



ENXERTOS ÓSSEOS ALÓGENOS NA REGENERAÇÃO ÓSSEA ODONTOLÓGICA: uma análise no panorama atual

ANNY KAROLINE DA SILVA NELSON¹
MARCIO SOLDATELLI STUDZINSKI²

RESUMO: O presente trabalho aborda a regeneração óssea na odontologia, focando na aplicabilidade dos enxertos alogênicos como alternativa aos enxertos autógenos. A revisão justifica a preferência pelos enxertos alogênicos, enfatizando sua eficácia, disponibilidade e menor morbidade associada à ausência de um segundo local cirúrgico para coleta do material, o que contrasta com as limitações dos enxertos autógenos. A pesquisa foi desenvolvida através de uma abordagem bibliográfica qualitativa, com a seleção de estudos dos últimos 10 anos, integrando dados de ensaios clínicos, relatos de caso e artigos científicos, oriundos de bases como PubMed, Lilacs, Scielo e Google Acadêmico. Os critérios de inclusão consideraram publicações em inglês e português que abordassem a eficácia, segurança e aplicações clínicas dos enxertos alogênicos na odontologia regenerativa. No campo da literatura, são discutidas diversas técnicas cirúrgicas para aumento ósseo, como o uso de blocos alogênicos, a técnica “sanduíche”, a abordagem de concha, e a integração com biomateriais e agentes biológicos, que potencializam a formação de novo osso e a estabilidade dos enxertos. Além disso, o estudo analisa os mecanismos de integração e remodelação óssea, evidenciando a importância de protocolos de cicatrização adequados para a obtenção de resultados clínicos satisfatórios. Conclui-se que os enxertos alogênicos representam uma estratégia promissora para a regeneração óssea, sendo viáveis e seguras, e que seu sucesso depende de um planejamento individualizado e da correta aplicação das técnicas cirúrgicas específicas.

Palavras-Chave: Enxertos alógenos. Regeneração óssea. Cirurgia Oral.

ALLOGENOUS BONE GRAFTS IN DENTAL BONE REGENERATION: an analysis of the current overview

ABSTRACT: This study investigates bone regeneration in dentistry, focusing on the use of allogeneic bone grafts as an effective alternative to autogenous grafts. The review highlights the advantages of allogeneic grafts, such as their efficacy, availability, and reduced morbidity resulting from the elimination of a donor-site surgery, in contrast to the limitations associated with autogenous grafts. A qualitative bibliographic research was performed, selecting studies from the last 10 years using databases such as PubMed, Lilacs, SciELO, and Google Scholar. Inclusion criteria focused on English and Portuguese articles that presented evidence regarding the efficacy, safety, and clinical applications of allogeneic bone grafts in regenerative dentistry. The literature discusses various surgical techniques for bone augmentation, including the use of allogeneic blocks, the “sandwich” technique, the shell technique, and the integration with biomaterials and biological agents, which enhance new bone formation and graft stability. Moreover, the study examines the mechanisms involved

¹ Acadêmica de Graduação. Curso de Odontologia, Centro Universitário Fasipe – UNIFASIFE. Endereço eletrônico: annynelson1425@gmail.com

² Professor Mestre. Curso de Odontologia, Centro Universitário Fasipe - UNIFASIFE. Endereço eletrônico: marcio.studzinski@hotmail.com



in graft integration and bone remodeling, stressing the importance of proper healing protocols for achieving satisfactory clinical outcomes. In conclusion, allogeneic bone grafts represent a promising and safe strategy for bone regeneration, provided that individualized planning and specific surgical techniques are properly applied.

Keywords: Allogeneic grafts. Bone regeneration. Oral surgery.

1 INTRODUÇÃO

A regeneração óssea se caracteriza como um processo natural essencial em procedimentos odontológicos que requerem a restauração do volume ósseo, como implantes dentários e reconstruções maxilofaciais. Para que aconteça a regeneração do tecido, é necessário a proliferação de células ósseas (osteoblastos), a formação de matriz extracelular e mineralização e revascularização do tecido ósseo, sendo que falhas nestes mecanismos podem resultar na deficiência de restauração tecidual. Neste cenário, os enxertos ósseos são uma solução fundamental para essas deficiências, com os enxertos alógenos ganhando destaque devido à sua eficácia e disponibilidade (Chiapasco; Casentini, 2018).

Os enxertos ósseos alógenos, provenientes de doadores humanos, são especialmente tratados para reduzir riscos imunológicos e aumentar a biocompatibilidade, facilitando a integração com o tecido hospedeiro. Esses materiais são amplamente utilizados em tratamentos odontológicos, representando uma alternativa aos enxertos autógenos, que embora eficazes, estão associados a uma maior morbidade no local de doação (Baldwin *et al.*, 2019).

A seleção do enxerto ósseo mais adequado representa, ainda hoje, um dos principais desafios enfrentados na prática odontológica, sobretudo diante da diversidade de materiais disponíveis e das distintas exigências clínicas de cada caso. Embora os enxertos autógenos sejam tradicionalmente considerados o padrão-ouro, sobretudo por suas reconhecidas propriedades osteogênicas, sua obtenção implica a realização de um segundo procedimento cirúrgico, frequentemente associado a maior complexidade técnica, aumento da morbidade e desconforto ao paciente. Nesse cenário, os enxertos alógenos têm sido propostos como alternativa viável, principalmente por dispensarem a necessidade de um sítio doador adicional.

O uso de enxertos ósseos alogênicos na odontologia constitui uma alternativa relevante aos enxertos autógenos. Os benefícios dos enxertos autógenos incluem mecanismos osteogênicos, osteoindutores e osteocondutores, mas um segundo local cirúrgico para coleta do enxerto aumenta a morbidade e pode causar dor significativa para o paciente. Em contraste, como esses enxertos alogênicos são obtidos de doadores humanos, eles fornecem tratamento eficaz. Um resultado particularmente bom em relação à regeneração óssea foi relatado em estudos sobre materiais seguros com técnicas de processamento recentes para garantir a eliminação de potenciais agentes infecciosos e melhorar a biocompatibilidade dos enxertos (Schmitt *et al.*, 2016).

Desse modo, o presente artigo tem como objetivo, discutir a aplicabilidade dos enxertos ósseos alógenos na odontologia regenerativa, direcionando a construção sólida de práticas clínicas mais seguras e eficazes.

Sendo assim, este estudo é apresentado na formação de uma revisão de literatura do tipo narrativa, desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa, com o intuito de reunir, analisar e discutir criticamente as evidências científicas existentes acerca da



utilização dos enxertos ósseos alógenos nos procedimentos de regeneração óssea odontológica. Esse tipo de revisão é amplamente empregado em trabalhos acadêmicos de conclusão de curso, por possibilitar uma análise abrangente e contextualizada da produção intelectual sobre um determinado tema, sem a rigidez metodológica exigida pelas revisões sistemáticas ou integrativas. A revisão narrativa permite ao pesquisador construir um panorama teórico que auxilie na compreensão dos principais conceitos, técnicas, limitações e avanços relacionados ao objeto de estudo, com base na literatura existente (Rother, 2007)

Para a realização desta pesquisa, foi conduzido um levantamento bibliográfico em bases de dados eletrônicas reconhecidas pela comunidade científica, selecionadas por sua relevância na área da saúde e odontologia, sendo elas: PubMed, SciELO, Lilacs e Google Acadêmico. As buscas foram realizadas utilizando-se os seguintes descritores, combinados por meio de operadores booleanos: "allogeneic bone graft" AND "dentistry" OR "bone regeneration". A escolha desses termos teve como objetivo abranger tanto os artigos mais diretamente vinculados ao tema quanto estudos correlatos que pudessem contribuir para uma análise mais abrangente do uso clínico e biológico dos enxertos alógenos.

Os critérios de inclusão adotados contemplaram publicações científicas disponíveis em acesso completo, redigidas nos idiomas português e inglês, publicadas no intervalo dos últimos dez anos, e que apresentassem dados relevantes relacionados à eficácia, segurança, aplicabilidade clínica e desempenho dos enxertos ósseos alógenos em contextos odontológicos. Foram considerados elegíveis ensaios clínicos randomizados, estudos observacionais, revisões de literatura previamente publicadas, relatos de caso e séries de casos, desde que alinhados à temática central desta pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Enxertos Ósseos na Odontologia

Na regeneração óssea odontológica, diversos tipos de enxertos têm sido empregados com o objetivo de promover a neoformação óssea em áreas com perda de volume ou arquitetura comprometida. Dentre as opções disponíveis, os enxertos autógenos, alógenos e xenógenos destacam-se por apresentarem propriedades biológicas distintas e indicações específicas de uso (Misch; Dietsh, 1993). Os enxertos autógenos, obtidos do próprio paciente, permanecem como o padrão ouro devido à sua capacidade de formar osso por mecanismos de osteogênese, osteoindução e osteocondução. Essa característica os torna altamente eficazes na regeneração de defeitos ósseos, especialmente por conterem células osteoprogenitoras viáveis e fatores de crescimento endógenos (Baldwin *et al.*, 2019). No entanto, sua obtenção exige um segundo sítio cirúrgico, o que implica em maior morbidade para o paciente, risco de complicações no local doador e limitação quanto ao volume disponível, o que pode ser um entrave em casos de perdas extensas (Baldwin *et al.*, 2019; Tavelli *et al.*, 2022). Apesar da eficácia, essas limitações têm impulsionado a busca por alternativas que reduzam o impacto cirúrgico sem comprometer os resultados regenerativos.

Os enxertos alógenos, derivados de tecido humano doado, têm se consolidado como uma alternativa eficaz aos enxertos autógenos, especialmente por eliminarem a necessidade de um segundo sítio cirúrgico e, consequentemente, reduzirem a morbidade associada ao procedimento. A literatura demonstra que, apesar de sua limitada capacidade osteoindutiva devido aos métodos de processamento, esses biomateriais preservam suas propriedades osteocondutivas e oferecem suporte estrutural adequado em diversas



aplicações clínicas. Em um estudo histológico e imuno histoquímico conduzido com rigor metodológico, Solakoglu *et al.* (2019) demonstraram que dois tipos de enxertos particulados alógenos apresentaram resultados equivalentes quanto à formação de osso novo, remodelação óssea ativa e ausência de resposta inflamatória significativa, indicando que, mesmo sem a presença de resíduos imunogênicos como MHC1, ambos os materiais foram integrados com segurança e eficácia ao tecido receptor. De modo semelhante, Baldwin *et al.* (2019) destacam que os enxertos alógenos, embora não possuam propriedades osteogênicas próprias, constituem uma alternativa clínica viável por sua disponibilidade, segurança e aplicabilidade em contextos onde o enxerto autógeno não é indicado, reforçando sua utilidade em cirurgias reconstrutivas, inclusive com potencial para fornecer suporte mecânico quando utilizados na forma estrutural.

O estudo conduzido por Ferraz (2023) apresenta uma análise abrangente dos principais tipos de materiais utilizados na regeneração óssea em odontologia, destacando os enxertos autógenos, alógenos, xenógenos e sintéticos. A autora evidencia que a seleção do material ideal para o enxerto ósseo está intrinsecamente relacionada à extensão do defeito, viabilidade tecidual, formato, volume e condições biomecânicas da área a ser tratada.

Em relação aos enxertos alógenos, Ferraz (2023) ressalta que esses materiais são derivados de doadores humanos e passam por rigorosos processos de triagem e esterilização para reduzir riscos imunológicos e de transmissão de doenças. Embora sejam osteocondutivos e, em certa medida, osteoindutivos, sua composição genética distinta pode gerar questionamentos quanto à compatibilidade imunológica. O processamento necessário para torná-los seguros pode comprometer suas propriedades biológicas e mecânicas. Ainda que apresentem vantagens como maior disponibilidade e eliminação da necessidade de um segundo sítio cirúrgico, os enxertos alógenos não possuem potencial osteogênico e, por isso, sua eficácia é limitada em situações clínicas que demandam regeneração óssea acelerada e volumosa. Além disso, fatores culturais, religiosos e éticos também podem influenciar na aceitação desses materiais por parte dos pacientes, exigindo do profissional uma escolha criteriosa e baseada em evidências.

A seleção do tipo de enxerto ósseo deve ser orientada pelas particularidades clínicas de cada caso, considerando-se fatores como a extensão do defeito ósseo, o tempo necessário para a cicatrização e os riscos associados à morbidade no sítio doador (Zhao *et al.*, 2021). Os enxertos alógenos e xenógenos, nesse contexto, mostram-se especialmente indicados em situações nas quais o enxerto autógeno não é viável, seja pela limitação na quantidade de osso disponível, seja pelos potenciais efeitos adversos decorrentes da coleta, como dor, infecção ou comprometimento funcional da área doadora (Zhao *et al.*, 2021). Além disso, esses materiais representam uma alternativa eficaz quando se busca evitar os riscos imunológicos e as limitações logísticas dos enxertos autógenos, sobretudo em defeitos ósseos de maior complexidade ou em pacientes com contraindicações sistêmicas para cirurgias adicionais.

2.2 Aumento Ósseo com Enxertos Alógenos

A abordagem cirúrgica para o aumento ósseo com enxertos alógenos tem se mostrado eficaz, especialmente em situações que envolvem deficiências ósseas significativas, tanto horizontais quanto verticais. A utilização de enxertos alógenos, principalmente em bloco, tem se destacado entre as técnicas de reconstrução da crista alveolar por apresentar vantagens relacionadas à previsibilidade dos resultados e à ausência de necessidade de área doadora, como ocorre com os enxertos autógenos. Essa



característica reduz substancialmente a morbidade cirúrgica, o que pode impactar positivamente na aceitação por parte dos pacientes e na recuperação pós-operatória.

Entre os métodos mais amplamente estudados, o uso de blocos ósseos alo gênicos tem sido um dos mais explorados na literatura recente. Leong *et al.* (2015) conduziram um ensaio clínico randomizado com o objetivo de comparar a eficácia de duas técnicas distintas de aumento vertical da crista óssea posterior mandibular: o enxerto em bloco de aloenxerto mineralizado humano (BA) e a técnica de aumento ósseo tipo sanduíche (SBA), que combinava aloenxerto particulado com membrana reabsorvível. O estudo incluiu dezesseis pacientes sistemicamente saudáveis, totalizando dezenove sítios edêntulos posteriores que apresentavam deficiência vertical moderada. Após um período médio de 6,8 meses, os resultados demonstraram que, embora ambas as técnicas tenham proporcionado aumento ósseo vertical, o grupo BA apresentou ganho ósseo significativamente superior, com média de 1,78 mm clinicamente e 1,958 mm por tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), em comparação a 1,0 mm e 0,958 mm, respectivamente, no grupo SBA.

Contudo, os autores também observaram que a técnica com bloco alógeno apresentou uma taxa consideravelmente mais elevada de complicações cirúrgicas, particularmente deiscência da linha de incisão e exposição do enxerto, ocorrendo em 77,8% dos casos do grupo BA contra apenas 30% no grupo SBA, uma diferença estatisticamente significativa ($P = 0,037$). A exposição do enxerto teve impacto negativo sobre o ganho ósseo em ambos os grupos, mas afetou mais intensamente os casos tratados com BA. Apesar disso, quando a cicatrização ocorreu sem exposição do enxerto, os ganhos ósseos no grupo BA foram substancialmente maiores, chegando a uma diferença de 3,22 mm em relação ao grupo SBA ($P = 0,041$), o que ressalta a importância da manutenção da cobertura tecidual primária para o sucesso do procedimento Leong *et al.* (2015).

Além dos aspectos cirúrgicos, o estudo também investigou a influência da largura da gengiva queratinizada (KG) e da espessura do retalho (FT) sobre a ocorrência de complicações. Embora os dados não tenham alcançado significância estatística, observou-se uma tendência de maior incidência de exposição do enxerto em sítios com KG e FT inferiores a 4 mm. Isso sugere que características teciduais favoráveis podem contribuir para a estabilidade do enxerto e a eficácia da regeneração óssea. Os autores concluíram que, apesar da maior complexidade e risco da técnica com bloco alógeno, esta pode ser preferida em casos nos quais o ganho vertical é prioritário, desde que se consiga controlar rigorosamente a cicatrização tecidual e evitar exposições, consolidando o BA como uma alternativa viável e potencialmente mais eficiente à técnica SBA Leong *et al.* (2015).

Além da técnica empregada, o preparo do leito receptor tem sido alvo de estudos que buscam compreender sua real influência sobre os resultados da regeneração óssea guiada. Tresguerres *et al.* (2021) realizaram um ensaio clínico randomizado com o objetivo de investigar o impacto das perfurações corticais no leito ósseo receptor previamente à instalação de blocos esponjosos de aloenxerto na maxila. A amostra foi composta por vinte e seis pacientes, que receberam um total de 110 blocos alo gênicos, os quais foram submetidos a um período de cicatrização de quatro meses antes da instalação dos implantes. A comparação entre o grupo teste, que recebeu perfurações corticais, e o grupo controle, que manteve a cortical íntegra, revelou ausência de diferenças estatisticamente significativas nos desfechos avaliados, tanto nos parâmetros clínicos quanto nos histológicos e radiográficos. Dentre os achados, destaca-se a taxa de sobrevivência de 100% dos implantes em ambos os grupos após 24 meses de acompanhamento, o que atesta a previsibilidade clínica da técnica, independentemente da realização de perfurações.



Sob o ponto de vista histomorfométrico, os dados obtidos por meio de biópsias ósseas demonstraram porcentagens semelhantes de osso neoformado nos dois grupos, com médias de 25,7% no grupo com perfurações e 22,3% no grupo sem perfurações. De maneira similar, a quantidade de tecido mole e o percentual de aloenxerto remanescente não apresentaram variações relevantes entre os grupos, reforçando a conclusão de que as perfurações corticais não influenciaram significativamente o processo de regeneração. A análise imunohistoquímica para detecção de vasos CD34 positivos, indicativos de angiogênese, também corroborou esses achados, revelando densidades vasculares próximas entre os grupos, o que sugere que o estímulo à vascularização promovido pelas perfurações não foi suficiente para alterar o padrão de revascularização dos blocos enxertados (Tresguerres et al., 2021).

A análise complementar por microtomografia computadorizada reforçou os dados histológicos, evidenciando que os parâmetros tridimensionais do tecido ósseo regenerado, como volume ósseo por volume tecidual (BV/TV), espessura e separação trabecular, foram semelhantes nos dois grupos. Esses resultados, somados à ausência de complicações cirúrgicas relevantes e à incorporação clínica adequada dos blocos enxertados, permitiram aos autores concluir que a perfuração da cortical do leito receptor na maxila não promoveu benefícios adicionais em termos de formação óssea ou angiogênese. Dessa forma, a realização desse procedimento pode ser dispensável em muitos casos, especialmente quando se utiliza enxertos esponjosos de origem alogênica, cuja estrutura porosa favorece naturalmente a revascularização e a integração tecidual (Tresguerres et al., 2021).

Outro avanço significativo na técnica de reconstrução com aloenxertos foi relatado por Wang *et al.* (2023), que realizaram um ensaio clínico randomizado comparando os resultados clínicos e radiográficos do uso de blocos ósseos personalizados de origem alogênica (Customized Allogeneic Bone Blocks – CABBs) com os blocos autógenos tradicionalmente utilizados (Autogenous Bone Blocks – ABBs) em procedimentos de aumento de crista alveolar. A amostra foi composta por vinte e quatro pacientes que completaram o acompanhamento de seis meses. Os resultados evidenciaram que o grupo tratado com CABBs obteve um ganho ósseo horizontal significativamente superior a 1 mm abaixo da crista alveolar, com média de $4,29 \pm 1,48$ mm, em contraste com os $1,12 \pm 3,25$ mm observados no grupo ABB. Além disso, o percentual de reabsorção óssea horizontal foi substancialmente menor no grupo CABB, com média de $42,15 \pm 14,03\%$, enquanto no grupo ABB o índice atingiu $92,52 \pm 55,78\%$, indicando uma maior estabilidade volumétrica dos enxertos alogênicos personalizados.

2.3 Integração e Remodelação Óssea

As interações biológicas entre os enxertos alógenos e o tecido ósseo receptor representam uma das etapas mais determinantes para o sucesso das técnicas de regeneração óssea em odontologia. A eficácia clínica e a previsibilidade dos resultados a longo prazo estão diretamente relacionadas à capacidade do material enxertado de se integrar ao osso do hospedeiro, promovendo uma remodelação adequada sem desencadear reações imunológicas ou falhas na cicatrização. Os mecanismos envolvidos nesse processo, como a formação de novo osso, a reabsorção gradual do enxerto e a incorporação tecidual, vêm sendo amplamente estudados, o que tem permitido avanços importantes na compreensão da biocompatibilidade e do comportamento biológico dos diferentes tipos de aloenxertos disponíveis no mercado (Solakoglu et al., 2019).

Um exemplo significativo desse tipo de investigação é o estudo conduzido por Solakoglu *et al.* (2019), que realizou uma comparação histológica, imunohistoquímica e



histomorfométrica entre dois materiais alógenos particulados comercialmente disponíveis, aplicados em procedimentos de aumento ósseo lateral da crista alveolar. Vinte pacientes foram randomizados para receber enxertos com Maxgraft ou Puros, submetendo-se posteriormente a biópsias no momento da instalação dos implantes, após período médio de cicatrização de cinco meses. Os autores constataram que ambos os materiais resultaram em adequada formação de osso novo, com ausência de eventos adversos e integração satisfatória dos enxertos. As análises histológicas revelaram osteogênese ativa ao redor dos grânulos alógenos, com formação de trabéculas ósseas e remodelação progressiva para osso lamelar, sem sinais de necrose ou alterações patológicas relevantes.

No aspecto quantitativo, a análise histomorfométrica apontou que a proporção média de osso neoformado foi de 41% para o grupo Maxgraft e 27% para o grupo Puros, enquanto a quantidade de material remanescente foi similar entre os grupos, cerca de 14% e 13%, respectivamente. Apesar dessas diferenças numéricas, os dados não apresentaram significância estatística, sugerindo uma variação interindividual natural na resposta à regeneração. Importante ressaltar que nenhum dos materiais apresentou detecção de moléculas do complexo principal de histocompatibilidade tipo I (MHC I), nem houve evidência de reações imunológicas relevantes nas biópsias analisadas. A imunohistoquímica demonstrou ainda boa expressão de marcadores osteogênicos, como fosfatase alcalina, osteocalcina e colágeno tipo I, confirmando a capacidade dos enxertos em promover uma regeneração óssea funcional sem desencadear resposta inflamatória significativa (Solakoglu et al., 2019).

Outro dado de destaque refere-se à avaliação da resposta inflamatória e vascular. Foram observadas infiltrações celulares discretas em poucos casos, predominantemente leves e sem caráter patológico, e a ausência de células gigantes multinucleadas ou resposta de corpo estranho. Além disso, a análise do fator de von Willebrand evidenciou uma vascularização moderada a intensa nas áreas enxertadas, o que reforça a viabilidade biológica dos materiais utilizados. Diante desses achados, os autores concluem que ambos os materiais alógenos estudados apresentaram desempenho clínico e biológico equivalente, com evidências de segurança imunológica e integração tecidual eficaz, configurando-se como alternativas confiáveis para procedimentos de regeneração óssea alveolar (Solakoglu et al., 2019).

Outro estudo que corrobora esses resultados é o de Deluiz *et al.* (2016), que conduziram um ensaio clínico randomizado para investigar a incorporação e remodelação de blocos alógenos frescos congelados utilizados em procedimentos de aumento da maxila em pacientes com reabsorção alveolar severa. Sessenta e seis pacientes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos, de acordo com o tempo de espera entre a cirurgia de enxertia e a instalação dos implantes: quatro meses para o Grupo 1 e seis meses para o Grupo 2. A avaliação volumétrica por tomografia computadorizada de feixe cônico revelou que o Grupo 1 apresentou uma taxa média de reabsorção significativamente inferior ($13,98\% \pm 5,59$) em comparação ao Grupo 2 ($31,52\% \pm 6,31$), sugerindo que o prolongamento do período de cicatrização pode intensificar a perda volumétrica do enxerto, sem necessariamente trazer benefícios adicionais em termos de incorporação tecidual.

Do ponto de vista histológico e histomorfométrico, ambos os grupos apresentaram resultados bastante semelhantes, sem diferenças estatisticamente significativas quanto à quantidade de tecido calcificado, osso novo ou partículas remanescentes do enxerto. As médias de tecido ósseo recém-formado foram de 20,8% no Grupo 1 e 27,2% no Grupo 2, enquanto a quantidade de tecido calcificado total ficou em torno de 45% para ambos os grupos. A análise das amostras demonstrou áreas bem definidas de neoformação óssea,



presença de osteócitos e osteoblastos viáveis, além de abundantes vasos sanguíneos entre as trabéculas, o que reforça o potencial osteocondutivo dos blocos alógenos utilizados. Os remanescentes do enxerto foram visíveis em ambas as coortes e caracterizados por lacunas de osteócitos vazias, compatíveis com áreas ainda não completamente remodeladas (Deluiz et al., 2016).

Além disso, a análise imunohistoquímica revelou expressão positiva da proteína podoplanina em ambos os grupos, indicativa da atividade funcional dos osteócitos nas regiões enxertadas. Esta marcação foi observada em áreas de osso imaturo e lamelar, sinalizando a manutenção de funções fisiológicas essenciais no processo de regeneração óssea. Em termos clínicos, a taxa cumulativa de sobrevivência dos implantes foi de 94,76%, com os implantes apresentando torque de inserção adequado e boa estabilidade primária no momento da instalação. Esses achados demonstram que, independentemente do tempo de cicatrização adotado, os blocos alógenos frescos congelados promoveram uma regeneração óssea eficaz e compatível com a instalação bem-sucedida de implantes, reforçando sua aplicabilidade como alternativa viável e previsível nas reconstruções alveolares da maxila (Deluiz et al., 2016).

A influência de elementos adicionais no processo de remodelação óssea foi analisada por Fu *et al.* (2015), que investigaram a eficácia da técnica de aumento ósseo tipo sanduíche (SBA) na regeneração de defeitos de deiscência bucal em sítios de implante, com ênfase na presença ou ausência de membrana de pericárdio bovino como elemento de barreira. Vinte e seis pacientes foram randomizados para dois grupos experimentais, ambos recebendo enxertos particulados de aloenxerto mineralizado de origem humana, aplicados em camadas interna e externa. No grupo teste, os enxertos foram cobertos por membrana de colágeno, enquanto no grupo controle não houve uso de membrana. Após seis meses de cicatrização, observou-se ganho significativo de espessura óssea bucal nos níveis de 2, 4 e 6 mm apicais à crista óssea no grupo com membrana, com médias superiores em 1,12 mm, 2,21 mm e 2,44 mm, respectivamente, em relação ao grupo sem membrana.

Os estudos mais recentes apontam, de forma cada vez mais consistente, que os enxertos ósseos alogênicos, quando indicados de maneira adequada e aplicados sob técnica cirúrgica rigorosa, são capazes de promover regeneração óssea estável e de qualidade (Kämmerer et al., 2022).

2.4 Combinação de Biomateriais e Agentes Biológicos na Regeneração Óssea

A combinação de biomateriais com agentes biológicos representa uma evolução significativa nas estratégias de regeneração óssea aplicadas na odontologia contemporânea. Essa abordagem visa não apenas substituir ou reparar tecidos ósseos perdidos, mas também estimular ativamente a formação de novo osso por meio da atuação sinérgica entre estruturas físicas (biomateriais) e mediadores biológicos capazes de induzir e acelerar os processos regenerativos. Entre os agentes mais utilizados nesse contexto destacam-se a fibrina rica em plaquetas (PRF), o plasma rico em plaquetas (PRP) e o fator de crescimento derivado de plaquetas recombinante humano (rhPDGF-BB). Quando associados aos enxertos ósseos, sobretudo os de origem alógena, esses agentes promovem um microambiente favorável para a proliferação celular, angiogênese e diferenciação osteoblástica, contribuindo de maneira decisiva para o sucesso clínico dos procedimentos regenerativos (Tavelli *et al.*, 2022; Attar *et al.*, 2017; Gurlier; Delilbasi, 2016).

Estudos clínicos e experimentais vêm demonstrando, de forma crescente, que a integração entre aloenxertos e fatores de crescimento potencializa significativamente a



formação de osso novo, aumenta a densidade óssea obtida e reduz o tempo necessário para a cicatrização. Attar *et al.* (2017) conduziram um ensaio clínico randomizado com o objetivo de comparar a eficácia de duas abordagens cirúrgicas na regeneração de defeitos alveolares unilaterais: o uso isolado de enxerto ósseo da crista ilíaca e a combinação de osso da sínfise mentoniana, material alógeno e fibrina rica em plaquetas e leucócitos (L-PRF). A amostra foi composta por vinte pacientes, igualmente distribuídos entre os dois grupos, com idade média próxima a 9,5 anos. O volume inicial dos defeitos alveolares foi semelhante entre os grupos, situando-se em torno de $0,89 \pm 0,29 \text{ cm}^3$ no grupo que recebeu a combinação com PRF e $0,95 \pm 0,27 \text{ cm}^3$ no grupo que recebeu enxerto ilíaco.

Após um ano de acompanhamento clínico e tomográfico, os autores observaram que a taxa de regeneração óssea foi de 69,5% no grupo tratado com a combinação de osso mentoniano, aloenxerto e L-PRF, enquanto no grupo que recebeu enxerto ilíaco essa taxa foi de 73,8%. Embora ligeiramente inferior, o desempenho do grupo experimental demonstrou resultados regenerativos comparáveis aos do enxerto considerado padrão ouro, sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Esses achados sugerem que a associação de diferentes fontes de enxerto com fatores de crescimento pode representar uma alternativa viável e menos invasiva à técnica convencional, especialmente em defeitos de pequeno a moderado volume. Além disso, a combinação testada mostrou-se eficaz em termos de formação volumétrica óssea, com potencial de reduzir a necessidade de enxertos de áreas doadoras mais extensas, como a crista ilíaca, o que pode beneficiar o paciente ao diminuir a morbidade pós-operatória e a complexidade do procedimento (Attar *et al.*, 2017).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A regeneração óssea guiada representa, atualmente, um dos maiores avanços na odontologia moderna, especialmente no contexto dos procedimentos reconstrutivos da crista alveolar. Esta revisão permitiu não apenas a análise comparativa entre diferentes técnicas e biomateriais utilizados para esse fim, mas também uma reflexão mais ampla sobre os critérios que devem orientar a prática clínica, considerando as nuances biológicas, técnicas e individuais que permeiam cada caso.

Não existe uma solução única ou universalmente superior, pelo contrário, a efetividade das intervenções depende diretamente da adequação do protocolo escolhido às particularidades anatômicas e sistêmicas do paciente. Isso reforça a necessidade de uma abordagem que ultrapasse a mera reprodução de técnicas e se apoie, sobretudo, em um julgamento clínico criterioso e baseado em evidências.

Em meio às técnicas e materiais disponíveis, o que se percebe é uma clara necessidade de atualização constante por parte dos profissionais da odontologia. O campo da regeneração óssea está em constante evolução, impulsionado tanto pelo avanço tecnológico quanto pelas novas descobertas da biotecnologia. O conhecimento adquirido durante a formação acadêmica torna-se apenas o ponto de partida de um processo contínuo de aprendizado, essencial para que o profissional possa tomar decisões mais seguras e eficazes.



REFERÊNCIAS

- ATTAR, Bijan Movahedian. *et al.* Chin symphysis bone, allograft, and platelet-rich fibrin: is the combination effective in repair of alveolar cleft. *J Oral Maxillofac Surg*, 2017, v. 75, n. 5, p. 1026-1035.
- BALDWIN, Paul *et al.* Autograft, allograft, and bone graft substitutes: clinical evidence and indications for use in the setting of orthopaedic trauma surgery. *J Orthop Trauma*, 2019, v. 33, n. 4, p. 203-213.
- CHIAPASCO, Matteo.; CASENTINI, P. Horizontal bone-augmentation procedures in implant dentistry: prosthetically guided regeneration. *Periodontol 2000*, 2018, v. 77, n. 1, p. 213-240.
- DELUIZ, Daniel. *et al.* Incorporation and remodeling of bone block allografts in the maxillary reconstruction: a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016, v. 19, n. 1, p. 180-194.
- FERRAZ, Maria Pia. Bone grafts in dental medicine: an overview of autografts, allografts and synthetic materials. *Materials*, 2023, v. 16, 4117.
- FU, Jia-Hui. *et al.* A randomized clinical trial evaluating the efficacy of the sandwich bone augmentation technique in increasing buccal bone thickness during implant placement. *Clin Oral Implants Res*, 2015, v. 26, n. 10, p. 1150-1157.
- GURLER, Gokhan.; DELILBASI, Cagri. Effects of leukocyte-platelet rich fibrin on postoperative complications of direct sinus lifting. *Minerva Stomatol*, 2016, v. 65, n. 4, p. 207-212.
- KÄMMERER, Peer W. *et al.* The allogeneic shell technique for alveolar ridge augmentation: a multicenter case series and experiences of more than 300 cases. *Int J Implant Dent*, 2022.
- LEONG, Daylene Jack-Min. *et al.* Comparison between sandwich bone augmentation and allogenic block graft for vertical ridge augmentation in the posterior mandible. *Implant Dent*, 2015, v. 24, n. 1, p. 4-12.
- MISCH, C. E.; DIETSH, F. Bone-grafting materials in implant dentistry. *Implant Dentistry*, 1993, v. 2, n. 3, p. 158-166.
- MONJE, Alberto. *et al.* On the feasibility of utilizing allogeneic bone blocks for atrophic maxillary augmentation. *Biomed Res Int*, 2014, v. 2014, 814578.
- SOLAKOĞLU, Önder. *et al.* Histological and immunohistochemical comparison of two different allogeneic bone grafting materials for alveolar ridge reconstruction: a 40 prospective randomized trial in humans. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2019, v. 21, n. 5, p. 1002-1016.
- SOLAKOĞLU, Önder. *et al.* A 3-year prospective randomized clinical trial of alveolar bone crest response and clinical parameters through 1, 2, and 3 years of clinical function of



implants placed 4 months after alveolar ridge preservation using two different allogeneic bone-grafting materials. *Int J Implant Dent*, 2022, v. 8, n. 1, p. 5.

TAVELLI, Lorenzo. *et al.* Efficacy of biologics for the treatment of periodontal infrabony defects: an American Academy of Periodontology best evidence systematic review and network meta-analysis. *J Periodontol*, 2022, v. 93, n. 12, p. 1803-1826.

TRESGUERRES, Francisco G F. *et al.* The role of cortical perforations in allogeneic block grafting for lateral augmentation in maxilla: a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2021, v. 23, n. 4, p. 530-542.

WANG, Maoxia. *et al.* Clinical and radiographic outcomes of customized allogeneic bone block versus autogenous bone block for ridge augmentation: 6 month results of a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol*, 2023, v. 50, n. 1, p. 22-35.

ZHAO, Rusin. *et al.* Bone grafts and substitutes in dentistry: a review of current trends and developments. *Molecules*, 2021, v. 26, 3007.