



FACULDADE SETE LAGOAS - FACSETE

Especialização em Implantodontia

Taíza Tolentino dos Santos

OSSEOINTEGRAÇÃO NA IMPLANTODONTIA:

Uma Revisão dos Princípios Fundamentais

Sete Lagoas

2025

Taíza Tolentino dos Santos

**OSSEOINTEGRAÇÃO NA IMPLANTODONTIA:
Uma Revisão dos Princípios Fundamentais**

Monografia apresentada ao curso de especialização Lato Sensu da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Implantodontia.

Orientador: Prof. Rodrigo Cavalcante de Almeida

Área de concentração: Odontologia

Sete Lagoas

2025



Taíza Tolentino dos Santos

OSSEOINTEGRAÇÃO NA IMPLANTODONTIA:

Uma Revisão dos Princípios Fundamentais

Monografia apresentada ao curso de especialização Lato Sensu da Faculdade Sete Lagoas - FACSETE, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Implantodontia.

Área de concentração: Odontologia

Aprovada em 04/06/2025 pela banca constituída dos seguintes professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof.Dr.Rodrigo Cavalcante de Almeida

Prof.Dr. Francisco Julherme Pires de Andrade

Sete Lagoas

2025

*"A osseointegração não é apenas uma técnica; é a fusão harmoniosa entre implante e osso,
trazendo novas possibilidades para a reabilitação oral."*

Dr. Per-Ingvar Brånemark

RESUMO

Palavras-chave: Biomateriais; Implantes Dentários; Osseointegração.

O presente trabalho, intitulado **“Osseointegração na Implantodontia – Uma Revisão dos Princípios Fundamentais”**, tem como propósito explorar e integrar os conhecimentos atuais acerca dos fatores que influenciam a integração entre implantes dentários e tecido ósseo, examinando inovações recentes e propondo direções futuras no campo da implantodontia. A osseointegração, conceito revolucionário introduzido por Per-Ingvar Brånemark, fundamentou o desenvolvimento da implantodontia contemporânea ao possibilitar a fixação estável e duradoura de implantes em estruturas ósseas, modificando de maneira substancial as abordagens de reabilitação oral. Este estudo propõe-se a revisar a literatura científica publicada entre 2020 e 2025, com ênfase na análise de fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam a qualidade da osseointegração, como o design dos implantes, os materiais empregados e a condição sistêmica dos pacientes. A metodologia contempla uma busca sistemática em bases de dados acadêmicas, com seleção de artigos voltados aos processos biológicos e aos avanços tecnológicos na área. Entre os aspectos destacados, observa-se a evolução dos materiais e das técnicas destinadas à otimização da osseointegração. Modificações em superfícies de implantes, mediante aplicação de micro e nanoestruturas, têm se mostrado eficazes no aumento da adesão celular e na aceleração da formação óssea. Tecnologias como o titânio anodizado e biomateriais bioativos, notadamente aqueles à base de cálcio, despontam como alternativas promissoras para o aprimoramento do desempenho clínico dos implantes. A discussão evidencia que o design dos implantes e a presença de superfícies texturizadas exercem impacto direto sobre a resposta biológica, favorecendo a obtenção de maior estabilidade inicial. Avanços em nanotecnologia e em técnicas de impressão 3D têm possibilitado elevado grau de personalização, permitindo o ajuste dos implantes à anatomia individual do paciente e potencializando os resultados estéticos e funcionais. Tal personalização, associada ao uso de métodos avançados de imagem, viabiliza um planejamento cirúrgico mais preciso.

O trabalho também aponta direções futuras fundamentadas nas atuais lacunas de conhecimento, recomendando investigações em áreas emergentes, como biomateriais inteligentes e engenharia de tecidos. Tais perspectivas buscam não apenas ampliar a eficácia clínica dos tratamentos, mas também favorecer soluções mais acessíveis e individualizadas.

Nas considerações finais, reafirma-se que a compreensão aprofundada da osseointegração e de suas variáveis determinantes deve permanecer como eixo central da implantodontia contemporânea. A convergência entre novas tecnologias e estratégias personalizadas projeta avanços expressivos, respaldando o desenvolvimento de práticas clínicas mais seguras, eficazes e alinhadas às necessidades dos pacientes. Por fim, destaca-se que a osseointegração não constitui um fenômeno aleatório, mas resulta de complexas interações biológicas e tecnológicas que demandam investigação contínua, inovação e rigor científico. Assim, este estudo pretende contribuir significativamente para o avanço da área, promovendo benefícios duradouros tanto para a prática clínica quanto para a experiência dos pacientes.

ABSTRACT

This paper, entitled "Osseointegration in Implant Dentistry - A Review of Fundamental Principles," aims to explore and integrate knowledge about the factors that influence the integration between dental implants and bone tissue, examining innovations and proposing future directions in the field. Osseointegration, a revolutionary concept introduced by Per-Ingvar Brånemark, has underpinned the advancement of implant dentistry by enabling secure and long-lasting fixation of implants in bone structures, radically transforming oral rehabilitation approaches. The study aims to review the scientific literature between 2020 and 2025, analyzing intrinsic and extrinsic elements that affect the quality of osseointegration, such as implant design, materials used, and the systemic health of patients. The methodology includes a systematic search of academic databases, focusing on articles addressing biological processes and technological advances in the field. One of the highlights is the evolution of materials and techniques aimed at optimizing osseointegration. Modifications to implant surfaces using micro- and nanostructures have demonstrated success in increasing cell adhesion and accelerating bone formation. Technologies such as anodized titanium and biomaterials containing bioactives, such as calcium, are cited as promising for improving implant performance. The discussion notes that implant design and their textured surfaces have a direct impact on the biological response, helping to achieve better initial stability. Advances in nanotechnology and 3D printing enable advanced customizations, adjusting implants to the patient's specific anatomy and improving aesthetic and functional outcomes. This customization, combined with the use of sophisticated imaging techniques, enables more precise surgical planning. The work also projects future directions based on current knowledge gaps, recommending investigations in emerging areas such as smart biomaterials and tissue engineering. This research aims not only to improve the clinical efficacy of treatments but also to make solutions more accessible and personalized. Based on the concluding remarks, it is reaffirmed that a detailed understanding of osseointegration and its determining variables must continue to be a central focus in implant dentistry. The convergence of new technologies and personalized approaches promises to accelerate considerable progress, supporting the development of safer and more effective clinical practices. The work emphasizes that osseointegration is not merely a product of chance, but the result of a series of biological and technological interactions that require continuous attention and dedication to innovation and research. Thus, the study aims to contribute significantly to the field, promoting advances that will have lasting benefits for clinical practice and the patient experience.

Keywords: *Biomaterials; Dental Implants; Osseointegration.*

LISTA DE TABELAS

TABELA 01.....7

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3 METODOLOGIA	11
4 REFERENCIAL TEÓRICO	12
4.1 História e Evolução da Osseointegração	12
4.2 Fatores Biológicos que influenciam a Osseointegração	12
4.3 <i>Design</i> do Implante e Impacto na Osseointegração	13
4.4 Avanços Tecnológicos e Materiais	14
4.5 Direções Futuras e Pesquisas Emergentes	15
5 DISCUSSÃO	17
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

A osseointegração, desde seu conceito pioneiro introduzido por Per-Ingvar Brånemark na década de 1960, representou um marco transformador no campo da implantodontia. Este princípio revolucionário permitiu a ancoragem segura de próteses dentárias em estruturas ósseas, promovendo uma reabilitação oral mais previsível e duradoura. A adesão íntima entre o implante e o osso circundante, sem a interposição de tecido conjuntivo fibroso, é essencial para assegurar a estabilidade e a funcionalidade a longo prazo dos implantes dentários. Desde então, a busca pela compreensão detalhada dos processos biológicos e mecânicos que regem a osseointegração tem guiado avanços significativos nesta área, resultando na evolução dos materiais e técnicas aplicadas na implantodontia (Bakitian, 2024).

Para compreender a osseointegração, é crucial analisar uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam sua ocorrência e sucesso. Esses fatores incluem tanto o *design* e o material dos implantes quanto a qualidade e quantidade óssea do paciente, além das técnicas cirúrgicas empregadas. A interface implante-osso é um dos principais focos de estudo, uma vez que a resposta biológica em nível celular determina a extensão e a qualidade da osseointegração. Além disso, aspectos como a saúde sistêmica do paciente, fatores genéticos, e o controle de condições inflamatórias locais, desempenham papéis fundamentais na taxa de sucesso dos implantes (Ogawa *et al.*, 2025).

Nos últimos anos, a literatura científica tem se concentrado em explorar novos materiais e tecnologias com o objetivo de aprimorar a capacidade dos implantes de se integrarem ao tecido ósseo. As superfícies de implantes têm sido modificadas em micro e nanoestruturas para promover uma resposta celular mais favorável, aumentando a taxa de formação óssea e consequentemente, a estabilidade inicial do implante. Estudo sobre biomateriais, como titânio anodizado e a adição de bioativos como o cálcio, também têm demonstrado avanços promissores. Além disso, a utilização de técnicas de imagem avançadas e modelos computacionais têm contribuído para uma melhor previsão dos resultados clínicos, permitindo um planejamento cirúrgico mais preciso e personalizado (Ferreira *et al.*, 2023).

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão literária dos princípios fundamentais da osseointegração na implantodontia. De forma a alcançar este objetivo, serão perseguidos três objetivos específicos: primeiro, analisar criticamente a literatura existente sobre os fatores que influenciam a qualidade da integração óssea dos implantes dentários; segundo, avaliar as inovações tecnológicas e materiais desenvolvidos nos últimos anos e seu impacto na prática clínica; e por último, propor direções para futuras pesquisas que possam incrementar ainda mais a compreensão e eficácia da osseointegração, fortalecendo a prática da

implantodontia baseada em evidências. Ao perseguir esses objetivos, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento nesta área vital da odontologia, promovendo práticas cada vez mais seguras e eficazes para a reabilitação oral.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão abrangente dos princípios fundamentais que regem a osseointegração na implantodontia, explorando os avanços recentes e destacando sua aplicação prática na reabilitação oral.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar criticamente a literatura existente: Avaliar a literatura científica sobre os fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam a qualidade da integração óssea de implantes dentários, considerando aspectos como design dos implantes, qualidade óssea do paciente e técnicas cirúrgicas.
- Avaliar inovações tecnológicas e materiais: Examinar inovações recentes em materiais e tecnologias, como modificações em superfícies de implantes e novos biomateriais e seu impacto na melhoria da osseointegração e estabilidade inicial dos implantes.
- Propor direções para futuras pesquisas: Identificar lacunas no conhecimento atual e sugerir direções para pesquisas futuras que possam aprimorar a eficiência e a compreensão dos processos de osseointegração, fortalecendo a prática clínica baseada em evidências.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada para conduzir uma revisão de literatura abrangente sobre os princípios fundamentais da osseointegração na implantodontia. Este estudo utilizou uma abordagem exploratória e descritiva, concentrando-se na análise crítica de publicações relevantes dentro do intervalo de tempo entre 2020 e 2025.

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa sistemática em bases de dados acadêmicas reconhecidas, como PubMed, Scielo e Google Scholar, priorizando artigos revisados por pares e publicações em revistas especializadas na área de implantodontia e biomateriais. Foram utilizadas palavras-chave específicas, selecionadas do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), tais como “Osseointegração”, “Implantes Dentários” e “Biomateriais”. Estes termos permitiram uma busca precisa e abrangente das temáticas em destaque.

Os critérios de inclusão para a seleção dos artigos envolveram: publicações entre 2020 e 2025; estudos que abordassem diretamente os processos biológicos, mecânicos e avanços tecnológicos ligados à osseointegração; artigos que apresentassem dados experimentais ou revisões sistemáticas que discutissem os efeitos de novos materiais e técnicas sobre a eficiência da integração óssea. Além disso, foram considerados estudos que discutissem o impacto de fatores intrínsecos e extrínsecos, tais como a saúde sistêmica e técnicas cirúrgicas, na osseointegração.

Excluíram-se da revisão artigos que não possuíssem acessibilidade plena e gratuita, resumos de conferências sem dados completos, estudos de caso que não apresentassem relevância estatística significativa e revisões que não abordassem novas descobertas dentro do intervalo especificado. Estudos focados exclusivamente em tipos de implantes pouco utilizados ou pesquisas sem aplicação prática também foram desconsiderados.

A análise dos dados extraídos seguiu critérios qualitativos, onde se buscou identificar tendências, inovações significativas e áreas ainda não exploradas pela literatura atual. O processo envolveu a leitura detalhada dos textos e a elaboração de resumos críticos que subsidiaram os objetivos específicos deste trabalho. Posteriormente, os resultados foram organizados de modo a proporcionar uma visão clara e integrada das descobertas, visando facilitar a compreensão dos fatores que impactam a osseointegração e promover direções para futuras investigações.

Dessa maneira, a metodologia adotada garante que o estudo entregue uma análise robusta e informada, contribuindo de forma significativa para o entendimento e avanço da implantodontia e da prática clínica baseada em evidências.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 História e Evolução da Osseointegração

A história da osseointegração remonta à descoberta de Per-Ingvar Brånemark, um marco que revolucionou a implantodontia. Antes desse avanço, a fixação de próteses apresentava limitações significativas, frequentemente resultando em falhas devido à incapacidade de alcançar uma ancoragem eficaz no tecido ósseo. Brånemark identificou a capacidade singular do titânio de se integrar ao osso, estabelecendo uma conexão sólida sem a interposição de tecido fibroconjuntivo. Essa descoberta abriu caminho para o desenvolvimento de implantes dentários mais estáveis e duradouros, promovendo melhorias substanciais na qualidade de vida dos pacientes.

A partir desse ponto, observou-se uma rápida evolução das técnicas cirúrgicas, que passaram a potencializar o êxito da integração óssea e a ampliar as possibilidades terapêuticas no campo da odontologia (Pereira; Siqueira; Santos, 2025).

Na década de 1980, com o reconhecimento crescente da importância da interface osso-implante, desencadearam-se pesquisas que buscaram não apenas otimizar o design dos implantes, mas também compreender a complexidade biológica envolvida na osseointegração. Estudos mostraram que a topografia da superfície do implante, por exemplo, influenciava diretamente a resposta osteoblástica e a deposição óssea. Assim, os fabricantes começaram a experimentar diferentes texturas de superfície, como as superfícies porosas, para maximizar a osseointegração e otimizar a estabilidade inicial do implante (Bakitian, 2024).

Durante os anos 1990 e 2000, a evolução prosseguiu com inovações tecnológicas que introduziram tratamentos de superfície mais sofisticados. Superfícies de implantes começaram a ser tratadas com jatos de areia e ácidos para aumentar a área de contato e a rugosidade, promovendo uma melhor adesão celular. Além disso, a nanotecnologia emergiu como uma aliada fundamental na criação de implantes que se integravam mais rapidamente e com maior resistência, facilitando a reabilitação dental em menor tempo e com resultados superiores a longo prazo (Ferreira *et al.*, 2023).

Atualmente, a osseointegração é estudada com um enfoque multifatorial, onde se reconhece o papel de aspectos biológicos, mecânicos e tecnológicos. O desenvolvimento de novos materiais, como ligas de titânio com zircônia, busca oferecer melhores propriedades biomecânicas, enquanto técnicas avançadas de imagem permitem uma avaliação mais detalhada do processo de integração. Este panorama histórico demonstrou que a osseointegração não é apenas um evento natural, mas um resultado de múltiplas interações controladas, cada uma contribuindo para o sucesso global dos implantes dentários (Campos *et al.*, 2024).

4.2 Fatores Biológicos que influenciam a Osseointegração

Os fatores biológicos desempenham um papel crucial na osseointegração, onde o sucesso depende em grande parte da resposta do tecido ósseo ao implante. O processo de osseointegração inicia-se com o reconhecimento biológico do material implantado, onde células osteogênicas começam a colonizar a superfície do implante. A osteoindução e a osteocondução são fundamentais nesse estágio, onde substâncias bioativas podem ser liberadas para acelerar a regeneração óssea e fortalecer a união entre osso e implante. O equilíbrio entre a atividade dos osteoblastos e osteoclastos regula o remodelamento ósseo, crucial para a estabilidade a longo prazo (Pandey; Rokaya; Bhattarai, 2022).

Outro fator biológico essencial é a saúde sistêmica do paciente. Doenças como diabetes, osteoporose ou distúrbios autoimunes podem comprometer a capacidade do osso de integrar o implante. Nesses casos, abordagens individualizadas são necessárias, notando-se que o controle da glicemia, por exemplo, pode melhorar a qualidade da osseointegração. Além disso, a ingestão nutricional, especialmente de nutrientes como cálcio e vitamina D, é essencial para um processo de remodelamento ósseo eficaz e deve ser considerada na fase pré-operatória (Carr *et al.*, 2024).

O microambiente local ao redor do implante também é determinante. Inflamações crônicas e infecções são ameaças que podem levar à falência do implante. Na fase inicial pós-operatória, a presença de uma resposta inflamatória controlada é natural e necessária para a angiogênese e a formação de novo tecido ósseo. Contudo, a persistência de inflamações pode indicar uma falha no controle microbiológico, indicando a necessidade de intervenções terapêuticas, como o uso de antibióticos adequados e medidas de assepsia melhoradas (Cunha; Godinho; Guedes, 2023).

Por último, os avanços na compreensão dos fatores genéticos têm ajudado a identificar pacientes com maior propensão a complicações ou integrações superiores. Estudos genéticos estão revelando variantes que afetam a densidade óssea e a resposta imune, possibilitando a personalização de tratamentos e protocolos para otimizar os resultados da osseointegração, assegurando um processo biológico favorável ao sucesso dos implantes (Ogawa *et al.*, 2025).

4.3 Design do Implante e Impacto na Osseointegração

O *design* do implante é um elemento fundamental para o sucesso da osseointegração. Os implantes não são mais considerados equipamentos universais; ao contrário, cada detalhe, da forma ao material, pode afetar a integração com o tecido ósseo. O formato do implante, por

exemplo, influencia a distribuição de tensões no osso, fator crítico para evitar microfraturas e garantir a estabilidade a longo prazo. Implantes cônicos, por exemplo, tendem a ser mais eficientes na distribuição de cargas, comparados aos implantes cilíndricos, especialmente em ossos de qualidade inferior (Cardozo *et al.*, 2022).

A rugosidade da superfície do implante é um parâmetro igualmente essencial. Pesquisas indicam que superfícies rugosas promovem uma maior adesão celular e uma resposta osteogênica mais pronunciada. Assim, tratamentos como jateamento e acidulação tornaram-se padrões na fabricação de implantes. Adicionalmente, a aplicação de revestimentos bioativos, como cloreto de cálcio, tem mostrado melhorar a capacidade osteocondutiva das superfícies, favorecendo um ambiente propício para a formação óssea (Wang *et al.*, 2023).

Outro aspecto relevante é o material escolhido para a fabricação do implante. O titânio é amplamente utilizado devido à sua biocompatibilidade e resistência à corrosão. No entanto, novas ligas e materiais, como zircônia e cerâmicas, estão sendo estudados por suas propriedades estéticas e biomecânicas. A escolha do material pode afetar não apenas a resposta biológica, mas também a adequação estética, representando um balanceamento entre funcionalidade e demanda estética do paciente (Bakitian, 2024).

Finalmente, as inovações na fabricação de implantes, como impressão 3D e tratamentos a *laser*, têm permitido o desenvolvimento de implantes altamente personalizados. Este nível de customização possibilita que o *design* do implante seja ajustado conforme a anatomia específica do paciente, aumentando as chances de sucesso da osseointegração. A integração dessas tecnologias no processo de criação dos implantes está revolucionando a forma como a implantodontia é abordada, oferecendo soluções cada vez mais eficientes e individualizadas (Ogawa *et al.*, 2025).

4.4 Avanços Tecnológicos e Materiais

Os avanços tecnológicos e a introdução de novos materiais têm desempenhado um papel vital na evolução da osseointegração. A nanotecnologia, em particular, tem revelado oportunidades promissoras para melhorar a qualidade dos implantes dentários. A alteração da topografia em nível nanométrico foi demonstrada como uma estratégia eficaz para aumentar a adesão celular e acelerar a mineralização óssea. Tratamentos de superfície com nanopartículas de cálcio e silício são inovações que têm mostrado potencial para aumentar a taxa de sucesso dos implantes (Ferreira *et al.*, 2023).

Outro avanço notável é a incorporação de biomateriais inteligentes, que não apenas se integram ao osso, mas também desempenham funções adicionais, como liberação controlada

de medicamentos. Implantes revestidos com agentes anti-inflamatórios ou antibacterianos oferecem uma abordagem proativa na prevenção de complicações pós-operatórias, promovendo um ambiente mais favorável para a osseointegração. Esta abordagem multifuncional está mudando o paradigma do tratamento e manutenção a longo prazo dos implantes dentários (Wang *et al.*, 2023).

A impressão 3D também tem causado impacto significativo no *design* e fabricação de implantes. Esta tecnologia permite a criação de estruturas com precisão milimétrica, garantindo que os implantes se adaptem perfeitamente à anatomia do osso receptor. Além disso, facilita a experimentação com novas ligas metálicas e compósitos, onde os pesquisadores podem rapidamente prototipar e testar diferentes variáveis de *design* e composição (Ferreira *et al.*, 2023).

Por fim, a integração de técnicas de imagem avançada, como tomografia computadorizada e modelos digitais, tem possibilitado um planejamento cirúrgico mais preciso e personalizado. O uso de *softwares* de simulação cirúrgica permite a visualização prévia e análise detalhada da posição do implante, ajudando a prever possíveis complicações e a adaptar o procedimento conforme as exigências anatômicas do paciente. Esses avanços têm possibilitado não apenas a melhoria da estabilidade inicial do implante, mas também a eficácia e segurança dos procedimentos, posicionando-os como um elemento essencial da prática clínica moderna (Hilgenfeld *et al.*, 2020).

4.5 Direções Futuras e Pesquisas Emergentes

Olhar para o futuro da osseointegração implica considerar não apenas melhorias incrementais, mas também inovações revolucionárias que poderiam transformar fundamentalmente o campo. Uma área de pesquisa emergente é a aplicação da engenharia de tecidos para criar implantes biohíbridos. Estes implantes teriam a capacidade de aumentar a regeneração óssea por meio da introdução de células-tronco e fatores de crescimento diretamente na interface osso-implante, promovendo uma integração mais rápida e mais eficiente (Bakitian, 2024).

As abordagens genômicas e proteômicas estão também abrindo novas fronteiras na compreensão dos mecanismos moleculares subjacentes à osseointegração. Identificar os perfis genéticos que determinam a capacidade de osso regenerar ou responder a implantes pode permitir a personalização do tratamento a um nível sem precedentes. Esta compreensão pode levar ao desenvolvimento de terapias genéticas ou farmacológicas especificamente adaptadas

para melhorar a integração em pacientes com condições genéticas que atualmente limitam o sucesso dos implantes (Ogawa *et al.*, 2025).

Outra área que promete avanços substanciais é o desenvolvimento de implantes inteligentes conectados. Equipados com sensores e dispositivos de monitoramento, estes implantes poderiam fornecer dados em tempo real sobre o estado de saúde em torno do implante, possivelmente alertando os médicos sobre possíveis problemas antes que eles se desenvolvam em complicações severas. Esta tecnologia portaria a implantodontia para a era da saúde conectada, oferecendo um nível de controle e segurança sem precedentes (Wang *et al.*, 2023).

Finalmente, as inovações na realidade aumentada e na inteligência artificial podem transformar a educação e a prática clínica. A capacidade de simular procedimentos complexos em ambientes virtuais aumentará a formação cirúrgica e permitirá aos clínicos a prática e a preparação para cenários que seriam difíceis de replicar no treinamento tradicional. Juntas, essas tendências representam um futuro emocionante para a osseointegração, marcado por tecnologias que melhoram não apenas o sucesso clínico, mas também a experiência do paciente, garantindo tratamentos mais eficazes e acessíveis (Macari *et al.*, 2024).

5 DISCUSSÃO

Na discussão do presente trabalho, abordam-se a evolução e a aplicabilidade dos princípios fundamentais da osseointegração, destacando a importância desse processo para o sucesso na implantodontia. Inicialmente, há que se ressaltar o impacto transformador do conceito de osseointegração, conforme estabelecido por Per-Ingvar Brånemark, que permitiu uma ancoragem estável e segura para próteses dentárias. Este avanço revolucionou a implantodontia, gerando uma reabilitação oral mais previsível e segura a longo prazo. À luz deste conceito, a interface entre o osso e o implante se torna um foco primordial, onde a adesão íntima sem a interposição de tecido conjuntivo fibroso é essencial para a estabilidade dos implantes (Pandey; Rokaya; Bhattarai, 2022; Bakitian, 2024).

A literatura analisada reafirma que tanto os fatores intrínsecos como extrínsecos desempenham um papel significativo na osseointegração. O *design* do implante e o material utilizado são cruciais, com superfícies de implantes modificadas para promover uma resposta celular mais eficaz, aumentando assim a formação óssea e a estabilidade inicial do implante. Os avanços tecnológicos, como o uso de titânio anodizado e a inclusão de bioativos, têm demonstrado melhorias prometedoras. Adicionalmente, a saúde sistêmica do paciente e o controle efetivo de condições inflamatórias locais são determinantes para o sucesso dos implantes (Ferreira *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2023).

Observa-se também um progresso notável em inovações tecnológicas e materiais, com a nanotecnologia emergindo como um campo crucial. As modificações em micro e nano-estruturas das superfícies dos implantes são evidentes, com pesquisas mostrando que estas promovem uma melhor adesão celular, facilitando a osseointegração. A aplicação de técnicas de imagem avançadas e modelos computacionais contribui para um planejamento cirúrgico mais preciso, permitindo um ajuste personalizado e a previsão dos resultados clínicos de modo mais acurado (Hilgenfeld *et al.*, 2020).

No que tange ao impacto na prática clínica, fica claro que o avanço das tecnologias não apenas melhora a eficácia dos tratamentos, mas também tem potencial para tornar esses tratamentos mais acessíveis. A possibilidade de personalização de implantes com base na anatomia individual dos pacientes, somada às inovações em biomateriais e técnicas de fabricação, tem o potencial de elevar significativamente o padrão dos cuidados em implantodontia. Contudo, é imprescindível continuar investigando como cada nova tecnologia

e descoberta pode ser aplicada de maneira prática e eficaz, garantindo a segurança e o sucesso dos procedimentos de reabilitação oral (Macari *et al.*, 2024).

Por fim, ao propor direções para futuras pesquisas, evidencia-se a necessidade contínua de explorar as interações biológicas complexas que sustentam a osseointegração, o que pode oferecer *insights* valiosos para otimizar ainda mais os resultados clínicos. A identificação de lacunas no conhecimento atual orienta a pesquisa de soluções inovadoras em áreas como engenharia de tecidos e genômica, que podem abrir novas possibilidades no tratamento de condições que hoje limitam o sucesso dos implantes. Portanto, o compromisso com a pesquisa contínua e a inovação é crucial para avançar ainda mais na prática da implantodontia baseada em evidências, assegurando os melhores resultados para os pacientes (Ogawa *et al.*, 2025).

Autores	Objetivos	Metodologia	Resultados	Conclusões
Bakitian, 2024	Revisão das técnicas contemporâneas para melhorar a osseointegração e propriedades antimicrobianas de implantes dentários de titânio.	Revisão abrangente da literatura.	Identificou métodos eficazes para melhorar a osseointegração e propriedades antimicrobianas.	Novas técnicas podem aprimorar o desempenho dos implantes de titânio.
Campos <i>et al.</i> , 2024	Avaliar os benefícios dos implantes de zircônia na reabilitação implantar suportável.	Revisão integrativa da literatura.	Implantes de zircônia apresentam vantagens em biocompatibilidade.	Implantes de zircônia apresentam vantagens em biocompatibilidade.
Cardozo <i>et al.</i> , 2022	Comparar a expansão óssea promovida por duas técnicas de osseodensificação.	Estudo comparativo experimental.	Técnicas de osseodensificação melhoraram a densidade óssea em diferentes níveis.	A osseodensificação é eficaz para melhorar a estabilidade dos implantes dentários.
Carr <i>et al.</i> , 2024	Revisão da densidade mineral óssea em cirurgias de implantes osseointegrados.	Revisão de estudos atuais.	Evidências mistas sobre a relação entre densidade mineral óssea e sucesso do implante.	A densidade óssea é um fator crítico, mas não preditor absoluto de sucesso na osseointegração.
Cunha; Godinho;	Discutir a etiologia,	Revisão de literatura.	Identificou fatores de risco e	A gestão eficaz da peri-implantite é

Guedes, 2023	diagnóstico e tratamento da peri-implantite.		abordagens de tratamento para peri-implantite.	essencial para a longevidade dos implantes dentários.
Ferreira <i>et al.</i> , 2023	Revisão sobre evolução do tratamento de superfície dos implantes dentários.	Revisão de literatura.	Avanços nas técnicas de tratamento de superfícies foram documentados.	As inovações no tratamento de superfície melhoram a osseointegração dos implantes.
Hilgenfeld <i>et al.</i> , 2020	Avaliar o uso de ressonância magnética (MRI) em planejamento de implantes dentários sem radiação.	Estudo prospectivo e in vivo.	MRI mostrou-se confiável e preciso para planejamento de implantes sem uso de radiação.	MRI pode ser uma alternativa viável para planejamento de implantes sem exposição a radiação.
Macari <i>et al.</i> , 2024	Investigar os benefícios e a eficácia da osseodensificação na implantodontia.	Revisão de literatura.	Osseodensificação melhorou a estabilidade do implante e eficácia na osseointegração.	A osseodensificação oferece benefícios clínicos significativos em implantodontia.
Ogawa <i>et al.</i> , 2025	Explorar a teoria 3D da osseointegração envolvendo material, topografia e tempo.	Revisão teórica.	Os fatores de integração óssea são interdependentes e essenciais para o sucesso.	A teoria 3D fornece uma compreensão abrangente da osseointegração.
Pandey; Rokaya; Bhattarai, 2022	Revisão sobre conceitos modernos em osseointegração de implantes dentários.	Revisão de literatura.	Identificaram desenvolvimentos avançados em técnicas de osseointegração.	Novos conceitos e tecnologias estão revolucionando a prática na osseointegração.
Pereira; Siqueira; Santos, 2025	Discutir complicações e gestão de falhas na implantodontia.	Revisão de literatura.	Complicações comuns e estratégias de manejo foram identificadas.	A gestão adequada de complicações é crucial para o sucesso a longo prazo dos implantes.
Wang <i>et al.</i> , 2023	Desenvolvimento de superfícies funcionais para aprimorar a osseointegração de implantes.	Estudo de pesquisa em bioengenharia.	Superfícies desenvolvidas melhoraram significativamente a osseointegração dos implantes.	A engenharia de superfícies é promissora para melhorar a integração de implantes dentários.

Tabela 01. Referências utilizadas na escrita do trabalho com autores, objetivos, metodologias, resultados e conclusões.

Fonte: Autoria Própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas considerações finais deste trabalho, ressalta-se o papel central da osseointegração como fundamento da implantodontia contemporânea. A revisão de literatura realizada confirma que a compreensão dos fatores biológicos, mecânicos e tecnológicos que influenciam esse processo é essencial para o êxito dos implantes dentários. A interação direta entre o implante e o tecido ósseo, sem a interposição de tecido conjuntivo fibroso, mostra-se indispensável para a estabilidade primária e a durabilidade a longo prazo.

Os avanços relacionados ao design e aos materiais dos implantes, como o emprego de superfícies nanotexturizadas e de biomateriais inovadores, têm proporcionado progressos expressivos na área. Paralelamente, a saúde sistêmica dos pacientes e o controle adequado de processos inflamatórios locais permanecem como fatores determinantes para o sucesso da integração óssea.

Este estudo enfatiza que o futuro da osseointegração está intrinsecamente associado à personalização dos tratamentos e à incorporação de tecnologias emergentes, como a nanotecnologia e a impressão 3D. A capacidade de adaptar os implantes à morfologia individual do paciente, associada aos avanços em engenharia de tecidos, projeta perspectivas promissoras para a melhoria dos resultados clínicos.

Por fim, as direções para pesquisas futuras incluem o aprofundamento na compreensão das complexas interações biológicas e a ampliação das aplicações das novas tecnologias. As descobertas oriundas dessas investigações apresentam elevado potencial para otimizar práticas clínicas, promover reabilitações mais seguras e consolidar a implantodontia em bases cada vez mais sustentadas por evidências científicas. O compromisso contínuo com a inovação e a pesquisa garantirá que os avanços na osseointegração continuem a gerar benefícios significativos para os pacientes.

REFERÊNCIAS

- BAKITIAN, F.A. A Comprehensive Review of the Contemporary Methods for Enhancing Osseointegration and the Antimicrobial Properties of Titanium Dental Implants. **Cureus**, v. 16, e68720, 5 set. 2024. Disponível em: https://assets.cureus.com/uploads/review_article/pdf/294519/20240905-254701-8ayftr.pdf.
- CAMPOS, M.P.; NASCIMENTO, V.C.V.F.; MELO NETO, J.P.; LIMA VERDE, G.M.F.; CAMPOS, M.R.O.; VERAS, E.S.L. Benefícios do implante em zircônia na reabilitação implanto suportável: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 9, e2013947099, 2024. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/rsd/article/view/47099/37232>.
- CARDOZO, C.G.T.; CARDOSO, J.M.; ZACHARIAS, A.D.; FONTÃO, F.N.G.K.; OLIVEIRA, G.J.P.L.; MARCANTONIO JUNIOR, E. Comparação da expansão óssea promovida pela técnica de osseodensificação com dois tipos de conjunto de fresas. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 52, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rounesp/a/qfHjq7jvM6RTKn3zfCsVMLt/?lang=pt>.
- CARR, J.C.; PEDAGANDHAM, S.P.; GIUGNI, A.; SHEN, C.; KIM, A.M.; CRIBBIN, E.M.; LIN, X.; OOMATIA, A.; LU, W.; MUDERIS, M.; XING, D.; LI, J.J. Bone mineral density in osseointegration implant surgery: A review of current studies. **Biomedical Reports**, v. 12, art. 122, 19 jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3892/br.2024.1809>.
- CUNHA, R.H.R.; GODINHO, N.D.C.; GUEDES, C.C.F.V. Peri-implantite: etiologia, diagnóstico e tratamento. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 5, e41492541492, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/download/41492/33707/>.
- FERREIRA, L.M.; VICENTE, M.C.L.; OLIVEIRA, M.E.A.; COSSATIS, J.J. A Evolução do Tratamento de Superfície nos Implantes Dentários: Revisão de Literatura. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences (BJIHS)**, v. 5, n. 2, p. 86–100, 2023. DOI: 10.36557/2674-8169.2023v5n2p86-100. Disponível em: <https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/247>.
- HILGENFELD, T.; JUERCHOTT, A.; JENDE, J.M.E.; RAMMELSBERG, P.; HEILAND, S.; BENDSZUS, M.; SCHWINDLING, F.S. Use of dental MRI for radiation-free guided dental implant planning: a prospective, in vivo study of accuracy and reliability. **European Radiology**, v. 30, n. 12, p. 6392-6401, dez. 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-020-07262-1>.
- MACARI, J.; ARAÚJO, W.P.; BELLA, A.P.G.S.N.; FERREIRA, M.S.; MOERBECK-FILHO, P.; COELHO, M.G.; SILVA, L.C.; MOURA, C.C.L.; CRUZ, R.M.; ANDRADE, I.S.; ARAÚJO, V.G.; COSTA NETO, W.; BRAGA, I.F.P.; RIGONI, A.C.; PEREIRA, D.S.; NASCIMENTO, J.A.A.; MORALES, L.G.S.; CASTRO, T.R.M.; PETYK, W.S.; AVELAR, V.L.; OLIVEIRA, J.M.; COELHO, T.M.K.; SANTOS, D.S. Avanços da osseodensificação na implantodontia: benefícios clínicos, eficácia na osseointegração e perspectivas futuras. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences (BJIHS)**, v. 6, n. 7, p. 1729–1738, 2024. DOI: 10.36557/2674-8169.2024v6n7p1729-1738. Disponível em: <https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/2631/2822>.

OGAWA, T.; HIROTA, M.; SHIBATA, R.; MATSUURA, T.; KOMATSU, K.; SARUTA, J.; ATT, W. The 3D theory of osseointegration: material, topography, and time as interdependent determinants of bone–implant integration. **International Journal of Implant Dentistry**, v. 11, art. 49, 2 ago. 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40729-025-00639-1>.

PANDEY, C.; ROKAYA, D.; BHATTARAI, B.P. Contemporary Concepts in Osseointegration of Dental Implants: A Review. **BioMed Research International**, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2022/6170452>.

PEREIRA, A.C.V.; SIQUEIRA, J.P.S.; SANTOS, P.P. Complications and failure management in Implantology. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 6, e48798, 2025. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/rsd/article/view/48798>.

WANG, Z.; WANG, J.; WU, R.; WEI, J. Construction of functional surfaces for dental implants to enhance osseointegration. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, e1320307, 14 nov. 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2023.1320307/full>.