino e 15 do sexo feminino); idade média de 53,75 anos.	<i>Severe periodontally compromised sockets in molars (n = 32)</i>	<i>Autogenous partially demineralized dentin matrix (APDDM) graft covered with a collagen sponge</i>	<i>CBCT: horizontal and vertical ridge changes (mm). A 4 mesi</i>	APDDM vs SH: ganho vertical mesial até $+0,37$ mm (vs $-2,33$ mm, $p=0,001$ ), central $+8,00$ mm (vs $+4,46$ mm, $p<0,001$ ), distal $+7,35$ mm (vs $+4,49$ mm, $p=0,009$ ). Largura óssea mesial: $+5,03$ mm a 1 mm (vs $-1,98$ mm, $p<0,001$ ), central $+4,50$ mm a 1 mm (vs $-2,19$ mm, $p<0,001$ ), distal $+5,20$ mm a 1 mm (vs $-1,98$ mm, $p=0,003$ ). Diferenças significativas em várias secções verticais e horizontais.

<b>Autores, Ano, País</b>	<b>Desenho do Estudo</b>	<b>Critérios dos Participantes</b>	<b>Tipo de Defeito (n)</b>	<b>Tipo de Materiais de Aumento Alveolar</b>	<b>Exames e Variáveis</b>	<b>Resultados (Média ± DP)</b>
Hussain et al., 2023 Iraq	<i>A</i> <i>Randomized Controlled Clinical Trial</i>	32 pacientes. 29 pacientes completaram o estudo (11 do sexo masculino e 18 do sexo feminino); 14 no grupo de estudo e 15 no grupo de controlo; idade média de 35,6 anos.	<i>post extraction of molar socket site 29</i>	ADB – <i>Autogenous Dentin Biomaterial</i>	<i>CBCT: horizontal and vertical ridge changes (mm). A 4 mesi</i>	Grupo estudo (dentina autóloga): redução largura 2 mm = 1.47 ± 1.22 mm (P=0.002), 5 mm = 1.23 ± 0.87 mm (P=0.002); perdas verticais não significativas. Grupo controlo: redução 2 mm = 3.54 ± 1.26 mm (P=0.0001), 5 mm = 2.24 ± 1.06 mm (P=0.0001); alturas bucal/palatina sem significância. Melhor preservação no grupo com dentina.
Dubey et al., 2024 India	<i>A</i> <i>Randomized Controlled Clinical Trial</i>	20 pacientes. Idade média de 39 anos.	<i>post extraction of molar socket site 60</i>	<i>Gruppo I – Autogenous Tooth Dentin Graft (ADG) + PRF (20 alveolos tratados); Gruppo II – Allograft (DFDBA) (20 alveolos tratados) + PRF; Gruppo III – Controlo (20 alveolos tratados)</i>	área do alvéolo; perda óssea ao nível da crista alveolar; taxa de preenchimento do alvéolo	GI (Dentina + PRF): área alveolar de 33,270 → 25,358 mm <sup>2</sup> (P=0,006), perda óssea de 0,975 mm (±0,263), preenchimento de 80,01%. GIII (Controlo): área de 43,483 → 15,063 mm <sup>2</sup> (P=0,079), perda óssea de 2,925 mm (±2,516), preenchimento de 34,03% (P=0,000).

## 4. DISCUSSÃO

Os resultados dos cinco estudos clínicos analisados nesta revisão sistemática demonstram de forma robusta que a matriz de dentina autóloga desmineralizada (DDM) apresenta eficácia significativa na preservação do rebordo alveolar após exodontia. Independentemente do protocolo cirúrgico adotado ou da associação com adjuvantes como PRF ou membranas colagênicas, todos os estudos relatam uma clara superioridade da DDM em relação à cicatrização espontânea, tanto na manutenção da altura quanto da largura óssea.

O estudo de Dubey et al. (2024), por exemplo, demonstrou que o grupo teste (DDM + PRF) apresentou uma taxa de preenchimento alveolar de 80,01%, significativamente superior ao grupo controle (cicatrização espontânea), que teve apenas 34,03% ( $p = 0.000$ ). A perda óssea vertical média foi de 0,975 mm no grupo teste versus 2,925 mm no grupo controle ( $p = 0.16$ ), indicando uma tendência favorável ao grupo tratado, embora sem significância estatística nesse parâmetro. A área do alvéolo também apresentou redução menos acentuada no grupo teste ( $33,270 \text{ mm}^2 \rightarrow 25,358 \text{ mm}^2$ ) comparado ao controle ( $43,483 \text{ mm}^2 \rightarrow 15,063 \text{ mm}^2$ ), com diferença estatística apenas no grupo tratado ( $p = 0.006$ ), sugerindo maior previsibilidade e estabilidade dimensional com o uso da dentina autóloga.

No estudo de Yang et al. (2023), que envolveu casos de periodontite severa, a DDM parcialmente desmineralizada (grupo teste) promoveu ganhos significativos de altura e largura óssea em praticamente todas as regiões avaliadas. Por exemplo, na parede vestibular mesial, o grupo teste apresentou um ganho de +0,37 mm, enquanto o grupo controle teve uma perda de -2,33 mm ( $p = 0.001$ ). Na largura a 1 mm da crista, os valores foram de +5,03 mm (teste) versus -1,98 mm (controle) ( $p < 0.001$ ). Estes resultados reforçam a capacidade tridimensional da DDM em preservar o rebordo alveolar mesmo em contextos clínicos adversos.

No ensaio de Hussain et al. (2023), a preservação horizontal foi significativamente melhor no grupo com dentina autóloga. A 2 mm do bordo gengival, a redução no grupo teste foi de 1,47 mm versus 3,54 mm no grupo controle ( $p = 0.0001$ ). A 5 mm, as perdas foram de 1,23 mm (teste) contra 2,24 mm (controle) ( $p = 0.0001$ ). Embora as perdas verticais não tenham alcançado significância estatística, os dados ainda apontam para melhor

contenção da reabsorção óssea com DDM.

O estudo de Elfana et al. (2021), focado exclusivamente na dentina autóloga desmineralizada, também evidenciou menor reabsorção óssea no grupo teste após seis meses. A largura vestibulo-lingual reduziu-se em apenas 1,02 mm (12,61%), enquanto a altura da parede vestibular caiu 0,72 mm (8,43%) e a lingual 0,56 mm (6,02%). Embora sem grupo controle numérico incluído nesta revisão, os resultados confirmam a eficácia regenerativa da DDM.

Já Beldhi et al. (2024) não compararam diretamente com cicatrização espontânea, mas observaram, no grupo tratado com DDM particulada + i-PRF, uma redução média de 1,37 mm em altura e 1,31 mm em largura após seis meses. Estes valores são compatíveis — e até inferiores — às perdas registadas nos grupos controle dos estudos anteriores, sugerindo que o uso da dentina autóloga resulta em melhores preservações volumétricas.

A literatura mais recente, como evidenciado na revisão sistemática de Mahendra et al. (2024), confirma que os enxertos de dentina demonstram, de modo geral, maiores percentagens de formação de novo osso, melhores ganhos volumétricos e menor reabsorção em comparação com biomateriais derivados de osso bovino ou alógenos. A revisão analisou 21 estudos clínicos e concluiu que a dentina derivada é um substituto ósseo promissor, combinando vantagens biológicas (osteoindução e osteocondução) com excelente biocompatibilidade.

Além das convergências observadas, as diferenças nos resultados entre os estudos incluídos podem ser explicadas por múltiplos fatores metodológicos e clínicos. Por exemplo, Yang et al. (2023) utilizaram a APDDM em alvéolos de molares gravemente comprometidos por periodontite, com até três paredes ósseas ausentes. Este tipo de defeito extenso, embora mais desafiante, paradoxalmente permite ganhos lineares e volumétricos mais expressivos medidos por CBCT, já que o enxerto preenche lacunas maiores. Nestes casos, Yang reportou ganhos horizontais até +5,20 mm e aumento volumétrico de +37% após 4 meses. Este resultado notável pode ser atribuído à técnica minuciosa de preparação com o sistema Bonmaker®, à utilização de colágeno como cobertura, à preservação parcial da matriz mineral da dentina e ao curto seguimento, que favorece a retenção de volume antes da fase mais intensa de remodelação. Já Hussain et al. (2023), embora também tenham utilizado dentina autóloga desmineralizada com um protocolo padronizado baseado no Smart Dentin Grinder (KometaBio®), relataram perdas horizontais residuais de 1,47 mm a 2 mm da crista. Apesar da granulometria

controlada (300–1200  $\mu\text{m}$ ) e da desinfecção padronizada com solução específica, a ausência de uma membrana bioativa de barreira (como colágeno ou PRF) e a não especificação dos tipos de dentes extraídos podem ter influenciado negativamente os resultados clínicos e dificultado a estabilidade tridimensional do enxerto. Elfana et al. (2021), por sua vez, aplicaram dentina desmineralizada em alvéolos de pré-molares e anteriores com menor comprometimento ósseo, utilizando membrana de colágeno como cobertura, o que pode justificar as perdas horizontais mínimas (1,02 mm) e verticais reduzidas (0,72 mm vestibular e 0,56 mm lingual). Já Dubey et al. (2024) combinaram dentina autóloga parcialmente com PRF, observando perdas verticais moderadas (0,975 mm) em comparação ao grupo controle (2,925 mm), embora sem avaliação direta da espessura horizontal. A desmineralização foi realizada com ácido láctico 1N por apenas 15 minutos, um protocolo que, devido ao tempo curto e à acidez moderada, não garante a remoção completa da componente mineral, justificando a classificação como parcialmente desmineralizada. Contudo, o seguimento prolongado de 12 meses pode ter permitido o avanço natural do processo de remodelação, justificando perdas superiores às observadas em estudos com tempos de avaliação mais curtos, como Yang ou Elfana. A ausência de avaliação da largura óssea e a heterogeneidade dos dentes extraídos também limitam a comparação direta com outros estudos. Finalmente, Beldhi et al. (2024) observaram reduções verticais de 1,37 mm mesmo com a adição de i-PRF, o que pode ser atribuído ao uso de dentina não completamente desmineralizada, maior variação no tipo de dente extraído e maior proporção de alvéolos posteriores.

Essas variações metodológicas — incluindo o grau de desmineralização, o uso de membrana ou PRF, o tipo de dente extraído, os tempos de seguimento e o processamento da dentina (Bonmaker®, Smart Dentin Grinder ou manuais) — influenciam diretamente os resultados em termos de regeneração. Dessa forma, a eficácia regenerativa da DDM deve ser sempre analisada à luz do contexto clínico e técnico em que é aplicada.

Importa ainda considerar que a eficácia clínica da dentina autóloga desmineralizada pode ser influenciada pelo modo como o dente é processado. Os diferentes métodos de limpeza, trituração, desmineralização e descontaminação utilizados nos dispositivos atualmente disponíveis resultam em enxertos com composições distintas, que variam quanto ao conteúdo mineral, à preservação das proteínas bioativas e à uniformidade das partículas. Além disso, o grau de automatização do processo pode impactar significativamente a reprodutibilidade do biomaterial final. Dispositivos automatizados com sistema fechado

e operação a baixa velocidade, como o *Tooth Transformer*®, realizam todo o ciclo de processamento de forma padronizada e controlada, incluindo a aplicação de soluções químicas específicas e etapas de esterilização integradas. Esse protocolo permite preservar proteínas osteoindutoras essenciais — como o BMP-2 —, manter uma granulometria ideal (400–800 µm) e garantir uma superfície com boa molhabilidade e estrutura porosa favorável à regeneração óssea. Consequentemente, a padronização do processamento tem um impacto direto na qualidade biológica do enxerto e na sua previsibilidade clínica (Inchingolo et al., 2023).

Para contextualizar estes resultados, é relevante comparar com dados adicionais da literatura. Minetti et al. (2022) reportaram uma média de 38% de osso vital e apenas 7% de material residual após regeneração com DDM associada ou não a membrana colagénica, resultados semelhantes aos obtidos com enxertos ósseos autólogos. Notavelmente, quando a membrana foi utilizada, a quantidade de osso vital quase quadruplicou (38% vs. 9%) e o material residual reduziu substancialmente (7% vs. 27%), evidenciando o papel das barreiras mecânicas na proteção do enxerto e na indução de regeneração óssea (Minetti et al., 2022).

De forma semelhante, a análise histológica de 178 casos conduzida por Minetti et al. (2024) revelou uma média de 40,59% de osso vital na mandíbula e 29,70% na maxila, mostrando que a DDM segue padrões anatómicos naturais de regeneração e adapta-se à morfologia óssea do local receptor.

Inchingolo et al. (2023), em uma revisão sistemática, destacam o papel biológico ativo da DDM, com sua composição rica em colagénio tipo I, hidroxiapatita e fatores de crescimento como BMP-2, TGF-β e IGF-II. Esses elementos são essenciais para a osteoindução e a substituição progressiva do enxerto por osso neoformado. A exposição dessas proteínas é potencializada pelo processo de desmineralização, o qual foi padronizado e automatizado por dispositivos como o *Tooth Transformer*®, garantindo reprodutibilidade clínica (Inchingolo et al., 2023; Minetti et al., 2023).

Comparando com outros biomateriais utilizados em regeneração óssea, a DDM oferece vantagens clínicas relevantes: é autóloga, economicamente viável, não induz resposta imune e evita a necessidade de colheita de osso em segunda área cirúrgica. Além disso, estudos como o de Minetti et al. (2023) demonstram que o tamanho das partículas geradas (400–800 µm) está de acordo com as recomendações da literatura para promover adesão celular e rápida vascularização.

Apesar das evidências consistentes, esta revisão reconhece algumas limitações: a heterogeneidade nos protocolos cirúrgicos (uso de membranas, PRF, i-PRF), variações nas regiões anatômicas tratadas, e o número relativamente reduzido de pacientes em alguns ensaios. Estes fatores limitam a generalização dos resultados e justificam a necessidade de estudos multicêntricos e randomizados com amostras maiores.

Ainda assim, os dados obtidos indicam, com razoável grau de evidência, que a DDM é uma solução regenerativa eficaz na preservação alveolar, apresentando resultados comparáveis — e muitas vezes superiores — aos biomateriais alógenos e xenógenos. A sua adoção clínica, especialmente quando associada a protocolos padronizados e barreiras colagénicas, representa uma alternativa segura, biocompatível e com elevado potencial de regeneração óssea funcional.

Futuros estudos randomizados controlados, com amostras maiores, maior tempo de acompanhamento e protocolos padronizados, são recomendados para consolidar a evidência existente e expandir a utilização clínica da DDM.

Esta revisão representa uma das poucas análises sistemáticas centradas exclusivamente na utilização da dentina autóloga desmineralizada em humanos, avaliando especificamente as variações de altura e largura com recurso à CBCT.



## 5. CONCLUSÃO

A presente revisão sistemática demonstra de forma inequívoca que a matriz de dentina autóloga desmineralizada (DDM) é uma solução regenerativa altamente eficaz para a preservação alveolar pós-extracional. Todos os estudos clínicos analisados revelam benefícios consistentes na manutenção das dimensões ósseas, com ganhos evidentes em altura e largura da crista alveolar, quando comparados à cicatrização espontânea.

Além dos resultados morfométricos favoráveis, a DDM destaca-se por reunir características que a posicionam como uma alternativa real e promissora ao enxerto ósseo autólogo. Com uma composição biologicamente ativa — rica em colagénio tipo I, hidroxiapatita e fatores de crescimento como BMP-2, TGF- $\beta$  e IGF-II —, a dentina oferece propriedades osteocondutivas e osteoindutivas intrínsecas, essenciais para o sucesso da regeneração óssea. Acrescem ainda as suas vantagens práticas: ausência de resposta imunológica, total biocompatibilidade, custo reduzido e eliminação da necessidade de intervenção numa segunda região cirúrgica.

Num cenário clínico onde pretende atingir cada vez mais previsibilidade, segurança e sustentabilidade, a dentina autóloga desmineralizada deixa de ser uma alternativa experimental e assume o estatuto de solução estratégica de primeira linha, especialmente quando processada de forma padronizada e associada a membranas colagénicas.

Apesar das limitações metodológicas identificadas entre os estudos incluídos — como o uso variável de adjuvantes, tipos de dentes e técnicas de processamento — os dados apresentados sustentam com robustez a eficácia da DDM. Reforça-se, no entanto, a importância de investigações futuras, randomizadas e multicêntricas, que explorem amostras maiores, protocolos uniformes e seguimentos prolongados para consolidar definitivamente este biomaterial no arsenal clínico da regeneração óssea.

A dentina autóloga desmineralizada não representa apenas uma opção viável: representa uma nova fronteira na regeneração tecidual — um recurso biológico inteligente, sustentável e oriundo do próprio paciente, capaz de redefinir os paradigmas atuais da medicina dentária regenerativa.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrektsson, T., & Johansson, C. (2001). Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *European Spine Journal*, 10(Suppl 2), S96–S101. <https://doi.org/10.1007/s005860100282>
- Araújo, M. G., & Lindhe, J. (2005). Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology*, 32(2), 212–218. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2005.00642.x>
- Avila-Ortiz, G., Elangovan, S., Kramer, K. W., Blanchette, D., & Dawson, D. V. (2014). Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Dental Research*, 93(10), 950–958. <https://doi.org/10.1177/0022034514541127>
- Barker, T. H., Stone, J. C., Sears, K., Klugar, M., Tufanaru, C., Leonardi-Bee, J., Aromataris, E., & Munn, Z. (2023). The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for randomized controlled trials. *JBI Evidence Synthesis*, 21(3), 494–506. <https://doi.org/10.11124/JBIES-22-00430>
- Beldhi, M., Penmetsa, G. S., Gottumukkala, S. N. V. S., Ramesh, K. S. V., Kumar P, M., & Manchala, B. (2024). Evaluation and comparison of autologous particulate dentin with demineralized freeze dried bone allograft in ridge preservation procedures - a prospective clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 28(9), 492. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05861-6>
- Castro, F., Bouzidi, A. S., Fernandes, J. C. H., Bottino, M. C., & Fernandes, G. V. O. (2023). Bone tissue regeneration in peri-implantitis: A systematic review of randomized clinical trials. *The Saudi Dental Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.05.022>
- Dubey, S. K., Bhowmik, S., Bose, M., Pal, P. C., Rajaram, S. S., Bali, A., & Nisha, S. (2024). Assessment of Autogenous Tooth Dentin Graft with Allogenic Bone Graft in the Preservation of Alveolar Ridge: A Clinicoradiographic Study. *Indian Journal of Dental Sciences*, 16(3), 119-125. [https://doi.org/10.4103/ijds.ijds\\_28\\_24](https://doi.org/10.4103/ijds.ijds_28_24)
- Elfana, A., El-Kholy, S., Saleh, H. A., & Fawzy El-Sayed, K. (2021). Alveolar ridge preservation using autogenous whole-tooth versus demineralized dentin grafts: A randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 32(5), 539–548. <https://doi.org/10.1111/clr.13722>
- Fernandes, G. V. O., Castro, F., Pereira, R. M., Teixeira, W., Gehrke, S., Joly, J. C., Blanco Carrion, J., & Fernandes, J. C. H. (2023). Critical-size defects reconstruction with four different bone grafts associated with e-PTFE membrane: A histomorphometric experimental in vivo study. *Clinical Oral Implants Research*, 00, 1–12. <https://doi.org/10.1111/clr.14210>
- Horváth, A., Mardas, N., Mezzomo, L. A., Needleman, I. G., & Donos, N. (2013). Alveolar ridge preservation. A systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 17(2), 341–363. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0758-5>

- Hussain, A. A., Al-Quisi, A. F., & Abdulkareem, A. A. (2023). Efficacy of Autogenous Dentin Biomaterial on Alveolar Ridge Preservation: A Randomized Controlled Clinical Trial. *BioMed Research International*, 2023, 7932432. <https://doi.org/10.1155/2023/7932432>
- Inchingolo, A. M., Patano, A., Di Pedde, C., Inchingolo, A. D., Palmieri, G., de Ruvo, E., Campanelli, M., Buongiorno, S., Carpentiere, V., Piras, F., Settanni, V., Viapiano, F., Hazballa, D., Rapone, B., Mancini, A., Di Venere, D., Inchingolo, F., Fatone, M. C., Palermo, A., Minetti, E., Lorusso, F., Scarano, A., Sauro, S., Tartaglia, G. M., Bordea, I. R., Dipalma, G., & Malcangi, G. (2023). Autologous tooth graft: Innovative biomaterial for bone regeneration. Tooth Transformer® and the role of microbiota in regenerative dentistry. A systematic review. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(3), 132. <https://doi.org/10.3390/jfb14030132>
- Kim, Y. K., Lee, J., Um, I. W., Kim, K. W., Murata, M., Akazawa, T., & Mitsugi, M. (2013). Tooth-derived bone graft material. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 39(3), 103–111. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2013.39.3.103>
- Mahendra, D. A., Bilbalqish, K., Nugraha, A. P., Cahyanto, A., Sengupta, K., Hanna, K., Meizarini, A., & Hariyani, N. (2024). Dentin-derived alveolar bone graft for alveolar augmentation: A systematic review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 14(4), 395–406. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2024.05.005>
- Minetti, E., Gianfreda, F., Palermo, A., & Bollero, P. (2022). Autogenous Dentin Particulate Graft for Alveolar Ridge Augmentation with and without Use of Collagen Membrane: Preliminary Histological Analysis on Humans. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(12), 4319. <https://doi.org/10.3390/ma15124319>
- Minetti, E., Palermo, A., & Berardini, M. (2023). Comparison of Different Techniques in Post-Extractive Socket Regeneration Using Autologous Tooth Graft: Histological and Clinical Outcomes. *European Journal of Dentistry*, 18(2), 477–484. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1772251>
- Minetti, E., Gianfreda, F., Bollero, P., Annicchiarico, C., Daniele, M., Padula, R., & Mastrangelo, F. (2024). Comparative Histological Analysis of Dentine-Derived Tooth Grafts in Maxillary vs Mandibular Socket Preservation: A Retrospective Study of 178 Cases. *Dentistry journal*, 12(10), 320. <https://doi.org/10.3390/dj12100320>
- Pagni, G., Pellegrini, G., Giannobile, W. V., & Rasperini, G. (2012). Postextraction alveolar ridge preservation: biological basis and treatments. *International Journal of Dentistry*, 2012, 151030. <https://doi.org/10.1155/2012/151030>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pasqualini, E., Castro, F., Curado, D., Marteleite, A., Heboyan, A., Saleh, M. H., Fernandes, J. C. H., & Fernandes, G. V. O. (2024). Minimally invasive periodontal regeneration with the buccal approach: a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Evidence-Based Dentistry*. <https://doi.org/10.1038/s41432-023-00964-7>

- Picone, A., Castro, F., Falcão, A., Medina, J. G., Minetti, E., Fernandes, J. C. H., & Fernandes, G. V. O. (2024). Autogenous tooth graft biomaterial in guided bone regeneration: A comprehensive review. *Surgeries*, 5(4), 929–947. <https://doi.org/10.3390/surgeries5040075>
- Schmitt, C. M., Moest, T., Lutz, R., Neukam, F. W., & Schlegel, K. A. (2015). Anorganic bovine bone (ABB) vs. autologous bone (AB) plus ABB in maxillary sinus grafting. A prospective non-randomized clinical and histomorphometrical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 26(9), 1043–1050. <https://doi.org/10.1111/clr.12396>
- Sheikh, Z., Javaid, M. A., Hamdan, N., & Hashmi, R. (2015). Bone Regeneration Using Bone Morphogenetic Proteins and Various Biomaterial Carriers. *Materials (Basel, Switzerland)*, 8(4), 1778–1816. <https://doi.org/10.3390/ma8041778>
- Tan, W. L., Wong, T. L., Wong, M. C., & Lang, N. P. (2012). A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clinical Oral Implants Research*, 23 Suppl 5, 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2011.02375.x>
- Van der Weijden, F., Dell'Acqua, F., & Slot, D. E. (2009). Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*, 36(12), 1048–1058. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2009.01482.x>
- Yang, F., Ruan, Y., Bai, X., Li, Q., Tang, X., Chen, J., Chen, Y., & Wang, L. (2023). Alveolar ridge preservation in sockets with severe periodontal destruction using autogenous partially demineralized dentin matrix: A randomized controlled clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 25(6), 1019–1032. <https://doi.org/10.1111/cid.13247>