

Thais Izidoro Pires<sup>1</sup>,  
Adriana Araújo De Oliveira  
Paiva<sup>1</sup>,  
Cleide Gisele Ribeiro<sup>2</sup>,  
Matheus Furtado de  
Carvalho<sup>3</sup>,  
Eduardo Machado Vilela<sup>3</sup>,  
Breno Nogueira Silva<sup>3</sup>,  
Neuza Maria Souza  
Picorelli Assis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em  
Clínica Odontológica, Faculdade de  
Odontologia, Universidade Federal  
de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG

<sup>2</sup> Pós-Odonto Suprema, Faculdade  
de Ciências Médicas e Saúde de  
Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG

<sup>3</sup> Departamento de Clínica  
Odontológica, Faculdade de  
Odontologia, Universidade Federal  
de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG

✉ **Neuza Assis**  
Rua Delfim Moreira, 199  
Centro  
CEP: 36010-570  
Juiz de Fora - MG  
📧 neuzapicorelli@terra.com.br

## RESUMO

O processo alveolar é uma estrutura dente dependente que sofre alterações dimensionais após a exodontia. Defeitos ósseos resultantes prejudicam a colocação de implantes e o sucesso em longo prazo. Diversas técnicas cirúrgicas e biomateriais tem sido apresentados como opções terapêuticas para preservação e recuperação dos rebordos edêntulos. Assim, o objetivo desta revisão narrativa é evidenciar o estado atual dos biomateriais disponíveis bem como as possíveis perspectivas futuras. A utilização de biomateriais para cirurgias de reconstrução e manutenção de rebordo alveolar com sucesso é evidente. As cirurgias de reconstrução e preservação de rebordo alveolar com a utilização de novos biomateriais apresentam sucesso evidente. A impressão em 3D de estruturas biocompatíveis, fatores de crescimento, a matriz de dentina desmineralizada (DDM), parafusos e membranas reabsorvíveis podem ser as perspectivas futuras.

**Palavras-chave:** substitutos ósseos, implantes dentários, regeneração óssea

## ABSTRACT

The alveolar bone depends on the presence of teeth and dimensional changes occurs after tooth extraction. The resulting bone defects impair both implant installation and long term success. Surgical procedures and biomaterials are considered as treatment options for maintenance and recovery of edentulous ridge. Thus, the aim of this narrative review is to present the current biomaterials as well as future perspectives. Surgical procedures for alveolar ridge preservation and reconstruction with new biomaterials are successful. 3D-Printed biocompatible scaffolds, growth factors, decellularized extracellular matrix (dECM), resorbable pins and membranes could be the future perspectives.

**Keywords:** bone substitute, dental implants; bone regeneration

Submetido: 06/12/2018  
Aceito: 27/06/2018

## INTRODUÇÃO

O processo alveolar é uma estrutura dente dependente que sofre alterações dimensionais após a exodontia (ARAÚJO; LINDHE, 2005), mesmo se técnicas de preservação do rebordo alveolar forem aplicadas (COSYN; CLEYMAET; DE BRUYN, 2016). A parede óssea vestibular remodela mais que a correspondente lingual/palatina (CHAPPUIS; ARAÚJO; BUSER, 2017). Defeitos ósseos prejudicam a colocação de implantes orais e resultam em: volume ósseo insuficiente para instalar implantes na posição proteticamente adequada; proximidade de estruturas anatômicas nobres; relações intermaxilares verticais e/ou horizontais desfavoráveis (CHIAPASCO; CASENTINI; ZANIBONI, 2009; CHIAPASCO; ZANIBONI; BOISCO, 2006). Assim, a exodontia realizada sem preservação do rebordo torna o tratamento com implantes mais desafiador, com comprometimento da estética e o prognóstico (TAN et al., 2012).

O sucesso a longo prazo da terapia com implantes requer a presença de tecido ósseo vital em torno do implante para suportar a carga oclusal (GLAUSER et al., 2001). Para criar condições mais favoráveis, diferentes técnicas de reconstrução óssea têm sido propostas, como a regeneração óssea guiada (RGO) (URBAN et al., 2013), elevação do assoalho do seio maxilar (PJETURSSON et al., 2009), distração osteogênica (JENSEN et al., 2011) e enxerto osso autógeno em bloco (SCHWARTZ-ARAD et al., 2016).

O princípio básico da ROG consiste na aplicação de uma membrana sobre um defeito ósseo para excluir a interferência de tecidos não osteogênicos com a regeneração. A ROG pode ser indicada imediatamente após a exodontia para manutenção do rebordo ósseo ou concomitante à instalação de implantes como forma de recuperar paredes óssea ou preencher espaços entre a loja óssea e o implante. A membrana de ROG ideal seria aquela com rigidez suficiente para suportar a compressão dos tecidos sobrejacentes, com grau de plasticidade que permitisse ser contornada e moldada ao formato do defeito. A quantidade de osso regenerado pode ser reduzida se a membrana sofrer colapso para dentro do defeito (ELGALI et al., 2017).

A ROG é o método mais utilizado para preservar/aumentar o osso em defeitos alveolares. Pode ser associada com osso autógeno, substitutos ósseos xenogênicos, alogênicos ou sintéticos, combinados ou não com membranas de barreiras (BENIC; HÄMMERLE, 2014; EZIRGANLI et al., 2013; LEE et al., 2015; OCAK et al., 2017; STOPA et al., 2018). A reconstrução com osso autógeno é um procedimento muito documentado (AGHALOO et al., 2016) e é considerado como padrão-ouro. No entanto, algumas limitações são observadas, incluindo a aceitação pelos pacientes, quantidade de osso disponível, morbidade e as possíveis complicações

do procedimento, como deiscência da ferida e exposição do enxerto (CHIAPASCO; CASENTINI; ZANIBONI, 2009; CHIAPASCO; ZANIBONI; BOISCO, 2006).

O substituto ósseo ideal requer as seguintes propriedades: bioreabsorvível; biocompatível; propriedades osteogênicas, osteocondutoras e osteoindutoras; fisicamente e quimicamente semelhante ao osso; fornecer cálcio e fosfato; microporoso; fácil de usar; capacidade de manutenção do espaço e estabilidade biomecânica durante o período inicial de cicatrização (AL RUHAIMI, 2001). A ROG com substitutos xenogênicos em combinação com uma membrana de colágeno é hoje considerado como o método mais usado e bem documentado para o aumento ósseo localizado em defeitos alveolares com instalação simultânea de implantes (BENIC; HÄMMERLE, 2014; CHIAPASCO; CASENTINI; ZANIBONI, 2009; JENSEN; TERHEYDEN, 2009; LEE et al., 2015).

O aumento do rebordo alveolar é essencial para o sucesso da terapia com implantes e depende do desempenho biológico dos materiais para enxerto (YAMADA; EGUSA, 2018). Um grande número de novos materiais, membranas e técnicas para ROG tem sido introduzido na prática clínica. Isto implica na necessidade de uma atualização do conhecimento sobre as propriedades destas terapêuticas e avaliação crítica dos resultados. Assim, o objetivo desta revisão narrativa é evidenciar o estado atual dos biomateriais disponíveis bem como as possíveis perspectivas futuras.

## REVISÃO DE LITERATURA

Kim et al. (2016) revisaram os resultados da matriz de dentina desmineralizada (DDM) de dente autógeno. A formação de osso corticocanceloso e a reabsorção óssea marginal foram avaliadas histologicamente após 3 e 6 meses. Após 5 anos, foi observada uma redução da altura vestibular (-0,4 a -3,3 mm) e da largura do rebordo alveolar (-0,4 a -4,2) avaliada por TCFC. A DDM mostrou que o osso corticocanceloso formado foi mantido com sucesso no implante.

AlKudmani; Jasser; Andreana (2017) realizaram uma revisão sistemática para avaliar o efeito do tipo de enxerto ósseo e a ROG em torno de implantes imediatos nas mudanças dos tecidos duros e moles. Os implantes imediatos com enxerto ósseo tiveram maior estabilidade dos tecidos moles e preservação da dimensão horizontal e da espessura da tábua vestibular comparados com áreas não enxertadas. O uso apenas de barreira diminuiu significativamente a reabsorção da vestibular e os defeitos remanescentes em torno dos implantes; o uso concomitante de enxerto ósseo e membrana promoveu preservação adicional do tecido mole. O material para enxerto ósseo considerado como ótimo foi a combinação de cortical autógeno e gel de ácido polilático e poliglicólico.

Bae et al. (2017) avaliaram uma estrutura impressa em 3D de policaprolactona (PCL)/β-fosfato tricálcio

( $\beta$ -TCP)/matriz óssea extra-celular descelularizada (bdECM) conjugada com a proteína óssea morfogenética recombinante humana (rhBMP-2) usada como guia cirúrgico e enxerto ósseo em cães. Os dentes inferiores foram removidos e escaneados por tomografia computadorizada (TC) para fabricar a estrutura personalizada para o defeito. O implante foi instalado e a rhBMP-2 foi injetada na estrutura encaixada no grupo experimental. A análise histológica mostrou que os grupos tiveram volume similar de novo osso, mas o grupo com BMP exibiu uma proporção de contato osso/implante significativamente mais alta. A estrutura impressa em 3D com rhBMP-2 pode ser utilizada simultaneamente como guia cirúrgico de implante e enxerto ósseo.

Benic et al. (2017) compararam um substituto ósseo porcino em bloco com colágeno (PCBB) associado ou não a membrana de colágeno (CM) e proteína óssea morfogenética 2 (BMP-2) para aumento ósseo horizontal, incorporação do enxerto e manutenção do rebordo. Os tratamentos foram alocados aleatoriamente: PCBB; PCBB+BMP-2; PCBB+CM; e PCBB+CM+BMP-2. Após 12 semanas, um implante de titânio foi inserido. Todos os implantes osseointegraram e exibiram cobertura completa da superfície vestibular com tecido duro. A adição de BMP-2 ao PCBB ou CM utilizados para aumento horizontal do rebordo não forneceu melhora significativa na manutenção do rebordo e na formação do novo osso. PCBB com e sem CM mostrou pronunciado crescimento ósseo e capacidade de manutenção do contorno do rebordo.

Elgali et al. (2017) revisaram as propriedades das membranas com avaliação crítica dos mecanismos biológicos que comandam a regeneração óssea nos defeitos cobertos por membranas. Diferentes modificações nas propriedades físico-químicas e mecânicas das membranas podem promover a regeneração óssea. Contudo, o papel das porosidades para a função de barreira ainda precisa de elucidação. Novos achados experimentais sugerem um papel ativo do compartimento da membrana por si só na promoção do processo regenerativo no defeito durante a ROG, ao invés de ser apenas uma barreira passiva.

A impressão de células em 3D emergiu como uma tecnologia poderosa para recapitular o microambiente do tecido nativo, permitindo a deposição de múltiplas células em uma posição pré-definida. Tem sido pesquisada uma bioink (tinta biológica) que possa fornecer um microambiente adequado para sustentar as atividades celulares. Assim, a matriz extracelular descelularizada (dECM) surgiu como uma possibilidade bem qualificada de bioink devido a sua capacidade de herdar os sinais intrínsecos da ECM nativa. Foi feita a descrição do papel da ECM, os métodos de descelularização e uma introdução nas aplicações e avanços das bioinks de dECM e direções futuras (KIM et al., 2017).

Os efeitos dos biomateriais hidroxiapatita (HA), osso bovino desproteínizado (DPB), osso alo gênico humano (HALG) e sulfato de cálcio (CAP) utilizados para enxerto com barreiras de titânio para aumento ósseo para tratar

defeitos peri-implantes em calvária de 32 ratas com ROG foram comparados (ARTAS et al., 2018). Foi feita análise histológica e imunohistoquímica do fator de crescimento endotelial vascular (VEGF). Não houve diferença significativa entre os grupos na regeneração do novo osso ou na expressão do VEGF após 3 meses. Nenhum dos enxertos utilizados mostrou superioridade em relação à formação do novo osso.

Barbu et al. (2018) avaliaram a eficácia da piezo cirurgia em estágio único no levantamento de seio utilizando uma combinação de Bio-Oss® (Geistlich Pharma AG) particulado com fibrina rica em plaquetas (PRF). A média de ganho em altura foi de 10,12 mm em seis meses após a cirurgia e o tempo médio de acompanhamento foi de 43,79 meses. Concluíram que esta terapêutica pode ser considerada uma técnica previsível e efetiva no tratamento da maxila edêntula posterior.

Bartols et al. (2018) compararam enxertos ósseos em bloco fixados à distância (BBG-D) com a técnica SonicWeld RX (membrana e parafusos de poli-D-L-lático (PDLLA) fixada à distância, preenchido com partículas de osso autógeno e osso bovino desproteínizado) (SWST) para o aumento lateral do rebordo com instalação imediata de implante. Cinco enxertos e dois implantes foram perdidos no grupo SWST e um enxerto no grupo BBG-D. As complicações severas foram diferentes nos grupos ( $p=0,035$ ). Cinco deiscências aconteceram no grupo SWST e nenhuma no grupo BBG-D ( $p=0,042$ ). Sete complicações menores aconteceram no grupo SWST e uma no grupo BBG-D ( $p=0,035$ ). O BBG-D permanece como o padrão ouro para o aumento lateral do rebordo alveolar comparada com a técnica SWST.

Cha et al. (2018) determinaram o efeito da BMP-2 misturada com hidrogel de polietileno glicol ou substituto ósseo sintético (SBS) na formação de novo osso em deiscências periimplantares em seis beagles. Após 16 semanas de cicatrização, a quantidade de osso neoformado e o volume ósseo total aumentado não diferiram significativamente entre os grupos tratados com BMP e com SBS+hidrogel ( $p>0,05$ ). Também não foram observadas diferenças na proporção do contato osso/implante. Concluíram que a eficácia osteogênica da BMP-2 desaparece após 16 semanas devido à melhora da remodelação do tecido ósseo independente do material carreador aplicado nas deiscências periimplantares. Contudo, o uso de BMP-2 em combinação com hidrogel resultou em maior redução no defeito ósseo vertical.

Chen et al. (2018) desenvolveram uma barreira de colágeno bioativo para regeneração tecidual guiada conjugada com propriedades antibacterianas e antiinflamatórias. A membrana de colágeno revestida com nano-silver (AgNP) mostrou excelentes efeitos antibacterianos contra *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, efeitos antiinflamatórios efetivos e limitada toxicidade celular. Também foram capazes de induzir a diferenciação osteogênica de células tronco mesenquimais.

Chiapasco et al. (2018) avaliaram rebordos com atrofia

severa reconstruídos com enxerto autógeno em bloco de calvária, enxerto bovino e membranas e reabilitados com próteses sobre implantes de 1998 a 2014. A taxa de sobrevivência dos implantes foi de 98,5%. Os enxertos de calvária se mantiveram estáveis ao longo do tempo, a taxa de sobrevivência foi consistente com aquela reportada por implantes instalados em osso nativo e a satisfação dos pacientes foi alta. Consideraram que foi uma modalidade de tratamento previsível e confiável para a reabilitação de rebordos com atrofia severa.

Corning; Mealey (2018) compararam, histologicamente, os resultados o osso alógeno congelado seco mineralizado (FDBA) e o aloenxerto solvente desidratado (SDBA) utilizados na preservação do rebordo alveolar pós exodontia. Uma biópsia óssea foi removida no local e avaliada histomorfometricamente para determinar o percentual de osso vital, material de enxerto residual e tecido conjuntivo ou outros (CT/outros). Mudanças nas dimensões do rebordo também foram avaliadas. Não houve diferenças estatísticas entre os grupo na média dos resultados para parâmetros histológicos ou na alteração dimensional do rebordo alveolar. Não houve benefício significativo nem desvantagem com o uso do FDBA ou SDBA quando se comparou parâmetros histomorfométricos ou alterações dimensionais.

De Sousa et al. (2018) realizaram uma revisão sistemática e metanálise para responder se pacientes que receberam enxertos com biomateriais apresentam ganho ósseo vertical (antes da instalação de implantes), complicações e taxas de sobrevivência similares aos dos enxertos autógenos na região posterior da mandíbula. Foram incluídos estudos em inglês, ensaios clínicos randomizados controlados e/ou prospectivos com pelo menos 10 pacientes e estudos que compararam enxertos com substitutos ósseos com autógeno. Concluíram que os biomateriais ou osso autógeno são indicados para reconstrução da região posterior de mandíbula atrófica, sem redução da sobrevivência dos implantes.

Li; Zhu; Huang (2018) avaliaram a eficácia clínica da matriz de dentina desmineralizada (DDM) versus grânulos de Bio-Oss na ROG para implante imediato em sítios pós-extração de 40 pacientes com periodontite severa, nos dentes inferiores posteriores. A estabilidade dos implantes (n=45) e o nível ósseo marginal foram medidos imediatamente, 6 e 18 meses após a cirurgia. Com exceção de 2 casos (infecção), 43 implantes não apresentaram complicações após 1 ano de função. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação ao quociente de estabilidade do implante e a reabsorção do osso marginal. Os grânulos de DDM autógeno preparados no local após a exodontia se constituem como excelente opção prontamente disponível em relação ao enxerto ósseo em ROG.

Menezes et al. (2018) compararam a taxa de reabsorção óssea, a histomorfometria e achados imunoistoquímicos do vidro bioativo misturado com enxerto autógeno ou apenas osso autógeno no levantamento de seio maxilar. A TCFC

pós-operatória foi utilizada para medir o volume do enxerto após 15 dias (T1) e após seis meses (T2) e determinar a taxa de reabsorção. A coloração por imunoistoquímica mostrou fraca atividade osteoclástica em ambos os grupos, indicando que estava na fase de remodelação. A similaridade entre os grupos na formação e manutenção do volume de enxerto após seis meses sugere que o vidro bioativo misturado com osso autógeno (1:1) pode ser usado com segurança como substituto ósseo no levantamento de seio maxilar.

Stopa et al. (2018) avaliaram pacientes com atrofia óssea dos maxilares para transplante de osso alogênico, congelado, esterilizado por radiação de banco de tecidos na forma de blocos ósseos cortico-esponjosos e grânulos esponjosos. Blocos foram estabilizados com parafusos de titânio e os espaços livres foram preenchidos com osso autógeno particulado e cobertos com transplantes de pericárdio e fibrina rica em plaquetas (PRF). Após quatro meses, os implantes foram instalados e a restauração protética foi realizada após a osseointegração. Foram analisadas a quantidade e qualidade do tecido ósseo reconstruído, bem como o grau de reabsorção. Os procedimentos cirúrgicos realizados confirmaram a segurança e eficácia do material biológico na reconstrução da mandíbula.

Yamada; Egusa (2018) realizaram uma revisão de literatura sobre as capacidades e limitações clinicamente relevantes dos substitutos ósseos atualmente disponíveis para o aumento ósseo. O desempenho biológico dos substitutos ósseos à base de fosfato de cálcio foi dividido de acordo com a capacidade de manutenção de espaço, biocompatibilidade, bioabsorção e manutenção de volume ao longo do tempo. Os substitutos ósseos atualmente disponíveis fornecem apenas osteocondução. O tamanho das partículas, a sensibilidade à dissolução enzimática ou química e as propriedades mecânicas afetam a capacidade de manutenção do espaço dos substitutos ósseos. A natureza das fibras de colágeno, o tamanho das partículas e a liberação de íons de cálcio influenciam a biocompatibilidade dos substitutos ósseos. A bioabsorção dos substitutos é determinada pela solubilidade em água e resistência a ácidos. A bioabsorção do remanescente de substituto ósseo e a manutenção do volume do osso aumentado são inversamente relacionados. É necessário melhorar a biocompatibilidade dos substitutos ósseos atualmente disponíveis e obter um equilíbrio adequado entre a bioabsorção e a manutenção do volume para alcançar a remodelação óssea ideal.

## DISCUSSÃO

Para o sucesso na terapia com implantes, a preservação e/ou reconstrução do rebordo alveolar é essencial e depende do desempenho biológico dos materiais de enxerto ósseo. A capacidade e limitações inerentes aos substitutos ósseos disponíveis atualmente devem ser identificadas a fim de

melhorar as possibilidades terapêuticas de aumento do rebordo alveolar (YAMADA; EGUSA, 2018).

A ROG é a técnica de escolha para recuperação e/ou preservação de rebordos e tem como princípios a manutenção e estabilidade do espaço para infiltração e proliferação de células osteogênicas, a promoção de angiogênese e o fechamento primário da ferida (ELGALI et al., 2017; YAMADA; EGUSA, 2018). A membrana em um defeito, associado a enxertos ósseos ou substitutos, é usada para excluir o epitélio e fornecer um arcabouço, permitindo que ocorra o potencial regenerativo intrínseco do tecido hospedeiro e migração das células osteogênicas (ALKUDMANI; JASSER; ANDREANA, 2017; ELGALI et al., 2017; ESPOSITO et al., 2009). Quando utilizada em defeitos em torno de implantes imediatos, o uso isolado da membrana diminuiu a reabsorção da tábua vestibular, enquanto o uso associado com enxerto adicionou efeito positivo também nos tecidos moles (ALKUDMANI; JASSER; ANDREANA, 2017).

As primeiras membranas foram de politetrafluoretileno expandido (PTFE) e uma segunda geração surgiu com as reabsorvíveis. Assim, como tentativa de melhorar as características das tradicionais, foi desenvolvida uma membrana de colágeno revestida com nano-silver que mostrou habilidade em guiar a formação óssea, capacidade antibacteriana e antiinflamatória com baixa citotoxicidade e exibiu potencial para ser aplicada na reconstrução alveolar (CHEN et al., 2018). Outros materiais, como PRF, tem sido usado como membrana com sucesso nos casos de perfuração da membrana do seio e em combinação com Bio-Oss® na cirurgia de levantamento de seio com instalação imediata de implantes (BARBU et al., 2018). A melhora dos materiais de membranas com foco nas propriedades bioativas e de barreira é uma estratégia importante nas pesquisas (ELGALI et al., 2017).

O enxerto de osso autógeno é considerado como padrão ouro pela capacidade osteogênica, osteocondutiva e osteoindutiva. Entretanto, apresenta como desvantagens, a necessidade de um segundo sítio cirúrgico e limitada disponibilidade. Elevadas taxas de sucesso são relatadas, mas ainda se busca materiais que possam reduzir a morbidade para o paciente (CHIAPASCO et al., 2018).

A associação de enxertos autógenos com outros biomateriais, como enxertos sintéticos, trouxe bons resultados na manutenção das dimensões do rebordo onde foram instalados implantes imediatos (ALKUDMANI; JASSER; ANDREANA, 2017) e resulta em aumento do volume do material sem necessidade de remoção adicional. A similaridade na formação e manutenção do volume de enxerto após seis meses sugeriu que o vidro bioativo misturado com osso autógeno pode ser eficaz no levantamento de seio maxilar (MENEZES et al., 2018).

Biomateriais utilizados isolados mostram resultados positivos na regeneração de rebordos. Estudos em animais mostraram que os biomateriais hidroxiapatita (HA), osso bovino desproteínizado (DPB), osso alo gênico

humano (HALG) e sulfato de cálcio (CAP) não mostraram diferenças na regeneração óssea quando utilizados para tratar defeitos periimplantares (ARTAS et al., 2018). O osso alógeno congelado seco mineralizado (FDBA) e o aloenxerto solvente desidratado (SDBA) foram utilizados em humanos na preservação do rebordo com resultados histomorfométricos e alterações dimensionais semelhantes (CORNING; MEALEY, 2018; STOPA et al., 2018). Na região posterior de mandíbulas atroficas, o osso autógeno, a hidroxiapatita e o Bio-Oss® forneceram resultados semelhantes de ganho ósseo e na sobrevivência de implantes (DE SOUSA et al., 2018).

Dentes extraídos são fonte de biomateriais, apresentando como vantagens a disponibilidade e a possibilidade de preparação do material após a exodontia. A DDM pode ser obtida pela pulverização de dentes após a remoção de tecido mole e polpa; o pó é lavado e desmineralizado, desidratado, a gordura removida e depois congelado a seco (KIM et al., 2010). Observou-se estabilidade da DDM em combinação com a instalação de implantes em longo prazo por meio de avaliação tomográfica e histológica (KIM et al., 2016). A DDM apresentou comportamento clínico e radiográfico semelhante ao da ROG com um substituto ósseo já consagrado (Bio-Oss®), quando utilizada em pacientes com instalação de implantes imediatos (LI; ZHU; HUANG, 2018).

Fatores de crescimento têm sido pesquisados com objetivo de resolver a regeneração de defeitos extensos que exigem longo tempo de tratamento e têm baixa previsibilidade. As BMPs podem estimular o aumento ósseo local, entretanto sua aplicação necessita de um carreador, como substitutos ósseos ou esponja de colágeno reabsorvível. Apesar da expectativa de que a BMP-2 possa melhorar o aumento de rebordo, sua adição não resultou em diferenças quando utilizada em conjunto com bloco ósseo porcino (BENIC et al., 2017). O estudo de Cha et al. (2018) mostrou que a eficácia osteogênica da BMP-2 desapareceu após o período de 16 semanas devido à melhora da remodelação do tecido ósseo independente de qual material carreador foi aplicado nos defeitos de deiscências periimplantares.

Materiais de enxerto impresso em 3D foram introduzidos recentemente e podem fornecer um ambiente favorável para a angiogênese e a formação de novo osso (KARAGEORGIU; KAPLAN, 2005). Existe uma busca pelo material biológico ideal para impressão e a matriz extracelular descelularizada (dECM) se tornou a candidata mais qualificada (KIM et al., 2017). O estudo preliminar de Bae et al. (2017) mostrou que o uso de uma estrutura impressa em 3D conjugada com rhBMP-2 restaurou o volume e a forma originais do rebordo alveolar no sítio do defeito. Consideraram que esta pode ser uma técnica fácil e efetiva para instalação simultânea de implante e enxerto ósseo em sítios de grandes defeitos.

Novas técnicas e materiais tem sido empregados como alternativas de tratamento, como enxertos ósseos em



bloco fixados à distância (BBG-D) e a técnica da SonicWeld RX (SWST) (BARTOLS et al., 2018). Entretanto, ainda apresentam restrições e limitações pois a técnica BBG-D necessita remoção adicional de osso doador enquanto a SWST está associada a maior perda de enxerto e implantes.

## CONCLUSÃO

O sucesso da ROG com utilização de biomaterial é evidente nos estudos selecionados, mas ainda existem limitações e complicações. Para maiores avanços na reconstrução alveolar, existe a possibilidade de novas terapias que possam trazer soluções para problemas que ainda são desafiadores no momento. A impressão em 3D de estruturas biocompatíveis funcionando como enxerto e arcabouço para migração celular e carregadas com fatores de crescimento, as DDM, parafusos e membranas reabsorvíveis podem ser as perspectivas futuras.

## REFERÊNCIAS

- AGHALOO, T. et al. Bone Augmentation of the Edentulous Maxilla for Implant Placement: A Systematic Review. **International Journal of Oral Maxillofacial & Implants**, v. 31, n. suppl, p. 19-30, 2016.
- AL RUHAIMI, K. A. Bone Graft Substitutes: A Comparative Qualitative Histologic Review of Current Osteoconductive Grafting Materials. **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 16, n. 1, p. 105-114, jan./feb. 2001.
- ALKUDMANI, H.; JASSER, R. A. L.; ANDREANA, S. Is bone graft or guided bone regeneration needed when placing immediate dental implants? A systematic review. **Implant Dentistry**, v. 26, n. 6, p. 936-944, dec. 2017.
- ARAÚJO, M. G.; LINDHE, J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 32, n. 2, p. 212-218, feb. 2005.
- ARTAS, G. et al. A comparison of different bone graft materials in peri-implant guided bone regeneration. **Brazilian Oral Research**, v. 32, n. 10, p. 1-8, jul. 2018.
- BAE, J. C. et al. Development and assessment of a 3D-printed scaffold with rhBMP-2 for an implant surgical guide stent and bone graft material: A pilot animal study. **Materials (Basel)**, v. 10, n. 12, dec. 2017.
- BARBU, H. M. et al. Maxillary Sinus Floor Augmentation to Enable One-Stage Implant Placement by Using Bovine Bone Substitute and Platelet-Rich Fibrin. **BioMed Research International**, v. 2018, p. 1-6, aug. 2018.
- BARTOLS, A. et al. Lateral alveolar ridge augmentation with autogenous block grafts fixed at a distance versus resorbable Poly-D-L-Lactide foil fixed at a distance: A single-blind, randomized, controlled trial. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, n. 8, p. 843-854, aug. 2018.
- BENIC, G.; HÄMMERLE, C. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. **Periodontology** 2000, v. 66, n. 1, p. 13-40, oct. 2014.
- BENIC, G. I. et al. Primary ridge augmentation with collagenated xenogenic block bone substitute in combination with collagen membrane and rhBMP-2: a pilot histological investigation. **Clinical Oral Implants Research**, v. 28, n. 12, p. 1543-1552, dec. 2017.
- CHA, J. K. et al. Osteogenic efficacy of BMP-2 mixed with hydrogel and bone substitute in peri-implant dehiscence defects in dogs: 16 weeks of healing. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, n. 3, p. 300-308, mar. 2018.
- CHAPPUIS, V.; ARAÚJO, M. G.; BUSER, D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. **Periodontology** 2000, v. 73, n. 1, p. 73-83, feb. 2017.
- CHEN, P. et al. Fabrication of a silver nanoparticle-coated collagen membrane with anti-bacterial and anti-inflammatory activities for guided bone regeneration. **Biomedical Materials**, v. 13, n. 6, p. 065014, oct. 2018.
- CHIAPASCO, M. et al. Dental implants placed in severely atrophic jaws reconstructed with autogenous calvarium, bovine bone mineral, and collagen membranes: A 3- to 19-year retrospective follow-up study. **Clinical Oral Implants Research**, v. 29, n. 7, p. 725-740, jul. 2018.
- CHIAPASCO, M.; CASENTINI, P.; ZANIBONI, M. Bone augmentation procedures in implant dentistry. **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 24 Suppl, n. 1, p. 237-259, 2009.
- CHIAPASCO, M.; ZANIBONI, M.; BOISCO, M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. **Clinical Oral Implants Research**, v. 17, n. suppl. 2, p. 136-159, oct. 2006.
- CORNING, P.; MEALEY, B. Ridge preservation following tooth extraction using mineralized freeze-dried bone allograft compared to mineralized solvent-dehydrated bone allograft. A randomized controlled clinical trial. **Journal of Periodontology**, v. 30, [Epub ahead of print], aug. 2018.
- COSYN, J.; CLEYMAET, R.; DE BRUYN, H. Predictors of Alveolar Process Remodeling Following Ridge Preservation in High-Risk Patients. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v. 18, n. 2, p. 226-233, apr. 2016.

- DE SOUSA, C. A. et al. Bone augmentation using autogenous bone versus biomaterial in the posterior region of atrophic mandibles: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Dentistry**, v. 76, p. 1–8, sep. 2018.
- ELGALI, I. et al. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. **European Journal of Oral Sciences**, v. 125, n. 5, p. 315–337, oct. 2017.
- ESPOSITO, M. et al. Interventions for replacing missing teeth: horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 7, n. 4, p. CD003607, oct. 2009.
- EZIRGANLI, Ş. et al. Comparative investigation of the effects of different materials used with a titanium barrier on new bone formation. **Clinical Oral Implants Research**, v. 24, n. 3, p. 312–319, mar. 2013.
- GLAUSER, R. et al. Immediate occlusal loading of Brånemark implants applied in various jawbone regions: A prospective, 1-year clinical study. **Clinical implant dentistry and related research**, v. 3, n. 4, p. 204–213, 2001.
- JENSEN, O. T. et al. Orthognathic and Osteoperiosteal Flap Augmentation Strategies for Maxillary Dental Implant Reconstruction. **Dental Clinics of North America**, v. 55, n. 4, p. 813–846, oct. 2011.
- JENSEN, S. S.; TERHEYDEN, D. D. S. H. Bone Augmentation Procedures in Localized Defects in the Alveolar Ridge : Clinical Results with Different Bone Grafts and Bone-Substitute Materials. **International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v. 24, n. suppl, p. 218–236, 2009.
- KARAGEORGIOU, V.; KAPLAN, D. Porosity of 3D biomaterial scaffolds and osteogenesis. **Biomaterials**, v. 26, n. 27, p. 5474–5491, sep. 2005.
- KIM, B. S. et al. Decellularized extracellular matrix: A step towards the next generation source for bioink manufacturing. **Biofabrication**, v. 9, n. 3, p. 034104, aug. 2017.
- KIM, Y. K. et al. Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 109, n. 4, p. 496–503, apr. 2010.
- KIM, Y. K. et al. Guided Bone Regeneration Using Demineralized Dentin Matrix: Long-Term Follow-Up. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 74, n. 3, p. 515.e1-515.e9, mar. 2016.
- LEE, D. J. et al. Patient Perception and Satisfaction with Implant Therapy in a Predoctoral Implant Education Program: A Preliminary Study. **Journal of Prosthodontics**, v. 24, n. 7, p. 525–531, oct. 2015.
- LI, P.; ZHU, H.; HUANG, D. Autogenous DDM versus Bio-Oss granules in GBR for immediate implantation in periodontal postextraction sites: A prospective clinical study. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v. 20, n. 6, p. 923–928, dec. 2018.
- MENEZES, J. D. et al. Bioactive glass added to autogenous bone graft in maxillary sinus augmentation: a prospective histomorphometric, immunohistochemical, and bone graft resorption assessment. **Journal of Applied Oral Science**, v. 26, n. 0, p. 1–9, jun. 2018.
- OCAK, H. et al. Comparison of Bovine Bone-Autogenic Bone Mixture Versus Platelet-Rich Fibrin for Maxillary Sinus Grafting: Histologic and Histomorphologic Study. **Journal of Oral Implantology**, v. 43, n. 3, p. 194–201, jun. 2017.
- PJETURSSON, B. E. et al. Maxillary sinus floor elevation using the (transalveolar) osteotome technique with or without grafting material. Part I: Implant survival and patients' perception. **Clinical Oral Implants Research**, v. 20, n. 7, p. 667–676, jul. 2009.
- SCHWARTZ-ARAD, D. et al. Long Term Follow-Up of Dental Implants Placed in Autologous Onlay Bone Graft. **Clinical Implant Dentistry and Related Research**, v. 18, n. 3, p. 449–461, jun. 2016.
- STOPA, Z. et al. Evaluation of the Safety and Clinical Efficacy of Allogeneic Bone Grafts in the Reconstruction of the Maxilla and Mandible. **Transplantation Proceedings**, v. 50, n. 7, p. 2199–2201, sep. 2018.
- TAN, W. L. et al. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. **Clinical Oral Implants Research**, v. 23, n. suppl 5, p. 1–21, feb. 2012.
- URBAN, I. et al. Horizontal guided bone regeneration in the posterior maxilla using recombinant human platelet-derived growth factor: a case report. **International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry**, v. 33, n. 4, p. 421–5, jul./aug. 2013.
- YAMADA, M.; EGUSA, H. Current bone substitutes for implant dentistry. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 62, n. 2, p. 152–161, apr. 2018.