



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
CURSO DE ODONTOLOGIA**

ABEL RIOS OSTERNO GOMES MAIA

**BIOMATERIAS PARA ENXERTO ÓSSEO NA ODONTOLOGIA:
REVISÃO DE LITERATURA**

**FORTALEZA
2024**

ABEL RIOS OSTERNO GOMES MAIA

BIOMATERIAIS PARA ENXERTO ÓSSEO NA ODONTOLOGIA: REVISÃO
DE LITERATURA

Trabalho de conclusão de curso
apresentada ao curso de odontologia do
Centro Universitário Fametro, como parte
requisitos para a obtenção do título de
Bacharel em Odontologia, sob a orientação
do Prof. Me. Diego Felipe Silveira Esses

FORTALEZA
2024

Dados de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Unifametro
Gerado automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M217 Maia, Abel Rios Osterno Gomes.
 Biomaterias para enxerto ósseo na Odontologia: revisão de literatura. / Abel Rios
 Osterno Gomes Maia. - Fortaleza/CE, 2024.
 43 f. ; il. ; color ; 30 cm.

 Monografia - Curso de Odontologia, Centro Universitário Unifametro, Fortaleza/CE,
 2024.
 Orientação: Prof. Me. Diego Felipe Silveira Esses.

 1. Biomateriais. 2. reneração óssea. 3. enxerto ósseo. I. Título.

CDD 617.6

ABEL RIOS OSTERNO GOMES MAIA

BIOMATERIAS PARA ENXERTO ÓSSEO NA ODONTOLOGIA: REVISÃO DE
LITERATURA

Trabalho de conclusão de curso apresentada no dia 02\06\2024 ao curso de odontologia do Centro Universitário Fametro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em odontologia sob orientação do Prof. Me. Diego Felipe Silveira Esses tendo sido aprovada pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Diego Felipe Silveira Esses
Orientador – Centro Universitário Fametro

Prof. Dr. Ítalo Sarto Carvalho Rodrigues
Membro – Centro Universitário Fametro

Prof. Dr. João Eudes Teixeira Pinho Filho
Membro – Centro Universitário Fametro

À minha família, e aos professores que com dedicação e cuidado, orientaram-me na vida, ajudando a chegar aonde cheguei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a realização deste trabalho primeiramente a Deus que me concedeu serenidade e força para a realização deste trabalho. Para meu orientador, Professor Diego Felipe Silveira Esses, meu muito obrigado, por ter aceitado o convite de orientação e pela atenção, dedicação e ensinamentos durante o curso que me ajudaram a crescer e amadurecer dentro dos estudos odontológicos.

À banca examinadora, também deixo meu muito obrigado, por terem aceitado o convite e disponibilizarem seu tempo para contribuir com esse trabalho.

Não poderia deixar de mencionar meus familiares em especial minha Mãe Maria do Livramento Rios Osterno, pelo amor incondicional, incentivo constante e compreensão nos momentos de dedicação ao estudo.

Em especial a minha Esposa Penélope Rubali Forte de Paula Osterno, pela paciência e por me incentivar, investindo seu tempo no dia a dia.

Agradeço profundamente ao curso de Odontologia da Unifametro por ter me acolhido de forma especial proporcionando um ensino de qualidade e ter disponibilizado ao longo do curso experiências inesquecíveis. A todos os professores do curso de odontologia da Unifametro meu grande obrigado pelo esforço para manter a excelência da qualidade técnica de toda à equipe. A todos que contribuíram direta e indiretamente, meus profundos agradecimentos.

“A educação deve possibilitar ao corpo e a alma
toda a perfeição e a beleza que podem ter”.

Platão.

BIOMATERIAS PARA ENXERTO ÓSSEO NA ODONTOLOGIA: REVISÃO DE LITERATURA

Abel Rios Osterno Gomes Maia¹

Diego Felipe Silveira Esses²

RESUMO

O osso é um tecido conjuntivo altamente qualificado e alterável que passa por mudanças durante a vida. Apresenta uma notável habilidade de Regeneração e reparo quando lesionado, entretanto, em caso de lesões intensas ou deformidades relevantes o osso pode não se regenerar completamente demandando assim a realização de enxertia. A humanidade buscou por toda sua história alternativas para repor tecidos lesionados empregando substâncias naturais ou sintéticas que hoje em dia são conhecidas como biomateriais. O Presente estudo o tem objetivo de realizar uma revisão de literatura sobre biomateriais para enxerto ósseo na odontologia. Dessa forma o trabalho foi elaborado através de um levantamento bibliográfico nas bases de dados, google acadêmico que incluem artigos científicos publicados, dissertações de mestrado, teses de doutorado dentre outras publicações científicas, nas línguas portuguesa e inglesa, entre os anos de 2014 e 2023. As palavras-chave utilizadas para ao levantamento foram biomateriais, regeneração óssea e enxerto ósseo. Como resultado concluiu-se que o osso Autógeno é “padrão ouro” quando comparado a outras matrizes. Porém, devido a questões como limitação, morbidez do sítio doador e possíveis restrições aos procedimentos mais tradicionais apresentam desvantagens fazendo com que as pesquisas e estudos avancem para o desenvolvimento de uma gama dessas materialidades mais tecnológicas e previsíveis. Atualmente os biomateriais estão no centro das atenções sendo objeto de estudos intensos evoluindo continuamente para favorecer maior segurança, previsibilidade e eficácia.

Palavras-chave: biomateriais; regeneração óssea; enxerto ósseo

¹ Graduando do curso de odontologia do Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO

² Professor Orientador do curso de odontologia do Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

BIOMATERIAS FOR BONE GRAFT IN DENTISTRY: LITERATURE REVIEW

Abel Rios Osterno Gomes Maia³

Diego Felipe Silveira Esses²

ABSTRACT

Bone is a highly qualified and alterable connective tissue that undergoes changes throughout life. It has a remarkable ability to regenerate and repair when injured, however, in the case of intense injuries or relevant deformities, the bone may not regenerate completely, thus requiring grafting. Throughout its history, humanity has sought alternatives to replace injured tissues using natural or synthetic substances that are now known as biomaterials. The present study aims to carry out a literature review on biomaterials for bone grafting in dentistry. Thus, the work was prepared through a bibliographical survey in the databases, Google Scholar, which include published scientific articles, master's dissertations, doctoral theses, among other scientific publications, in Portuguese and English, between the years 2014 and 2023. The keywords used for the survey were biomaterials, bone regeneration and bone graft. As a result, it was concluded that autogenous bone is the “gold standard” when compared to other matrices. However, due to issues such as limitations, donor site morbidity and possible restrictions on more traditional procedures, they present disadvantages, causing research and studies to advance towards the development of a range of these more technological and predictable materials. Currently, biomaterials are at the center of attention and are the subject of intense studies, continually evolving to promote greater safety, predictability, and effectiveness.

Key words: biomaterials; bone regeneration; bone graft.

¹ Graduando do curso de odontologia do Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

² Professor Orientador do curso de odontologia do Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivo específico.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Osso.....	13
3.2 Enxerto ósseo.....	13
3.3 Propriedades.....	14
3.3.1 Osteocondução.....	14
3.3.2 Osteoindução.....	14
3.3.3 Osteogênese.....	15
3.4 Tipos de enxertos.....	15
3.4.1 Autógeno.....	15
3.4.2 Alógeno.....	16
3.4.3 Xenógeno.....	17
3.4.4 Aloplástico.....	18
4 BIOMATERIAIS.....	20
4.1 Biomateriais Naturais.....	22
4.1.1 Osso Bovino.....	22
4.1.2 Osso Suíno.....	22
4.1.3 Quitosana.....	23
4.1.4 concentrados sanguíneos PRF.....	24
4.2 Biomateriais sintéticos.....	24
4.2.1 Cerâmica de vidro bioativo.....	25
4.2.2 Hidroxiapatita.....	25
4.2.3 Fosfato tricálcico.....	26
4.2.4 Titânio.....	27
5 SCAFFOLDS.....	28
6 METODOLOGIA.....	31
6.1 Tipo de estudo.....	31
6.2 Termos.....	31

6.3 Período de estudo.....	31
6.4 Coleta e análise de dados.....	31
6.5 Critérios de inclusão de artigos.....	31
6.6 Critérios de exclusão.....	31
6.7 Seleção dos estudos.....	31
6.8 Fluxograma.....	32
7 DISCUSSÃO.....	33
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Para realizar a substituição de tecidos vivos, danificados ou perdidos, os seres humanos buscaram por alternativas, ao longo dos tempos e utilizaram substâncias naturais ou sintéticas que na atualidade são conhecidas por biomateriais (SOUZA; VIEIRA, 2016).

A humanidade ao longo de sua história prezou pela substituição e reconstituição de partes do corpo que foram perdidas. Para esta finalidade utilizaram diversos tipos de materiais de origem natural, ou mineral como madeiras, ossos desidratados, dentes extraídos, metais nobres como ligas de ouro ou prata, empregando estas substâncias na área da odontologia (SAINI, 2015).

Foi durante as duas grandes guerras mundiais, que a área de biomateriais foi fortemente impulsionada. Devido a grande quantidade de soldados feridos que perderam partes do corpo durante as batalhas, houve uma grande demanda por materiais alternativos para a substituição mais adequada que não fossem rejeitadas pelo organismo. O objetivo era compensar as perdas favorecendo a recuperação desses soldados. Resultando em pesquisas e desenvolvimentos na área dos biomateriais, o que levou a progressos cada vez mais significativos. (SERRA, 2019).

As estatísticas apontam que, mais de 500 mil enxertos são realizados todos os anos nos Estados Unidos e aproximadamente 2,2 milhões em todo o mundo para correção de defeitos ósseos. Esses números transparecem que o tecido ósseo é um dos tecidos mais transplantados atualmente, demonstrando sua importância na prática clínica e cirúrgica (CHEUNG, 2005).

Diante disso, a escolha de um biomaterial para uma aplicação específica é uma decisão crítica, dependente de muitos fatores, incluindo biocompatibilidade, integração tecidual, propriedades mecânicas e químicas, estabilidade em longo prazo e adequação ao método de fabricação e implantação (RATNER, 2014).

Segundo Kozlovsky, (2019) na odontologia, os biomateriais são empregados para a realização de enxerto ósseo. Sendo estes de origem sintéticas ou naturais, usados para estimular a regeneração dos tecidos ósseos em danos maxilofaciais. É exigido que estes substitutos sejam biocompatíveis, bioativos e biodegradáveis possuindo a capacidade de serem substituídos por tecido ósseo natural ao longo do tempo. Além disso é levado em consideração uma variedade de fatores que

compreendem, a localização do defeito, a extensão do defeito, a disponibilidade do material e o conhecimento do profissional que são determinantes para a escolha do tipo do material.

Nesta perspectiva, este setor de biomateriais tem crescido exponencialmente nos últimos anos, o que permite a produção de materiais cada vez mais sofisticados e personalizáveis. Os tratamentos mais previsíveis e menos invasivos podem ser alcançados através destes avanços, visando uma melhor qualidade de vida aos pacientes (MANO, 2020).

A concorrência acirrada entre as empresas de inovação tecnológica, principalmente no campo da nanotecnologia, tem acelerado significativamente o progresso na área de biomateriais. Esse cenário é fundamental para a experimentação e adequação de novos materiais e dispositivos com aplicações odontológicas cada vez mais eficientes e previsíveis, bem como o conhecimento e desenvolvimento a respeito da interação entre biomateriais e tecidos biológicos (CAMARGO *et al.*, 2019).

Com base nas pesquisas recentes, podemos afirmar que os materiais imunomodulatórios e nanoestruturados elencam uma das tecnologias mais promissoras no campo da regeneração óssea, pois oferecem métodos personalizados e de médio prazo para o tratamento da regeneração óssea. A crescente procura por tratamentos mais personalizados, impulsionado pela rápida evolução da ciência e tecnologia, contribuiu para esses avanços (LYONS *et al.*, 2020).

Os andaimes ou *scaffolds* são materiais dispostos em forma tridimensional, que orienta a regeneração tecidual para preencher defeitos ou substituir tecidos lesionados. Para promover a adesão celular, migração, proliferação e fornecer suporte estrutural ao novo tecido em formação, eles devem ser cuidadosamente desenvolvidos para mimetizar as propriedades mecânicas e biológicas do tecido nativo (MARQUES *et al.*, 2019).

Quando se trata de medicina regenerativa e engenharia tecidual, os biomateriais oferecem uma nova maneira de reparar e substituir tecidos danificados ou perdidos. De acordo com Branermark (2005), eles têm o potencial de mudar a forma como tratamos lesões e doenças em um futuro próximo, pois representam uma ponte entre engenharia e corpo humano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão de literatura sobre biomateriais para enxerto ósseo na odontologia.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Tecido Ósseo

O osso é um tecido conjuntivo especializado que constitui a principal estrutura de sustentação do organismo associado aos músculos, os ossos possibilitam o movimento do corpo, protegem órgãos vitais, como os contidos nas cavidades craniana e torácica, e contém a medula óssea onde são formadas as células sanguíneas. Além disso, armazenam íons, como o cálcio e o fosfato, contribuindo para a homeostase dos seus níveis sanguíneos (OVALLE; NAHIRNEY, 2014).

Perante as suas características, o tecido ósseo tem capacidade de remodelamento, que consiste num mecanismo de substituição, ou reconstrução de áreas de tecido ósseo de modo a preservar a sua integridade, aperfeiçoar a sua função e prevenir a sua degradação (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Devido às suas propriedades de remodelamento, esse tecido tem capacidade espontânea de ser reparado, porém, essa capacidade é limitada pela extensão da perda óssea. Em casos de grandes extensões de perda, a reparação espontânea se torna crítica e se faz necessário o uso de procedimentos de enxertia (IAQUINTA *et al.*, 2019).

3.2 Enxerto ósseo

A enxertia óssea é um procedimento cirúrgico com o objetivo de preencher áreas de tecido ósseo perdido. São utilizados como substitutos ósseos os biomateriais autógenos, alógenos, xenógenos e sintéticos (SILVA, 2020).

Para Zhang *et al.* (2021), a definição de enxerto ósseo se trata de um procedimento no qual um fragmento de tecido ósseo é transplantado de uma área doadora para uma área receptora, a fim de promover a proteção óssea. De acordo com a literatura Odontológica, esse fragmento ósseo pode ser isolado ou combinado com outros biomateriais com o objetivo de suprir deficiências ósseas e reparar falhas. Os biomateriais utilizados podem agir por meio de diferentes movimentos, incluindo a osteocondução, osteoindução e osteogênese, ou através da combinação desses.

Assim afirma que a função dos enxertos é fornecer suporte mecânico e estimular a osteorregeneração, tendo como objetivo final a substituição óssea.

Os enxertos ósseos são classificados em três tipos: autólogo, homólogo e heterólogo. O enxerto autólogo é compatível com o próprio paciente e apresenta as vantagens de ser imunologicamente compatível, de possuir células osteogênicas e de promover a imunidade óssea. O enxerto homólogo é proveniente de um doador da mesma espécie e possui a vantagem de apresentar uma fonte suplementar de material ósseo. Já o enxerto heterólogo é proveniente de um doador de espécie diferente ou de origem sintética (RODRIGUES *et al.*, 2019).

3.3 Propriedades

Os biomateriais atuam de forma interdependente, possuem diferenciais específicos e podem ser classificados com base nos seus mecanismos de ação denominados como osteocondutores, osteoindutores e osteogênicos, formando uma tríade (SCHMIDT, 2021).

3.3.1 Osteocondução

A propriedade de osteocondução fornece um suporte para guiar uma estrutura na qual irá ancorar as células osteoprogenitoras (SCHMIDT, 2021). SENDO ASSIM

No processo de osteocondução, há formação de vasos sanguíneos que se interconectam, dentro de um processo tridimensional que se desloca e permite esta comunicação entre os vasos capilares (WEBER, 2019).

3.3.2 Osteoindução

A propriedade de osteoindução, confere capacidade de induzir células mesenquimais não especializadas diferenciando-as em osteoblastos, como resultado aciona o processo do crescimento ósseo (SCHMIDT, 2021).

3.3.3 Osteogênese

A osteogênese é um processo de formação de osso novo, envolve a diferenciação de osteoblastos, que são células especializadas capazes de sintetizar e mineralizar a matriz óssea, um composto celular rico em células tronco, osteócitos, osteoblastos e células mesenquimais, confere a competência de estimular matriz óssea suficiente para neoformação no sítio (SCHMIDT, 2021).

Quadro 1 – Propriedades Biológicas dos Biomateriais

Osteocondução	Capacidade de guiar/ conduzir, neoformação de tecido ósseo através de sua matriz de suporte, arcabouço (WEBWER, 2019).
Osteoindução	Processo que induz células mesenquimais não especializadas, diferenciando-as em osteoblastos (SCHMIDT, 2021)
Osteogênese	Processo de formação de Matriz óssea (SCHMIDT, 2021).

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.4 Tipos de enxertos

3.4.1 Autógeno

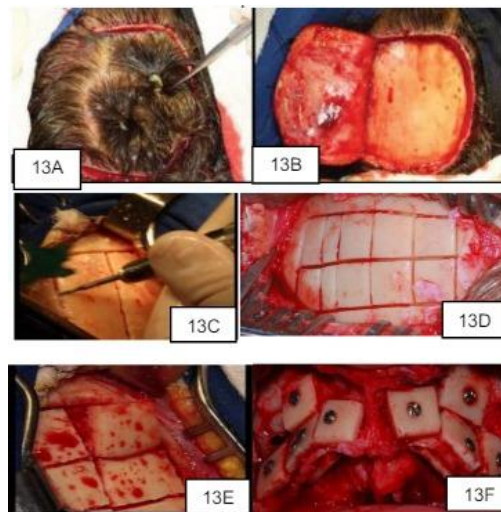
A técnica do enxerto autógeno consiste na retirada do tecido ósseo do próprio paciente e transplantar para ele mesmo. Esse tipo de enxerto autógeno é considerado padrão ouro, por suas propriedades biológicas essenciais, contempla as três propriedades, osteocondução, osteoindução e osteogênese. Foi reproduzido por Branemark no ano de 1975 pela primeira vez (RODOLFO et al, 2017).

Os enxertos autógenos são considerados o padrão de excelência quando comparados a outros enxertos, devido ao seu menor tempo de cicatrização e maior compatibilidade. Entretanto, pode não ser a melhor escolha clínica, pois pode estar relacionado a um aumento na dor pós-operatória e na morbidade (CHAVDA, 2018).

Existem diversas áreas doadoras comumente utilizadas para autoenxertos, tais como a crista ilíaca (tecido esponjoso), fíbula e costelas (tecidos corticais). Embora o

uso de autoenxertos apresente muitas vantagens, como a baixa taxa de rejeição imunológica, alto sucesso de integração e mínimo risco de transmissão de doenças, é importante levar em consideração alguns cuidados, como a disponibilidade limitada de material doador, o risco causado de fraturas e hematomas, além da morbidade pós-operatória associada à área doadora, como a dor crônica (RAMESH *et al.*, 2017). Figura 1.

Figura 1 - Cirurgia de retirada do osso autógeno da calota craniana



Fonte: Faverani *et al.*, 2014

3.4.2 Alógeno

Os aloenxertos são materiais ósseos de origem humana, obtidos de indivíduos da mesma espécie, muitas vezes de doadores cadavéricos. Após a retirada do tecido, são autorizados a um processo de esterilização, processamento e armazenamento em bancos de ossos. Existem diferentes tipos de aloenxertos disponíveis, incluindo osso liofilizado congelado, liofilizado e desmineralizado, cada um com suas particularidades e aplicações clínicas específicas (CHAVDA, 2018).

Aloenxertos trazem consigo as vantagens de menor morbidade ao paciente, maiores quantidades disponíveis. Entretanto, os aloenxertos mostram como desvantagem os desafios correlacionados incluindo potenciais reações antigênicas e risco de contágio de doenças infecciosas como, HIV, Hepatite B e C, Citomegalovírus e bactérias (LOISON, 2020). Figura 2.

Figura 2 - Exemplos de formatos diversos de Aloenxertos



Fonte: Fevani *et al*, 2014.

3.4.3 Xenógeno

Os xenoenxertos são materiais retirados de uma determinada espécie e transplantados para outra espécie diferente, provenientes de diferentes espécies animais, como equinos, suínos, bovinos, camelos e avestruzes, que são patenteados a um processo de desproteinização. Entre as opções disponíveis, os xenoenxertos derivados de ossos bovinos são os mais comumente usados em procedimentos de reconstrução óssea (AMID *et al.*, 2021).

Na literatura, destaca-se como vantagem dos enxertos heterólogos a vasta disponibilidade no mercado com diferentes especificidades e a necessidade de apenas um ato cirúrgico (LOISON, 2020). Entretanto os enxertos xenógenos possuem risco de rejeição, infecção e transmissão de prions (CARVALHO *et al*, 2021).

Contudo, variações nos processos de purificação e tratamento do osso de bovino geram produtos comerciais com características químicas distintas, potencialmente influenciando seu desempenho biológico. Esses materiais podem ser encontrados em diferentes formas, seja em partículas de variados tamanhos ou em blocos (LINDHE, 2005).

3.4.4 Aloplástico

Os biomateriais aloplásticos são sintetizados em laboratórios e utilizados para enxerto ósseo em odontologia. Comprem função osteocondutora e sua gama de variedades incluem as cerâmicas bioativas, como o biovidro e os fosfatos de cálcio, além de polímeros como a poliuretana e ácido polilático. Cada tipo de material tem propriedades únicas que podem afetar sua biocompatibilidade e osteoindutividade, tornando-se importantes a escolha do material adequado para cada paciente e lesão (WANG, 2020).

A vantagem na utilização destes materiais aloplásticos são que estes apresentam boa disponibilidade no mercado com diversos formatos, o que os torna mais acessíveis economicamente, semelhança a estrutura do tecido ósseo e fácil manuseio. Estes materiais trazem algumas desvantagens como o risco de rejeição, de curto e longo prazo podendo ocasionar infecções (RAMOS, 2017; CARVALHO; *et al*, 2021).

Quadro 2 – Principais características dos enxertos

TIPOS DE ENXERTO				
Características	Autógeno	aloenxerto	Xenoenxerto	Aloplástico
Origem	O doador é o próprio paciente. (RODOLFO; <i>et al</i> , 2017)	Doador da mesma espécie. (CHAVDA, 2018)	Doador de espécie diferente. (AMID; <i>et al</i> , 2021)	Sintetizado em laboratórios. (WANG, 2020)
Propriedades	Osteocondutor, Osteoindutor, Osteogênico. (CHAVDA, 2017)	Osteocondutor. (AI-NAWAS; B SCHEIGNITZ, 2014).	Osteocondutor. (PISTILI; <i>et al</i> , 2014)	Osteocondutor. (WANG, 2020)
Vantagens	Padrão ouro, excelente biocompatibilidade, não transmite doenças infecciosas. (CHAVDA, 2017)	Disponibilidade de quantidade, menor morbidade e tempo cirúrgico. (AI-NAWAS; B SCHEIGNITZ, 2014; LOISON, 2020)	Disponibilidade de quantidade, menor morbidade e tempo cirúrgico. (LOISON, 2020)	Boa disponibilidade e resistência, não transmite doenças, baixo custo e fácil manuseio. (RAMOS, 2017; CARVALHO; <i>et al</i> , 2021)
Desvantagens	Disponibilidade limitada, Maior tempo de cirurgia, maior morbidade, maior índice de reabsorção óssea, dor, edemas, envolve dois atos cirúrgicos. (RAMESH; <i>et al</i> , 2017)	Evidências de células vivas, potencial Antigênico, transmissão de doenças como HIV, Hepatite B e C, Citomegalovírus e bactérias (AI-NAWAS; B SCHEIGNITZ, 2014; LOISON, 2020)	Risco de infecções, rejeição e transmissão de príons. (CARVALHO <i>et al</i> , 2021)	Não apresenta capacidade osteogênicas, Risco de rejeição. (RAMOS, 2017; CARVALHO; <i>et al</i> , 2021)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4 BIOMATERIAIS

A utilização dos biomateriais vem desde a antiguidade, os primeiros registros datam de 4.000 A.C. (Carmo *et al.*, 2021). Os primeiros vestígios do emprego de biomateriais remontam a 4.000 A.C., porém, suas aplicações primordiais eram frequentemente infrutíferas, dada a ausência de compreensão dos princípios materiais, da natureza da infecção e das respostas biológicas pertinentes. (RATNER; BRYANT, 2004).

Os biomateriais desempenham um papel como suportes estruturais, compreendem uma arquitetura e um ambiente para o desenvolvimento e crescimento do tecido ósseo. Estes são projetados para possibilitar a adesão, sobrevivência, migração e proliferação de células durante o processo da regeneração tecidual óssea. Estes biomateriais possibilitam a remodelação óssea, comprem o papel de osteocondutores e, em certos casos, são veículos para fatores de crescimento e medicamentos, contribuindo assim para uma recuperação mais previsível do tecido ósseo danificado (KOLK *et al.*, 2012).

Segundo Potter e Ellis, (2004), as propriedades de um material ideal para enxerto ósseo são: ser quimicamente inerte, biocompatível, não alérgico, não cancerígeno, de custo aceitável, passível de esterilização sem que haja alteração de sua composição química, de fácil manipulação, de fácil conformação durante a realização da cirurgia, de boa estabilidade (fixação por parafusos) e apresentar radiopacidade. Além disso, o material não deve ser uma fonte passível de crescimento bacteriano, promovendo reabsorção e gerando degraus indesejáveis. Finalmente, o material deve ser totalmente reabsorvível e substituível por novo tecido ósseo.

A crescente procura e necessidade pelo uso de enxertos ósseos e biomateriais como substitutos ósseos têm se intensificado, sobretudo na área da implantologia. É notório o aumento significativo na demanda por correções de defeitos ósseos craniofaciais, devido a uma variedade de fatores como traumas, doenças periodontais, cirurgias, infecções, anomalias congênitas e tumores malignos, entre outros (ZHAO *et al.*, 2021).

Segundo Ratner (2005), Diretor da Universidade de Washington, Engineered Biomaterials (UWEB) em Seattle, Washington, Estados Unidos, os biomateriais são substitutos de tecidos e órgãos manipulados pelo homem. Eles podem ser usados

para reparar, substituir ou regenerar tecidos ou órgãos. Essas substâncias funcionam com o tecido biológico para proteger ou reparar o tecido danificado. Implantes ocultos, próteses articulares, dispositivos de liberação de medicamentos, curativos e sistemas de diagnóstico, são algumas das muitas aplicações dos biomateriais. O objetivo final é desenvolver um material que seja biocompatível.

A visão de Ratner (2005) sobre os biomateriais é que eles são um componente crucial da medicina moderna e da saúde, com aplicações que vão desde dispositivos simples, como curativos, até sistemas de liberação de medicamentos e tecidos complexos. O desenvolvimento de biomateriais seguros, eficazes e biocompatíveis requer uma abordagem interdisciplinar que combine conhecimentos em engenharia, biologia e medicina.

De acordo com Branemark *et al.* (2005), o patrono da implantodontia moderna, define biomateriais como materiais que são colocados em contato com tecidos vivos para realizar um objetivo específico, com ou sem a presença de modificações químicas ou biológicas. É claro que a interação entre o biomaterial e o tecido hospedeiro é fundamental para o sucesso do crescimento ósseo. O material usado para enxerto ósseo deve ser biocompatível, ou seja, capaz de interagir com o tecido hospedeiro sem causar reações fisiológicas ou imunológicas negativas. Para estimular a identidade óssea, também deve ter características osteocondutoras e osteoindutoras. Assim o pensamento de Branemark se alinha com o de Ratner, que também enfatiza a importância da biocompatibilidade, que seria um dos pilares do sucesso.

Uma interface entre materiais e estruturas biológicas é estabelecida por meio de biomateriais, que são classificados com base em sua composição química e física, potencial de biodegradabilidade, origem e modificações. A seleção do biomaterial adequado depende das características do receptor de tecido, e as pesquisas atuais concentram-se no desenvolvimento e aprimoramento de materiais biodegradáveis para uso em aplicações biomédicas (JAMMALAMADAKA, 2018).

Os biomateriais são materiais que o corpo humano pode receber para substituir ou reparar tecidos danificados. Dependendo de onde vêm, eles podem ser classificados como naturais ou sintéticos. Os biomateriais sintéticos são produzidos em laboratório, enquanto os biomateriais naturais são obtidos a partir de tecidos animais ou vegetais. Ambos os tipos de biomateriais devem ser biocompatíveis e

apresentarem características adequadas para suas aplicações clínicas, visando aumentar sua previsibilidade (DIAS, 2021).

4.1 Biomateriais Naturais

4.1.1 Osso Bovino

O mineral ósseo bovino natural desproteínizado é amplamente utilizado como biomaterial para enxertos ósseos xenogênicos e tem sido extensamente pesquisado. Estudos pré-clínicos e clínicos sintomáticos comprovam sua eficácia na integração com a superfície de implantes imediatos ou faseados, apresentando um excelente grau de biocompatibilidade. Além disso, a eficácia clínica desse biomaterial em procedimentos de aumento horizontal e vertical sugere que seu desempenho é comparado ao osso autólogo ou aloenxertos (MEGIOII *et al.*, 2020). Figura 3.

Figura 2 - Osso Bovino



Fonte: Site <https://botiss.com>

4.1.2 Suíno

Por meio da técnica de transmissão de fluxo de carbono utilizando CO₂ fluido como solvente, tem sido possível produzir enxertos ósseos descelularizados de suínos removendo proteínas, células e proteínas não colágenas dos tecidos animais. Essa técnica resulta em uma estrutura quimicamente semelhante à matriz óssea humana, não tóxica e com boa biocompatibilidade, sendo eficaz para a proteção óssea em defeitos osteocondrais. Atualmente, o método convencional utilizado para

preparação de materiais ósseos xenogênicos é a sintetização em altas temperaturas, geralmente entre 300-1300°C. Embora esse processo seja eficiente na eliminação de possíveis agentes infecciosos e componentes imunogênicos presentes no osso animal, ele acaba destruindo o colágeno intrínseco e distorcendo as estruturas porosas do osso. A ingestão de colesterol de carbono é uma técnica que preserva essas características importantes da matriz óssea, e um estudo mais aprofundado será controlado para avaliar a sua eficácia na imunidade óssea em humanos (CHEN *et al.*, 2021). Figura 4.

Figura 3 - Osso Suíno



Fonte: Site <https://www.dentsplysirona.com>

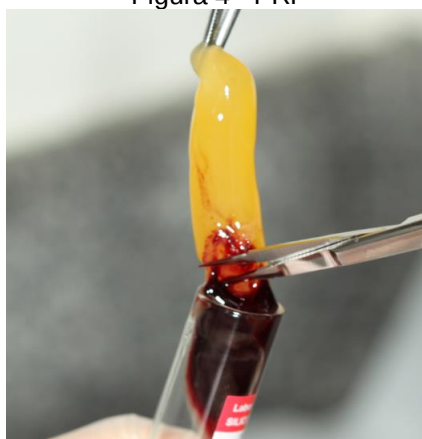
4.1.3 Quitosana

A quitosana é um componente derivado do exoesqueleto de artrópodes, crustáceos, algumas espécies de fungos e algas, sua industrialização atualmente é obtida a partir de subprodutos da indústria alimentícia de caranguejos e camarões. Sua extração é obtida através procedimentos químicos utilizando ácidos e bases, propiciando a desmineralização e desproteínização das carcaças desses animais. A obtenção de quitina purificada é indicada para uma gama de aplicações, dentro de setores industriais e biomédicos (SPIN-NETO, *et al*, 2008).

4.1.4 Concentrados sanguíneos PRF

A fibrina rica em plaquetas (PRF) é um concentrado plaquetário que foi produzido na França e amplamente utilizado na cirurgia oral e maxilofacial. Esse produto autólogo é preparado a partir do sangue do próprio paciente, permitindo um reparo mais célere das áreas cirúrgicas. É um biomaterial categorizado de segunda geração dos agregados plaquetários, o PRF é obtido através da centrifugação do sangue coletado. Ele se forma velozmente, criando uma rede de fibrina carregada com fatores de crescimento e citocinas, contribuindo para a restauração de tecidos moles e duros (WU; *et al*, 2012). Figura 5.

Figura 4 - PRF



Fonte: Site <https://www.mondcentrumeyckholt.nl/zorgaanbod/l-prf/>

4.2 Biomateriais sintéticos

Os materiais cerâmicos, como a hidroxiapatita (HA), o fosfato tricálcico (TCP) e os vidros bioativos, são amplamente empregados na medicina, especialmente na regeneração óssea. Sua excelente biocompatibilidade é atribuída à similaridade estrutural com a fase inorgânica do tecido ósseo. Além disso, a liberação de íons de cálcio por esses materiais na matriz extracelular pode potencializar a mineralização pelos osteoblastos, facilitando assim a regeneração do tecido ósseo.

4.2.1 Cerâmica de vidro bioativo

O primeiro vidro bioativo criado chamado 45S5, em 1969. Com sua estrutura química composta por $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$, os biovidros contêm cálcio, fósforo e hidrogênio de silício, podendo ser reabsorvíveis ou não reabsorvíveis, dependendo da proporção dos elementos. Dentre suas características, destacam-se a biocompatibilidade, dureza, granulidade e ausência de porosidade, além de serem osteocondutores e apresentarem propriedades de osseointegração. A estimulação de células osteogênicas ocorre a partir dos produtos de homologiação em apatitas biológicas que se formam em sua superfície. Apesar de fornecer resistência a resistência, o biovidro não oferece suporte estrutural e pode não ser removido sem fraturar o osso em determinadas situações (JORDANA *et al.*, 2017). Figura 6.

Figura 5 - Cerâmica de biovidro ativo



Fonte: Site <https://www.bonalive.com/pt-br/products/>

4.2.2 Hidroxiapatita

A hidroxiapatita é produzida comercialmente a partir da precipitação de di-hidrogenofosfato de amônio e nitrato de cálcio ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). Essa substância juntamente com outros sais minerais, como fosfato de cálcio e trifosfato de cálcio, tem propriedades osteocondutoras e osteointegradoras, mas não são capazes de induzir ou gerar crescimento ósseo (osteoidução ou osteogênese) (LOBB *et al.*, 2019).

Com o avanço da tecnologia e garantias de segurança quanto à transmissão de agentes infecciosos, a hidroxiapatita de origem natural tem sido amplamente utilizada como substituto ósseo. As fontes são diversas, incluindo cascas de ovos, ossos de mamíferos, conchas de moluscos marinhos e até mesmo plantas, fornecendo opções de baixo custo e ecologicamente corretas. No entanto, sua

natureza frágil limita sua utilização em aplicações que enfrentam suporte de carga. Para contornar esse problema, tem sido combinado com diferentes proteínas com o objetivo de melhorar, principalmente, suas propriedades mecânicas (RAMESH *et al.*, 2017). Figura 7.

Figura 6 - Hidroxiapatita



Fonte: Site <https://www.straumann.com>

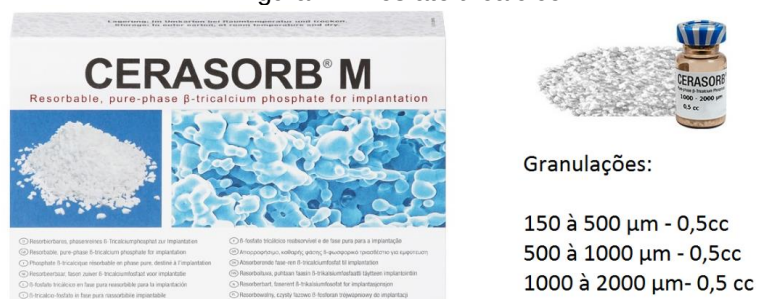
4.2.3 Fosfato Tricálcico

Existem diversos tipos de biomateriais utilizados em Odontologia para reparação óssea, incluindo os de origem sintética, como os fosfatos de cálcio, hidroxiapatita e β -fosfato tricálcico, e os de origem natural, como os colágenos e matriz óssea desmineralizada. A escolha do material mais adequado deve levar em consideração fatores como a indicação clínica, a disponibilidade, a biocompatibilidade e a capacidade de induzir a formação de tecido ósseo assim ganhando previsibilidade (GOMES, 2022).

O fosfato tricálcico é um dos materiais sintéticos de enxerto ósseo mais potente e amplamente utilizado, devido às suas propriedades osteocondutoras e osteoindutoras, permitindo uma proteção completa dos defeitos ósseos. No entanto, seu resultado clínico não é completamente previsível devido à sua natureza reabsorvível. A presença de poros interligados acelera o processo de invasão e substituição de seus scaffolds por osso, além de fornecer funcionalidades como atividade bactericida e luminescência. Embora seja um material bem estudado, há

ainda muitos aspectos desconhecidos sobre o fosfato tricálcico, o que sugere a necessidade de mais pesquisas nesta área (BOHNER *et al.*, 2020). Figura8.

Figura 7 – Fosfato tricálcico

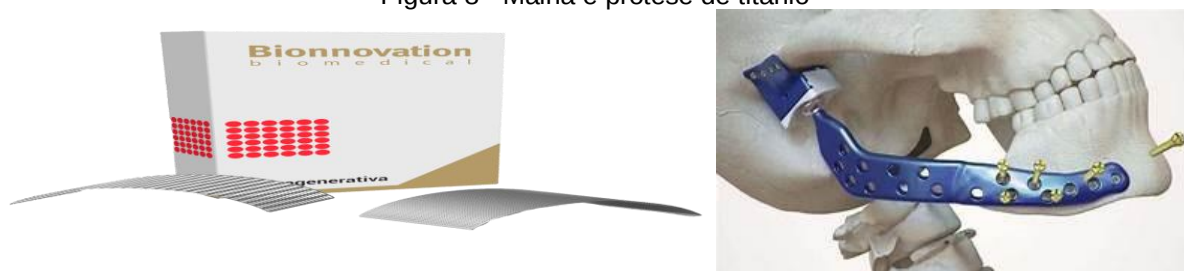


Fonte: Site <https://www.curasan.com>

4.2.4 Titânio

O Titânio, representando o grupo dos metais, é um enxerto não absorvível com funções cruciais, como garantir rigidez e maleabilidade, criar e manter espaços para o crescimento de novo osso, auxiliar na estabilização e proteger os enxertos utilizados. Devido à sua semelhança com o cálcio, o titânio possui propriedades de osseointegração quando aplicado ao tecido ósseo, além de excelente biocompatibilidade. Ele pode ser encontrado em várias formas, como malhas, telas, placas e parafusos. (CARVALHO *et al.*, 2021). Figura 9.

Figura 8 - Malha e prótese de titânio



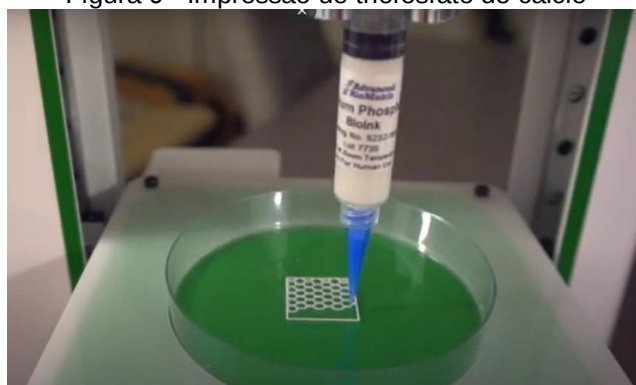
Fonte: Site <https://www.bionnovation.com>

5 SCAFFOLDS

Os avanços na área de biomateriais e técnicas cirúrgicas têm possibilitado uma maior previsibilidade nos resultados da osseointegração. Esses novos biomateriais, enxertos ósseos de última geração e técnicas cirúrgicas inovadoras permitem a formação e substituição de novas estruturas ósseas, remodelação óssea eficiente e apresentam melhorias em relação aos transtornos pós-operatórios, além de diminuir o tempo de cicatrização. Os protocolos de planejamento de proteção óssea mais recentes priorizam a previsibilidade a longo prazo, a preservação da reabilitação e o controle dos fatores de risco gerais e locais do paciente (INCHINGOIO *et al.*, 2022).

Figura 10

Figura 9 - Impressão de trifosfato de cálcio



Fonte: Site <https://br.video.search.yahoo.com>

As estruturas com potencial altamente elevado para enxertos ósseos possuem excelentes características mecânicas e grande poder de promover a vascularização. Através da impressão 3D, é possível criar enxertos personalizados para cada paciente, atendendo às suas necessidades em relação à compatibilidade histológica, tamanho dos enxertos e quantidade de formação óssea, o que possibilita uma maior eficiência e eficácia no processo de enxerto ósseo (JAMMALAMADAKA, 2020). Figuras 11 e 12.

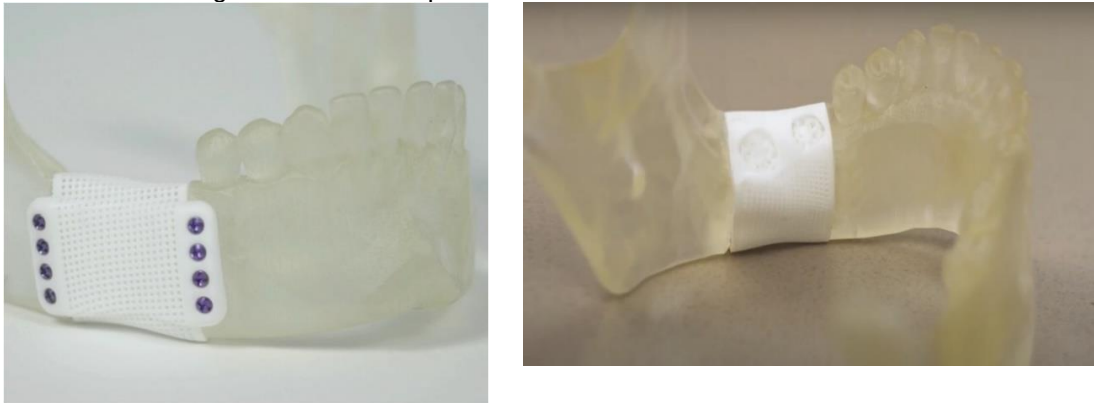
Figuras 10 e 12- Gaiola de Zirconia e inserções de fosfato tricálcico



Fonte: Site <https://lithoz.com>

Os scaffolds são estruturas feitas de nano fibras biodegradáveis, construídas com inúmeros Biomateriais existentes e diferentes métodos de produção. Atuam como uma espécie de suporte ou condutor das células, propiciando a neoformação de matriz. Esses materiais proporcionam um suporte estrutural crucial para o desenvolvimento de novo tecido ósseo, promovendo a regeneração e o crescimento adequado do osso. (KARAGEORGIU; KAPLAN, 2005). Figuras 13 e 14.

Figuras 13 e 14 - impressão de scaffolds instaladas no modelo



Fonte: Site <https://lithoz.com>

Silva (2021) afirma que Scaffolds na odontologia, são estruturas tridimensionais porosas que são utilizadas como suporte mecânico para tecidos danificados. Eles são fabricados com biomateriais compatíveis, como hidroxiapatita, fosfato tricálcio e polímeros, e podem ser aprimorados em uma variedade de tecidos, incluindo osso, dentes e gengiva. O objetivo é fornecer um ambiente propício para o crescimento e a

diferenciação celular, bem como para a formação de novos vasos sanguíneos, permitindo que o tecido danificado seja substituído pelo tecido regenerado.

6 METODOLOGIA

6.1 Tipo de estudo

O trabalho realizado foi uma revisão de literatura.

6.2 Termos

Foram utilizados os seguintes descritores e seus equivalentes em português e inglês: *biomaterials*, *bone regeneration*, *bone graf* e *odontology*

6.3 Período de estudo

O período de estudo e escrita foi em outubro do ano de 2023 a junho de 2024.

6.4 Coleta de análise

A coleta de dados foi realizada através de uma busca na base de dados: Google Acadêmico

6.5 Critério de inclusão de artigos

Os artigos utilizados foram em português e inglês, dada de preferência a inclusão dos artigos na pesquisa como: disponibilidade do texto completo, artigos publicados de 2004 a 2024, revisões de literatura, dissertações de mestrado, teses de doutorados e artigos publicados, elegibilidades das publicações e de concordância com o tema do estudo.

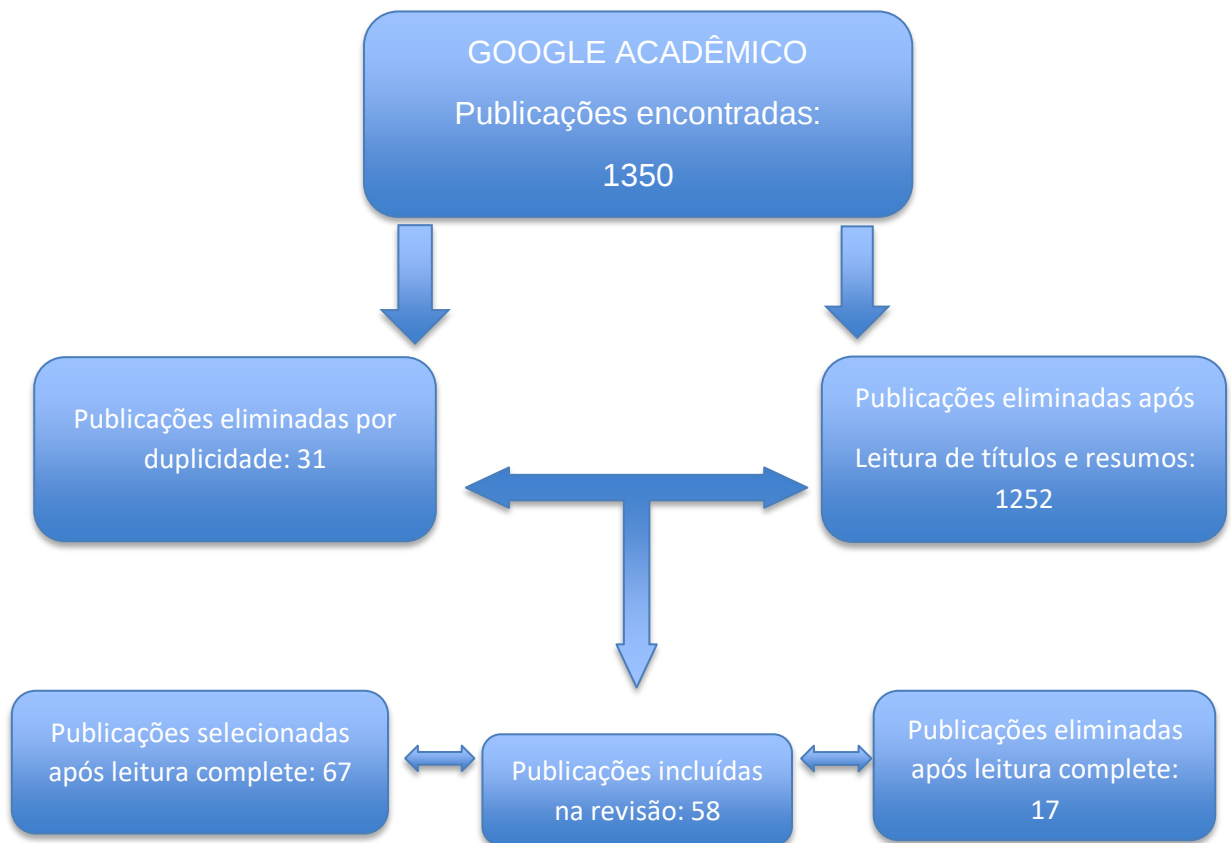
6.6 Critérios de exclusão de artigos

Os artigos foram removidos por não estarem alinhados com o tema do trabalho, serem duplicados, conterem conteúdo irrelevante para o assunto ou não atenderem aos critérios de elegibilidade na avaliação; além de relatos de casos clínicos, pesquisas qualitativas e quantitativas.

6.7 Seleção dos estudos

Foram encontrados 1350 resultados e após a filtragem inicial com leitura de títulos, resumos e remoção dos duplicados, restaram 67 artigos. Em seguida, após leitura completa das publicações, foram selecionadas 58 publicações. (figura 1).

6.8 Fluxograma



7 DISCUSSÃO

A crescente procura e necessidade pelo uso de enxertos ósseos e biomateriais como substitutos têm se intensificado, sobretudo na área da implantologia. É notório o aumento significativo na demanda por correções de defeitos ósseos craniofaciais, devido a uma variedade de fatores como traumas, doenças periodontais, cirurgias, infecções, anomalias congênitas e tumores malignos, entre outros (ZHAO *et al.*, 2021)

O osso é um tecido conjuntivo especializado que constitui a principal estrutura de sustentação do organismo associado aos músculos. (OVALLE; NAHIRNEY, 2014). Esse tecido é composto por elementos orgânicos e inorgânicos e possui capacidade regeneradora e reparadora. A regeneração envolve a criação de um novo tecido ósseo, enquanto a reparação consiste em restaurar o tecido danificado prevenindo sua degradação. No entanto, apesar de possuir propriedade regeneradora, em casos de grandes perdas, o organismo não consegue se regenerar sozinho. Por esse motivo é preciso lançar mão de biomateriais que cumpram a função do tecido ósseo (SOUSA, 2018).

Os Biomateriais desempenham um papel fundamental como suportes estruturais, proporcionando uma arquitetura e um ambiente ideal para o desenvolvimento e crescimento do tecido ósseo. Eles são projetados para facilitar a adesão, sobrevivência, migração e proliferação celular durante o processo de regeneração óssea. Além disso, esses biomateriais aceleram a remodelação óssea, norteiam a osteocondução e, em certos casos, funcionam como veículos para fatores de crescimento e medicamentos, contribuindo assim para uma recuperação mais eficaz e rápida do tecido ósseo danificado (KOLK *et al.*, 2012).

A classificação conhecida de biomateriais para enxerto ósseo abrange o osso autógeno, aloenxertos, xenoenxertos e aloplásticos ou sintéticos. Aloenxertos compreendem tecido cadavérico obtido a partir de técnica asséptica rigorosa que visa o impedimento de contaminação cruzada. Xenoenxertos derivam de origem biológica como exemplo do osso bovino, suíno, equíno, camelos e avestruzes, que foram submetidos a um processo de desproteínização. Aloplásticos baseiam-se em propriedades físico-químicas, são compostos de hidroxiapatita e somados a outros compostos como fosfato de cálcio (AMID *et al.*, 2021) Segue tabela em anexo.

Essas classificações diferenciam os biomateriais partindo de sua origem físico-químicas e biológicas e, portanto, para atingir êxito através da utilização desses substitutos ósseos é imprescindível conhecer suas limitações e potencialidades que serão condicionantes para a tomada de decisão (YAMADA; EGUSA, 2017).

Os enxertos autógenos são considerados o padrão de excelência quando comparados a outros enxertos, devido ao seu menor tempo de cicatrização e maior compatibilidade, por suas propriedades osteocondutoras, osteoindutoras e osteogênicas. Entretanto, pode não ser a melhor escolha clínica, pois pode estar relacionado a um aumento na dor pós-operatória e na morbidade (CHAVDA, 2017).

Embora o uso de autoenxertos apresente muitas vantagens, como a baixa taxa de rejeição imunológica, alto sucesso de integração e mínimo risco de transmissão de doenças, é importante levar em consideração alguns cuidados, como a disponibilidade limitada de material doador, o risco de fraturas e hematomas, além de custos extras operacionais e hospitalares, exames pré-operatórios, necessidade de uma segunda cirurgia e morbidade pós-operatória associada à área doadora (RAMESH *et al.*, 2017).

Em comparação ao autoenxerto o aloenxerto apresenta vantagens relacionadas a disponibilidade de quantidade, menor morbidade e tempo cirúrgico, pois elimina o segundo ato cirúrgico. O aloenxerto cumpre o papel de osteocondutor e apresenta as desvantagens de evidências de células vivas, potencial Antigênico, transmissão de doenças como HIV, Hepatite B e C, Citomegalovírus e bactérias, que levantam questionamentos a respeito deste biomaterial. (Al-NAWAS, 2014).

Em comparação ao autoenxerto e ao aloenxerto, o xenoenxerto se mostrou uma alternativa adequada e apresenta vantagens relacionadas a não vinculação com doadores humanos, ausência de segundo ato cirúrgico, acessível e disponível em grande quantidade. Xenoenxerto compreende uma estrutura porosa interligada que se assemelha com o osso humano, compõe função osteocondutora e possui lenta capacidade de reabsorção e isso pode influenciar a remodelação do tecido ósseo. Em outros aspectos pode ser vantajosa para regenerar grandes perdas ósseas ao passo que torna possível a manutenção do volume ao longo do tempo (PISTILI; *et al*, 2014)

Em comparação ao autoenxerto, ao aloenxerto e ao xenoenxerto os biomateriais aloplásticos apresentam vantagens e se mostram promissores quando se refere a sua quantidade ilimitada, a padronização do produto, a qualidade e a inexistência de risco de doenças infecciosas (HSU WANG, 2014). Os biomateriais

aloplásticos comprem a principal função de osteocondutores e como desvantagem esses materiais apresentam baixo potencial regenerador e por esta característica são utilizados em associação com outros aloplásticos como hidroxiapatita mais fosfato tricálcico, associados também com outras tipologias de enxerto ósseo e potencializados com fatores de crescimento, assim como concordam os autores (HAUGEN *et al*, 2019; ARMITAGE, 2020; HSU WANG, 2014). Para além destas desvantagens os autores Ramos, (2017) e Carvalho; *et al*, (2021) acrescentam que os biomateriais aloplásticos possuem o risco o de rejeição, de curto e longo prazo podendo ocasionar infecções.

Em busca do biomaterial ideal, pesquisas contínuas são realizadas para superar as limitações dos enxertos autógenos. Avanços significativos são alcançados nessa área, embora ainda não exista um biomaterial perfeito. Cada vez mais, novos biomateriais com propriedades aprimoradas e maior eficiência estão sendo introduzidos no mercado (IAQUINTA; *et al*, 2019)

É imprescindível que os biomateriais possuam as propriedades básicas que propiciem um ambiente ideal para a substituição do tecido ósseo, é necessário que esse substituto seja biocompatível, bioativo e biodegradável, assim concordaram os autores (RATNAYAKE; MULACO; DIAS, 2017).

Na engenharia de tecidos esses biomateriais se apresentam enquanto suporte estrutural sólido, isento de celularidade e com múltipla porosidade que se interconecta, com arquitetura voltada para desempenhar funções como: Promover interface inerte ideal para compreender celularidade, a adesão celular e matriz extracelular (MEC); possibilitar a sobrevivência através da condução de nutrientes, gases, proliferação e diferenciação celular; biodegradar de forma controlada à medida que haja a formação de novo tecido ósseo mantendo sua volumetria; não colapsar diante da porosidade criada para ser substituída pelo futuro tecido ósseo. Portanto, bioabsorção se relaciona de forma inversa a manutenção volumétrica e se faz necessário que haja um equilíbrio entre a bioabsorção e a manutenção de volume ao longo do tempo (YAMADA; EGUSA, 2018).

Os biomateriais demandam requisitos mecânicos, ajustando suas propriedades para se alinhar com as do tecido hospedeiro, visando minimizar o risco de complicações. São projetados para imitar as características mecânicas do osso esponjoso (WU S; *et al*, 2014).

Atualmente o cenário aponta para tecnologias das bioimpressões a exemplo dos *scaffolds* 3d, estes compreendem um papel central diante da evolução dos biomateriais na promoção da regeneração óssea (FUNDA; *et al*, 2020).

Para finalizar Pedroso (2022) afirma que, com o propósito de mimetizar as características do tecido ósseo, como sua composição, biocompatibilidade e resistência mecânica, é notório que pesquisas são feitas em campo multidisciplinar unindo a engenharia de tecidos à potencialização destes materiais por intermédio da celularidade e de fatores de crescimento. Estes ensaios com biomateriais exigem uma mentalidade abrangente que prospecte um novo horizonte na área de regeneração óssea, mirando no beneficiamento de protocolos com maior previsibilidade para a prática clínica.

Entretanto para alcançar os resultados clínicos ideais, Pedroso (2022) conclui que, é essencial possuir um conhecimento a respeito dos tipos e suas materialidades visando otimização do desempenho do biomaterial escolhido e em busca do melhor resultado clínico possível e colaborando para o bem-estar e qualidade de vida dos pacientes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Biomateriais utilizados para enxertos ósseos na reabilitação de pacientes em odontologia revelam-se quanto uma opção competente. São inúmeras opções disponíveis no mercado que variam entre os naturais e os sintéticos onde cada qual cumpre determinadas especificidades.

Nesta Perspectiva, é de fundamental importância o conhecimento a respeito de suas tipologias e características para a indicação adequada de cada caso clínico levando em consideração as necessidades e complexidades do defeito ósseo, visando o bem-estar e a qualidade de vida dos pacientes.

Baseado na literatura atual podemos afirmar que não existe o biomaterial ideal. Entretanto, acatando as orientações científicas os estudos devem avançar ainda mais em direção ao aperfeiçoamento dos resultados. Para tal, é preciso ter uma visão ampla diante das novas descobertas no que compreende os biomateriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMID, R. *et al.* Structural and chemical features of xenograft bone substitutes: A systematic review of in vitro studies. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, ano 2021, 68, v.6, p. 1432–1452.

Al-NAWAS B, SCHIEGNITZ. Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone – a systematic review and meta-analysis. **Eur J Oral Implantol** 2014;7(Suppl 2): S219-34.

ARMITAGE, G. C. (2020). A brief history of periodontics in the United States of America: Pioneers and thought leaders of the past, and current challenges. *Periodontology* 2000, 82(1), 12-25.

BOHNER, M. *et al.* Performance of Calcium phosphate bone graft substitutes in animal models. **Bone**, v. 110, p. 115-127, 2020.

BRANEMARK, PI, Zarb , GA , & Albrektsson, T . **O livro da Osseointegração: da calvaria ao Calcâneo**. Quintessence Publishing Co, Inc 2005.

CAMARGO N. H. A. *et al.* Synthesis and characterization of nanostructures calcium phosphates powders and calcium phosphates/Al₂O₃-α nanocomposites. **JAM**, ano 41, v. 3, p. 33-43. 2009.

CARVALHO, Lucas Monteiro rochae et al. Como escolher qual técnica de enxertia aplicar? uma revisão sobre os diferentes tipos de enxerto ósseo dentário. *Revista saúde multidisciplinar*, v. 9, n. 1, 2021.

CHAVDA, Suraj; LEVIN, Liran. Estudos humanos de aumento vertical e horizontal do rebordo alveolar comparando diferentes tipos de materiais de enxerto ósseo: uma revisão sistemática. **Journal of Oral Implantology**, v. 44, n. 1, p. 74-84, 2018.

CHIARELLI, et al. Uso do Plasma rico em plaquetas associado a osso autógeno em cirurgia de levantamento do assoalho do seio maxilar Relato de caso. *Revista Brasileira de Implantodontia*, ano 3, p. 06-08. 2004.

CHEN, Qun, Hai Xiang, Zhiwei, liu, lihong Fan, Jie Ren, Weiliang, Shen, Yongwei, Sun, Jun, Liu, Wenjun, feng e xuelin Huang. **Decellularization of porcine bone using carbon dioxide fluid as solvent, and its immune evaluation**. *Journal of Orthopaedic translation*, v. 29, p. 70-77, 2021.

Cheung C. The future of bone healing. *Clin Podiatr Med Surg* 2005;22(4):631-41.

DIAS, B.M.S. **Desenvolvimento de filme de quitosana e celulose Bacteriana para aplicação como biomateriais**. 2021.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia). - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2021.

CARMO Guedes do, F., da Rocha, L. N., Delgado, I. A., Bezerra, M. E. S., Silva, T. L., & Medeiros, M. L. B. B.. **O papel dos biomateriais na Odontologia restauradora e minimamente invasiva** The role of biomaterials in restorative and minimally invasive dentistry. Brazilian Journal of Development, 7(7), 2021.

FAVERANI, Leonardo Perez *et al.* Técnicas cirúrgicas para a enxertia óssea dos maxilares – revisão da literatura. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, Araçatuba, v. 1, n. 41, p. 61-67, 2014. Mensal.

Funda G, Taschieri S, Bruno GA, Grecchi E, Paolo S, Girolamo D *et al.* Nanotechnology scaffolds for alveolar bone regeneration. *Materials (Basel)*. 2020;13(1):201.

GOMES, Mas. **Biomateriais para proteção óssea em Odontologia**: uma revisão da literatura. 2021. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia). - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2022.

Garcia Gareta E, Coathup MJ, Blunn GW. Osteoinduction of bone grafting materials for bone repair and regeneration. *Bone* 2015; 81:112-21.

Hsu, Y. T., & Wang, H. L. (2013). How to select replacement grafts for various periodontal and implant indications. *Clinical Advances in Periodontics*, 3(3),167-179.

Haugen, H. J., Lyngstadaas, S. P., Rossi, F., & Perale, G. (2019). Bone grafts: which is the ideal biomaterial? *Journal of Clinical Periodontology*, 46, 92-102.

IAQUINTA, M. *et al.* **Innovative Biomaterials for Bone Regrowth**. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 3, p. 618, Jan. 2019.

INCHINGOLO, A. M., & Dipalma, G bakilov. Baret nabogh. **Innovative Concepts and Recent Breakthrough for Engineered Graft and Constructs for Bone Regeneration**: A Literature Systematic Review.2022. In *Materials*, 15(3), 1-8. MDPI.

JAMMALAMADAKA, U., & Tappa, K. **Recent advances in biomaterials for 3D printing and tissue engineering**. In *Journal of Functional Biomaterials*, 2018,9(1), 1-10.

JORDANA, F. C. M.; OREFICE, R.L.; ZAVAGLIA, C A., Cavaggiio, **Biovidro: história, composição e aplicações em odontologia**. *Revista odontológica de Araçatuba*, v. 38, n.2, p. 34-38, 2017.

Lindhe, J. Dimensional Ridge Alterations Following Tooth Extraction. An Experimental Study in the Dog. *Journal of Clinical Periodontology*, 32, 212-218, 2005.

KARAGEORGIOU v, KAPLAN d. **Porosity of 3D biomaterial scaffolds and osteogenesis.** Biomaterials 2005,26 (27) 5474-5491.

KOZLOVSKY, Avital. "**Biomateriais na odontologia: uma visão geral**". Revista de Pesquisa Odontológica, v. 15, no. 1, p. 56-61. 2019.

KOLK, A. et al. **Current trends and future perspectives of bone substitute materials – From space holders to innovative biomaterials.** Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, v. 40, n.8, p. 706-718, Dez. 2012.

LOBB, D. A., ZyggourKIS, K., & Beretta, G. P., Baruki, sava. **Calcium fosfate-based boné substitute.** In Regenerative, Engineering of Musculoskeletal Tissues and Interfaces (pp. 125-148). Woodhead. Publishing.2019

LOISON, Victorien Andre Gerard. Classificação e propriedades de materiais de substituição óssea num enxerto ósseo na cavidade oral. Revisão de literatura. 2020. Orientador: Professor Doutor Arnaldo Sousa. Dissertação de mestrado. Instituto Universitário de Ciências da Saúde. Gandra, 2020.

LYONS, J. G., Plantz, M. A., Hsu, W. K., Hsu, E. L., & Minardi, S. **Nanostructured Biomaterials for Bone Regeneration.** In Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 8(1), 1-8.2020

MANO, J F. **Avanços em biomaterias e nanotecnologia na medicina regenerativa.** Revista eletrônica de iniciação científica em tecnologia assistiva e Acessibilidade, 2 (1), 34-43. vol. 8, p. 571994, 2020.

MARQUES, M. M., et al. "**Scaffolds for tissue engineering and regenerative medicine.**" Acta Biomaterialia 94, 1-12,2019.

MEGIOII, O.; FELICE, P.; LORENZO, M.; ESPOSITO, M. **Natural bovine bone Mineral in implant dentistry.** Eoropean Journal of Oral implantology, v. 13, n. Supl, 1, p. S93-S111, 2020

OLIVEIRA, L. et al. **Biomateriais com aplicação na regeneração óssea–método de análise e perspectivas futuras.** Revista de ciências médicas e biológicas, v. 9, n. 1, p. 37-44, nov. 2010.

OVALLE, William K.; NAHIRNEY, Patrick. **Bases da Histologia.** 2. ed. Rio de janeiro; Elsevier, 2014.

PEDROSO, Rodrigo. Uso de biomateriais na regeneração e engenharia de tecido ósseo: uma revisão de literatura. 2022. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Odontologia, Centro de Ciências e Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

POTTER, JK, Ellis III E. **Biomaterials for reconstruction of the internal orbit.** J Oral Maxillofac Surg 2004; 62:1280-97.

PISTILLI R, Felice P, Piatelli M, Nisii A, Barausse C, Esposito M. Blocks of autogenous bone versus xenografts for the rehabilitation of atrophic jaws with dental implants: preliminary data from a pilot randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2014;7(2):153-7.

M. Peroglio, L Gremillard, Chevalier, L Chazeau, C. Gauthier, T. Hamaide, **toughening of bio-ceramics scaffolds by polymer coating**, *J. Eur. Ceram. Soc.* 27 (2007) 2679-2685. doi:10.1016/j.jeuceram.2006.10.016

RAMESH, Niranjani; MORATTI, Stephen C.; DIAS, George J. **Biocompósitos de polímeros de hidroxiapatita para regeneração óssea: uma revisão das tendências atuais**. *Journal of Biomedical Materials Research Parte B: Applied Biomaterials*, v. 106, n. 5, pág. 2046-2057, 2017.

RATNER, BD. **Biomaterials Science**: na introduction to materials in medicine. 3rd ed. San Diego, CA: Elsevier Academic, press, 2014.

RATNER BD, Bryant SJ. **Biomaterials: where we have been and where we are going**. *Annu Rev Biomed Eng.* 2004; 6:41-75. doi: 10.1146/annurev.bioeng.6.040803.140027. PMID: 15255762.

RATNAYAKE JTB, MULACO M, Dias GJ. Substituted hydroxyapatites for bone regeneration: A review of current trends. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2017;105(5):1285-99.

RODRIGUES, MM et al. **Enxertos ósseos em odontologia**: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Odontologia*, v. 76, n. 1, pág. 11-16, 2019.

RODOLFO, Lilian Merino et al. **Substitutos ósseos alógenos e xenógenos comparados ao enxerto autógeno**: reações biológicas. *Revista Brasileira Multidisciplinar-ReBraM*, v.20, n. 1, p. 94-105, 2017

SAINI M, Singh Y, Arora P, Arora V, Jain K. **Implant biomaterials**: A comprehensive review. *World J Clin Cases.* 2015; 16; 3(1): 52-7.

SOUZA, L.G.A; VIEIRA, R.F.A. **O uso da fibrina rica em plaquetas na Odontologia**. Uma visão crítica. 2016. Monografia (Graduação em Odontologia). - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2016.

SILVA, A. **Desenvolvimento e caracterização de scaffolds para aplicação em medicina regenerativa**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia). - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

SILVA, A. **Scaffolds na odontologia**: estruturas tridimensionais porosas como suporte mecânico para a regeneração de tecidos danificados. *Revista de Odontologia Moderna*, v. 23, n. 1, p. 56-61, 2021.

SERRA, M. **As duas guerras mundiais e o avanço da área de biomateriais**. In: *Revista biológica e ciência da terra*, v.19.n.2,15-20, 2019.

SCHMIDT, A. H. (2021). **Autologous bone graft: Is it still the gold standard?** Injury, 52, S18–S22.

SERRA, M. **As duas guerras mundiais e o avanço da área de biomateriais.** In: Revista biológica e ciência da terra, v.19.n.2,15-20,2019.

R. SPIN-NETO, C. PAVONE, R.M. de FREITAS, R.A.C. MARCANTONIO, E. MARCANTONIO-JÚNIOR, **Biomateriais à base de quitosana com aplicação médica e odontológica: revisão de literatura**, Odontol. Da. 37 (2008) 155–161.

WANG Y, Li J, Xia Y, et al. **Biomateriais atuais para engenharia de tecido ósseo.** Teranóstico. ;10(18): 1040-1055. 2020.

WEBER, F. E. **Reconsidering Osteoconduction in the Era of Additive Manufacturing.** In Tissue Engineering - Part B: Reviews, 25(5), 375–386, 2019.

WU, C. L., Lee, S. S., Tsai, C. H., Lu, K. H., Zhao, J. H., & Chang, Y. C. Platelet-rich fibrin increases cell attachment, proliferation and collagenrelated protein expression of human osteoblasts. Aust Dent J., 57: 207-212. 2012.

WU; et al. Biomimetic porous scaffolds for bone tissue engineering. **Materials Science and Engineering**: R: Reports, v. 80, p. 1-36, Jun. 2014.

M. Yamada, H. Egusa. Current bone substitutes for implant dentistry. J Prosthodont Res 2017.

ZHANG, J., Eyisoğlu, H., Qin, X.-H., Rubert, M., and Müller, R. **3D Bioprinting of Graphene Oxide-Incorporated Cell-Laden Bone Mimicking Scaffolds for Promoting Scaffold Fidelity, Osteogenic Differentiation and Mineralization.** Acta Biomater. 121, 637–652. 2021.

ZHAO, R., Yang, R., Cooper, P. R., Khurshid, Z., Shavandi, A., & Ratnayake, J. **Bone grafts and substitutes in dentistry:** A review of current trends and developments. In Molecules, 26(10), 70-76. 2021.

