

**FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE**

**TÁSSIA FERNANDA LUNA**

**OSSEOINTEGRAÇÃO: AVALIAÇÃO DOS FATORES BIOLÓGICOS  
BASEADOS NOS IMPLANTES DENTÁRIOS**

**RECIFE**

**2017**

**FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE**

Tássia Fernanda Luna

**OSSEOINTEGRAÇÃO: AVALIAÇÃO DOS FATORES BIOLÓGICOS  
BASEADOS NOS IMPLANTES DENTÁRIOS**

Revisão de literatura apresentado ao Curso de Especialização *Lato Sensu* do Centro de Pós Graduação em Odontologia – CPO, como requisito parcial para conclusão do Curso de Especialização em Implantodontia.

Área de Concentração: Implantodontia

Orientador: Mestre Emmanuel Luiz Bezerra de Souza

**RECIFE**

**2017**

Luna, Tássia fernanda.

Osseointegração: Avaliação dos fatores biológicos baseados nos Implantes dentarios/ Tássia Fernanda Luna; Recife, 2017. 31 f.

Orientador: Mestre Emmanuel Luiz Bezerra de Souza.

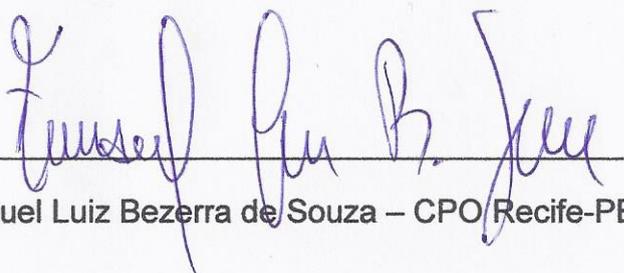
Monografia (especialização) – Faculdade Sete Lagoas – FACSETE, CPO – Centro de Pós-Graduação em Odontologia, 2017.

1. Implantes Dentarios. 2. Osseointegração. 3. Propiedades de Superfície.

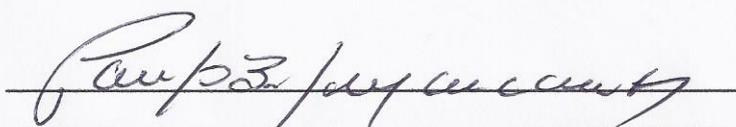
I. Título.II. Emmanuel Luiz Bezerra de Souza.

**FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE**

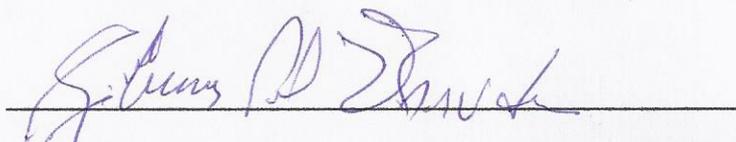
Revisão de Literatura intitulada **“Osseointegração: avaliação dos fatores biológicos baseados nos implantes dentários”** de autoria da aluna Tássia Fernanda Luna, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Mestre Emmanuel Luiz Bezerra de Souza – CPO Recife-PE- Orientador



Prof. Paulo Braga Mascarenhas– CPO Recife-PE



Prof. Dr. Gilmar Poli de Arruda – CPO Recife-PE

Recife, 10 de fevereiro de 2017.

## RESUMO

A osseointegração pode ser definida como um processo pelo qual a fixação rígida e assintomática de um material aloplástico pode ser alcançada e mantida em íntimo contato com o tecido ósseo, apresentando resistência a cargas funcionais precoces e tardias. Este processo de osseointegração envolve muitos eventos biológicos que podem ser ativados e acelerados por meio da modificação micro e/ou nanométrica da topologia da superfície dos implantes dentais. Considerando, que diferentes tipos de tratamentos modificam a superfície do titânio, dando um aspecto mais rugoso, além da alteração físico-química que parecem influenciar favorável e positivamente a osseointegração. O presente trabalho tem como objetivo através de uma revisão da literatura analisar esses fatores que podem influenciar na osseointegração e determinar métodos que levam ao sucesso clínico. Para esta revisão foi realizada uma estratégia de critérios de inclusão, pesquisas clínicas e de revisão sobre o tema, além de livros, estes dados foram analisados e discutidos. Baseado nesta revisão, foi possível determinar que existem diferentes fatores que interferem no processo da osseointegração que interagem entre si, podendo afirmar que o sucesso da osseointegração está diretamente relacionado ao controle das condições clínicas no pré-, trans- e pós-operatórios.

**Palavras-chaves:** Implante dentário, osseointegração, propriedades de superfície.

## ABSTRACT

The bone integration can be defined as a process through to the rigid and assintomatic fixation of an alloplastic material can be reached and maintained in intimate contact with bone tissue, showing resistance at early and late functional charge. This process of bone integration involve so many biologic events that may be activated and accelerated through micro/ nanometer modification of surface topology of dental iplants. Considering that different typs of treatment modify the titanium surface, giving a more rough appearance, besides of physical chemistry changes that seems to influence positively to bone integration. This work has the objective of, through review literature, analyze this factors that may influence on the bone integration and determine methods for achieving clinic success. There were and inclusion criteria of research about the topic, clinics papers, editions were consulted, collecting data and analyzing it. It was possivel to determine that exist differents many factors acting together thath interfere in the bone integration process, in wich can be affirmed that the bone integration is directly related to the clinic conditions control in the pre, during and post operatory stage.

**Key words:** Dental implant, bone integration, surface properties.

## SUMÁRIO

1 Introdução.....	Pág.8
2 Revisão de Literatura.....	Pág. 11
2.1 Historia da Implantodontia.....	Pág. 11
2.2 Osseointegração.....	Pág. 13
2.3 Aspectos Biológicos da Osseointegração .....	Pág. 15
2.4 Superfícies dos Implantes.....	Pág. 16
2.4.1 Topografia.....	Pág. 16
2.4.2 Tratamento da Superfície.....	Pág. 18
3 Discussão.....	Pág. 23
4 Conclusão.....	Pág. 26
Referência bibliográfica.....	Pág. 27

## 1 INTRODUÇÃO

Antigamente a reabilitação oral era realizada mediante a confecção de próteses convencionais, do tipo removível, fixa ou total. Atualmente com o desenvolvimento dos implantes dentais, a reabilitação em pacientes edêntulos passou a ser uma alternativa segura e possível. Além de ser o método mais moderno e atual. O uso dos implantes ainda pode ser mais conservador, sem desgaste de dentes adjacentes, quando comparado a outros tipos de reabilitação (CAMPOS JUNIOR; PASANEZI, 1996; MISCH, 2000).

O sucesso deste tratamento está relacionado com a osseointegração, o que caracteriza esta osseointegração é a deposição de tecido ósseo na superfície dos implantes que por sua vez depende das interações entre as células e a superfície (PALMQUIST et. al., 2010). Para-se conseguir a osseointegração necessitamos da estabilidade primária ou mecânica e também da estabilidade secundária ou biológica. A primeira determina a resistência mecânica do implante no momento de sua instalação, esta estabilidade primária é efetivada pelo contato direto entre as roscas do implante com o tecido ósseo. Já na estabilidade secundária o implante se mantém estável após a deposição e regeneração de tecido ósseo circundante (COOPER, 2000; BRANDÃO, 2010).

Apos décadas de pesquisa e desenvolvimento laboratoriais e clínicos, Branemark e seu equipe de investigadores nos ofereceram um sistema de implante que pode substituir os dentes perdidos e conseguir a desejada osseointegração. A descoberta aconteceu por acaso após a tentativa da retirada de uma peça de titânio utilizada em tibia de uma cobaia. Foi observado que a peça se integrou ao osso e a partir desse fenômeno começaram outros estudos, pesquisas e experimentos enfocando osso e titânio (PALMQUIST et. al., 2010).

O termo osseointegração originalmente proposto em 1969 por Branemark, e definido em 1981 por Albrektsson como “uma conexão direta,

estrutural e funcional entre o osso vital organizado e a superfície de um implante de titânio capaz de receber carga funcional". Ou seja, a osseointegração é atingida pelo processo celular de formação óssea na superfície aloplástica (COOPER, 2000; PULEO; THOMAS, 2006; MENDONÇA, 2008; DE BRANDÃO, 2010).

Dentre inúmeros materiais, o titânio é considerado como material de escolha para fabricação de implantes devido a sua alta biocompatibilidade, relacionada com a formação espontânea de uma camada superficial de óxido na superfície destes dispositivos. A esta camada será depositada um filme glicoproteico, aposição de células ósseas e posteriores mineralização óssea (LE GUÉHENNEC et al., 2007).

Atualmente, há uma grande busca para melhorar as superfícies do implante, que induzam a estabilidade biológica em tempos mais curtos. Com o objetivo de suprir a necessidade de se obter uma rápida osseointegração e conseguir melhores resultados em osso de baixa densidade, foram sugeridas modificações na superfície dos implantes, já que estas modificações podem ser capazes de acelerar e melhorar a qualidade da adesão osso/implante, resultando em maior deposição óssea e redução do tempo de reparo (DE BRANDÃO, 2010; NOVAES JR. et al., 2010; JEMAT, 2015).

Existem várias pesquisas de modificação das superfícies destes materiais pelos processos mais variados, que envolvem métodos mecânicos, químicos e físicos de tratamento de superfície, obtendo assim, variados graus de texturas. Estas texturas foram classificadas em quatro grupos: Superfícies Usinadas; Superfícies Macrotextrizadas; Superfícies Microtexturizadas; Superfícies Nanotextrizadas (LE GUÉHENNEC, 2006).

Atualmente a indústria tem direcionado suas pesquisas para a escala nanométrica. Acredita-se que modificações na superfície na escala nanométrica afetem tanto a morfologia quanto as propriedades químicas da superfície (DE BRANDÃO, 2010; NOVAES JR. et al., 2010; JEMAT, 2015).

Estas características das superfícies têm papel fundamental nos estágios iniciais da osseointegração. As modificações superficiais macro, micro e nanométricas, podem alterar as respostas biomoleculares e celulares *in vitro* e as respostas dos tecidos moles e ósseos *in vivo*. Mesmo que a relevância clínica das estruturas nanométricas ainda não seja amplamente reconhecida, alguns recentes estudos *in vitro* demonstraram a importância das estruturas nanométricas presentes na superfície do implante (NOVAES JR. et al., 2010; JEMAT, 2015).

Os altos níveis de sucesso relatados pelos pesquisadores iniciais, ainda hoje são verificados na odontologia. Estes níveis de sucesso estão ligados à união estrutural direta e funcional entre osso e o implante que, nos dias de hoje, ultrapassam os 90% na maioria dos trabalhos (ALBREKTSSON et al., 1986; COX; ZARB, 1987; RENOUEAU; RANGERT, 2008)

Para que se alcance tal índice de sucesso é necessário, além de um amplo conhecimento na área, uma anamnese criteriosa do estado de saúde do paciente, seguir rigorosamente as regras antes, durante e após o processo cirúrgico. Dessa forma, podem ser verificados alguns fatores de riscos gerais e específicos, além de conhecer as variáveis de um implante. Além disso, existem diversos sistemas de implantes dentários, cuja comprovação do sucesso em longo prazo e da confiabilidade do sistema deve ser comprovados utilizando-se critérios e protocolos de pesquisa (SOUSA; TAKAMORI; LENHARO, 2009).

Por tanto o objetivo deste trabalho é analisar os fatores que podem influenciar na osseointegração de implantes dentais a traves de uma revisão de literatura, buscando descrever as modificações de superfície dos implantes de titânio e sua influencia na osseointegração, do ponto de vista biológico para determinar os fatores que determinam o sucesso clínico dos mesmos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 HISTORIA DA IMPLANTODONTIA

As histórias dos implantes dentários não são recentes. Na história da humanidade, há referências em textos da medicina chinesa sobre reimplantes dentários em 3.216 a.c.. A escalada da evolução menciona reimplantes dentários citados por Hipócrates (460 - 355 a.c.) e Etruscos (Século III a.C.). A era dos implantes passou por vários períodos sendo estes o período antigo, medieval, fundamental, pre-moderno e contemporâneo. Foram feitas as primeiras tentativas nas dinastias egípcias e nas culturas pré-colombianas (maias, astecas, incas) e os materiais mais usados eram pedras preciosas, conchas e dentes de animais ou dentes esculpidos em marfim (LINDHE, KARRING; LANG, 2010).

Nos tempos do Egito Antigo, quando conchas do mar eram esculpidas, dentro da mandíbula, no local do dente perdido. Alguns cientistas acreditam que além da função estética, estas conchas também tiveram função mastigatória (BECKER, 2000). Outros relatos afirmam que o dente perdido, muitas vezes, era substituído por dentes de doadores humanos. A implantação era feita de forma agressiva, e o índice de sucesso era extremamente baixo devido à forte resposta imunológica do indivíduo receptor. Em 1809, Maggiolo fabricou um implante de ouro que era instalado em alvéolo fresco, como uma forma de modelar e preservar o osso, para posteriormente inserir um dente após o período de cicatrização. Em 1887, um médico chamado Harris tentou realizar o mesmo procedimento com um pilar de platina ao invés de ouro. Em 1886, Edmunds foi o primeiro a implantar um disco de platina no osso mandibular e fixar uma coroa posteriormente, demonstrando esta experiência na Primeira Sociedade Odontológica de Nova York. Após esta fase inicial, vários experimentos utilizaram diferentes ligas de metal e tipos de porcelana, para implantação em osso, mas, o sucesso em longo prazo era ainda pequeno (TAYLOR & AGAR, 2002).

Da aquela época até hoje vários materiais e técnicas tem sido desenvolvidos, desde implantes em formato de cesta, laminados, justa-ósseos, agulhados, até o desenvolvimento dos implantes rosqueáveis. Ao mesmo tempo em que inúmeros materiais foram testados como o alumínio, a prata, o latão, o cobre, magnésio, o ouro, aço e o níquel (MISCH, 2009). O período fundamental que vá de 1800 a 1910 foi o efetivo início da implantodontia e os materiais usados eram o ouro, porcelana, madeira, diferentes metais como platina, prata e estanho. Já o período pre-moderno (1910-1930) foi marcado pelos precursores da implantodontia Payne e Greenfield. Eram utilizados implantes em forma de um cesto cilíndrico em ouro, sendo colocado após o alargamento do diâmetro do alvéolo (osso) com auxílio de uma broca, e uma coroa com um núcleo de porcelana era fixada imediatamente na parte interna do implante (LINDHE; KARRING; LANG, 2010). No período moderno (1930-1978) vários estudos foram feitos sobre diferentes biomateriais e inovações cirúrgicas como o uso de porcelana, vitalio, titânio. Porém o início da implantologia endo-ossea aloplástica se dá em 1947 com Fonnigini e seu parafuso helicoidal, em espiral em aço inoxidável ou em tântalo. Em 1960, Scialom foi o pioneiro na utilização de um implante em tripe (implante agulhado). Em 1967, Linkow iniciou os implantes laminados, sendo utilizado com frequência até os anos 80. Tanto os implantes agulhados quanto os implantes laminados fracassaram e até hoje algumas pessoas possuem estes implantes (LINDHE; KARRING; LANG, 2010).

O grande avanço na implantodontia oral foi alcançado em 1952 no laboratório de microscopia vital da Universidade de Lund, na Suécia, por uma equipe de pesquisadores suecos coordenados pelo Dr. Per Ingvar Brånemark. Em uma de suas pesquisas ele estudou a cicatrização óssea, por microscopia óptica, em coelhos (LINDHE; KARRING; LANG, 2010). A equipe do Dr. Brånemark desenvolveu uma câmara óptica constituída de titânio, a qual era aparafusada no osso fêmur para facilitar a observação da osteogênese. Após alguns meses, eles observaram que o cilindro de titânio estava integrado ao osso, nomeando este fenômeno de osseointegração. Baseado nestas

observações, o Dr. Bränemark direcionou suas pesquisas para a aplicação do titânio em osso humano. O titânio foi utilizado em forma de parafuso, e incluído no osso como âncora em regiões de perda dentária, demonstrando que sob condições controladas, o titânio poderia ser integrado ao osso com alto grau de previsibilidade, e sem inflamação tecidual ou rejeição em humanos, reafirmando o conceito de osseointegração (TAYLOR & AGAR, 2002).

A primeira aplicação prática da osseointegração foi feita em 1965, instalando titânio em forma de raiz no rebordo edêntulo. Após 30 anos, as próteses deste implante ainda permaneciam em função perfeita (SULLIVAN, 2001).

## **2.2 OSSEOINTEGRAÇÃO**

O ortopedista Sueco Dr. Peringvar Bränemark, liderando sua equipe de pesquisadores da Universidade de Gotemburgo, na Suécia, investigavam a microcirculação sanguínea em tibia de coelhos, com ajuda de uma câmera de observação feita de titânio. Após algum tempo de observação esta teve que ser removida. Foi nesse momento que ocorreu uma interação resistente entre o titânio da câmera e o osso, o que impedia a sua remoção. Este íntimo contato osso/titânio. Bränemark deu o nome de osseointegração, introduzindo assim um novo conceito na implantodontia (BRÄNEMARK P.I. et al., 1969). Foi observado também na osseointegração que o titânio era o material mais indicado na confecção de implantes pelos suas propriedades físicas e biológicas, então foi desenvolvido o sistema Bränemark de implantes, feitos de titânio em formato de parafuso, de cobertura transmucoso, cilíndrico e parafuso de ouro (FAVERANI; PASTORI; RAMALHO-FERREIRA et al., 2010).

Em 1982, na conferência de Toronto (Canada), organizada por Jorge Zarb (cirurgião dentista), é que a osseointegração passou a ser conhecida pelos cirurgiões dentistas e começou a adquirir maior credibilidade dos mesmos (FRANCISCHONE; NETO, 2009).

Deste modo, o termo de osseointegração proposta na década de 1960, foi definida em 1981 como uma conexão direta entre o osso vivo e a superfície de um implante sub-metido a carga funcional (BRÄNEMARK et al., 1969). Em 1991, através de uma definição clínica foi estabelecida que osseointegração seria um processo pelo qual existe uma fixação rígida e assintomática de um material aloplástico alcançando e mantendo contato íntimo como o osso durante as cargas funcionais (ZARB; ALBREKTSSON, 1991).

A definição de osseointegração é complexa e pode ser vista conforme ao interesse científico. Do ponto de vista da biologia, a osseointegração pode ser definida como “contato íntimo entre o osso neoformado e um material aloplástico (implantes), incluindo a topografia da superfície”. Analisando este ao microscópio de luz, pode-se observar que não existe interposição de tecidos fibrosos nem conjuntivo entre a superfície óssea e o material aloplástico, tendo como resultado a união direta destes com capacidade para suportar cargas funcionais. A osseointegração, quando observada ao microscópio eletrônico de transmissão, mostra uma fina camada entre o osso e o material aloplástico; esta camada poderá conter glicoproteínas, proteoglicanos e substâncias que fazem parte da neoformação e remodelação óssea, além dos tecidos medulares (FRANCISCHONE; NETO, 2009; FAVERANI; PASTORI; RAMALHO-FERREIRA et al., 2010).

A falta de ajuste, o íntimo contato entre o osso e o implante, poderia propiciar a proliferação de tecido mole em locais de grandes espaços entre as estruturas, prejudicando assim, o processo de cicatrização óssea. Os implantes em forma de rosca também são recomendados, observando-se que implantes em forma de parafuso aumentam a área de contato osso-implante e, ainda melhoram a distribuição de forças ao tecido ósseo, levando a uma melhor fixação (FRANCISCHONE; NETO, 2009).

### 2.3 ASPECTOS BIOLÓGICOS DA OSSEINTEGRAÇÃO

O processo de cicatrização, caracteriza-se por apresentar diversos eventos sequenciais. Alguns investigadores utilizaram material aloplástico (implante) contendo câmaras de cicatrização, quer dizer uns espaços preparados dentro da área de roscas do implante, para descrever as varias etapas envolvidas na osseointegração (ABRAHAMSSON; BERGLUNDH; LINDER et al., 2004). Após duas horas de cicatrização, estas câmaras são preenchidas por coagulo, nas quais hemácias, neutrófilos e monócitos/macrófagos aparecem envolvidas numa rede de fibrina.

Durante o processo de fibroplasia (após quatro dias de cicatrização), com o surgimento de vasos sanguíneos, migração de leucócitos e células mesenquimais; o coagulo é substituído por tecido de granulação. Esta migração de células mesenquimais continua e o tecido de granulação e substituído por um outro tecido conjuntivo provisório, mais desta vez esse tecido é rico em vasos, células mesenquimais, fibras e estruturas vasculares neoformadas (WENNERBERG; ALBREKTSSON, 2009).

A modelação óssea é observada já na primeira e segunda semana de cicatrização através da diferenciação de células mesenquimais em osteoblastos. O osso imaturo neoformado projeta-se da parede lateral do leito ósseo seccionado (osteogênese a distancia do implante), assim como também pode ser observado na superfície do implante, a distancia do osso de origem (osteogênese por contato ao implante). Na quarta semana aquele ósseo imaturo é substituído por osso maduro, o qual este sofre uma posterior remodelação, que é extremamente importante para estabilizar os implantes em longo prazo. Com o material aloplastico (implante) instalado e recebendo cargas mastigatórias, a remodelação do osso é funcional (FRANCISCHONE; NETO, 2009; FAVERANI; PASTORI; RAMALHO-FERREIRA et al., 2010).

## **2.4 SUPERFICIES DOS IMPLANTES**

O sucesso da reabilitação com implantes osseointegráveis é dependente de vários fatores, destacando-se as propriedades físico-químicas da superfície, que interferem nas respostas biológicas e consequente reparo ósseo da interface osso/implante. Desempenha assim, um papel fundamental para o aumento da área de superfície a realização da modificação na superfície dos implantes osseointegráveis (FAVERANI; PASTORI; RAMALHO-FERREIRA G. et al., 2010).

As propriedades superficiais mais importantes são topografia, química, carga superficial e molhamento (ALBREKTSSON et al., 1981), sendo relevantes para a funcionalidade do dispositivo, tais como a absorção de proteínas, interação célula-superfície e desenvolvimento celular e tecidual na interface entre o organismo e o biomaterial (WENNERBERG et al., 1995).

O molhamento pode ser efetivado comum à extensiva hidroxilação/hidratação da camada de óxido do titânio. Ele está diretamente relacionado à energia de superfície e influencia no grau de contato, entre a superfície do biomaterial (implante) e o meio fisiológico (TEXTOR et al., 2001; BORNSTEIN et al., 2008).

### **2.4.1 TOPOGRAFIA**

Apesar dos excelentes resultados obtidos em pacientes com boa qualidade e quantidade óssea, situações clínicas desfavoráveis como áreas posteriores da maxila e mandíbula, áreas enxertadas, pacientes com alterações sistêmicas, como diabetes, e que apresentam pobre quantidade e qualidade óssea, podem influenciar na velocidade da osseointegração e, consequentemente o sucesso das reabilitações implantossuportadas (WENNERBERG A; ALBREKTSSON, 2009). A superfície dos implantes tem sofrido modificações para aumentar a porcentagem do contato íntimo

osso/implante, favorecendo as respostas biológicas em períodos menores de regeneração, possibilitando o sucesso dos implantes osseointegráveis em longo prazo (ELIAS; LIMA; SANTOS, 2008; MEIRELLES, 2010).

Existem várias formas de tratamento de superfície dos implantes. Estas podem ser classificadas de acordo com as características topográficas do biomaterial (implante). A morfologia da superfície varia em função da forma como ela é obtida, ou seja, por meio de macro, micro ou nanotecnologia (ELIAS; LIMA; SANTOS, 2008; BRANDÃO, 2010). Pode-se distinguir também macrorrugosidade (100  $\mu\text{m}$  – milímetros), microrrugosidade (100  $\text{nm}$  – 100  $\mu\text{m}$ ) e nanorrugosidade (menos que 100  $\text{nm}$ ), cada um exerce um mecanismo diferente na osseointegração (VAGASKA; ANSELME; PONCHE; BIGERELLE, 2010).

As superfícies nanorrugosas induzem efeitos positivos nos osteoblastos, incluindo adesão, subsequente proliferação e diferenciação. Este efeito se deve a que o ambiente natural das células, ou seja, a matriz extracelular é também organizada em nano dimensões (VAGASKA et al, 2010).

A ligação de célula/matriz quer dizer extracelular/superfície de implante é mediada por moléculas, entre elas as integrinas. Estes receptores agem na interface dos compartimentos extra e intracelular interagindo respectivamente com a matriz extracelular e com moléculas do citoesqueleto. De esta forma as integrinas (receptores) podem transmitir um sinal da matriz para o núcleo celular, induzindo desta forma o crescimento e a diferenciação celular (ANSELME; PONCHE; BIGERELLE, 2010).

O efeito positivo da nanorrugosidade é explicado pelo aumento em quantidade, e também porque melhora na conformação espacial de adesão celular mediada por proteínas. Segundo após a implantação do biomaterial, pode ocorrer a adsorção de proteínas na superfície do mesmo. Esta camada de proteínas mede a adesão celular e também provê sinais para as células através das integrinas, o tipo, a quantidade e a conformação geométrica das

proteínas em contato com a superfície do biomaterial, vão depender das propriedades físico-químicas do mesmo, como da topografia. Assim, a adesão celular adequada tem sido explicada pela adsorção de moléculas proteicas em conformação espacial apropriada e flexível. Quando a superfície pode contribuir para a adesão mais rápida e adequada de proteínas, pode também acelerar a osseointegração (VAGASKAI; ANSELME; PONCHE; BIGERELLE, 2010).

#### **2.4.2 TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE**

A topografia da superfície dos implantes diz respeito ao grau de rugosidade e à orientação das irregularidades da superfície. Os implantes originais de Brånemark eram usinados com uma mínima rugosidade na superfície. Por muito tempo, este implante foi reconhecido como o padrão ouro, baseado em muitos e bons estudos clínicos longitudinais (VAM STEENBERGHE, 1990). No início dos anos de 1990, muitos estudos experimentais apontavam na mesma direção, indicando que implantes com rugosidades em torno de 1,5  $\mu\text{m}$  apresentavam uma melhor resposta do tecido ósseo quando comparados a implantes usinados (superfície com rugosidades < 1,0  $\mu\text{m}$ ) ou a implantes com superfície "plasma spray" (superfície com rugosidades > 2,0  $\mu\text{m}$ ) (GROISMAN; VIDIGAL-JR, 2005; ELIAS; LIMA; SANTOS, 2008; MEIRELLES, 2010). Os implantes usinados eram fabricados em titânio comercialmente puros, sem qualquer tratamento de superfície. A cicatrização óssea ao redor destes implantes ocorre através de um processo de mineralização gradual em direção ao implante, são materiais confiáveis para reabilitar áreas edêntulas dos maxilares, entretanto eles requerem um longo período para osseointegração e o nível de sucesso vai depender da qualidade óssea (SENNERBY; ERICSON, 2002).

As características químicas das superfícies dizem respeito à energia de superfície e carga. Uma alta energia de superfície apresenta melhor

molhabilidade e uma maior afinidade por adsorção. Isto determina se a superfície é hidrofílica ou hidrofóbica. Em outras palavras, implantes com alta energia de superfície devem, pelo menos em teoria, apresentar uma osseointegração mais forte do que implantes com baixa energia de superfície, devido à melhor adsorção das proteínas (ALBREKTSSON; WEENERBERG A., 2004).

Os processos de tratamento de superfícies podem ser divididos em métodos de adição, quando acrescentam algo à superfície do implante, ou subtração, quando removem parte da camada superficial (KARACS et al., 2003). Nos métodos chamados de adição, é aplicado à superfície do implante um recobrimento, que pode ser do mesmo material do corpo do implante ou não; enquanto que nos métodos de subtração, é removida uma camada da superfície do implante por um processo controlado (GROISMAN; VIDIGAL-JR, 2005).

- **Adição**

Um dos primeiros métodos de tratamento de superfície foi adição de hidroxiapatita à superfície dos implantes (GROISMA; VIDIGAL-JR, 2005). Através desse método, buscava-se uma interligação química entre o implante recoberto com hidroxiapatita e o tecido ósseo. Este método vem caindo em desuso por apresentar algumas desvantagens como o alto custo de fabricação e pelo fato de que alguns estudos in vivo demonstrarem que havia o destacamento da camada de hidroxiapatita do corpo do implante (VIDIGAL JR, 1999). Essa incorporação de hidroxiapatita à superfície do implante pode ser realizada por meio do método biomimético, que mimetiza o processo biológico de formação dos tecidos duros do organismo (DI IORIO, 2005).

Outros estudos em vivo observaram que implantes de titânio comercialmente puros, modificados por feixe de laser com deposição de hidroxiapatita pelo método biomimético sem e com posterior tratamento térmico, favorecem a osseointegração nos períodos de avaliação de 30 e 60

dias após a instalação dos implantes em tíbias de coelho. A superfície de hidroxiapatita que no sofreu tratamento térmico apresentou maior atividade biológica, reduzindo o tempo de osseointegração, este resultado provavelmente associado à menor cristalinidade da hidroxiapatita que se torna semelhante à hidroxiapatita biológica e mais solúvel (FAEDA et. al, 2009; SISTI et. al, 2010).

Outro método de adição bastante comum é o de aspensão térmica por plasma. Neste método, a chama ionizada de um gás é aquecida a altas temperaturas, 10.000 e 30.000 °C, as partículas aquecidas do material de recobrimento são lançadas em altas velocidades contra o corpo do implante; após o contato com o corpo do implante estas partículas resfriam e solidificam-se, e a superfície adquire um aspecto de lava vulcânica solidificada (ALBOUY, 2008).

Também tem o método de revestimento das superfícies de implantes com colágeno tipo I, esta adição à superfície do titânio também demonstrou resultados promissores, como o aumento dos níveis de RNA mensageiro de Runx2, osteopontina e osteoprotegerina, em estudo in vitro, com células provenientes de osso alveolar humano. A modificação da superfície favoreceu a chegada e diferenciação osteoblástica contribuindo dessa forma os processos de regeneração e remodelação do osso alveolar (APARECIDA et. al, 2005).

Outro método de adição, aplicado em implantes comercialmente disponíveis, utiliza-se de técnicas de metalurgia do pó, em que partículas esféricas de titânio são prensadas contra o corpo do implante (GROISMAN; VIDIGAL-JR, 2005). Uma abordagem alternativa para a modificação da microtopografia da superfície do implante é a oxidação anódica ou anodização. Neste processo o implante é colocado em uma célula eletroquímica servindo como anodo. Quando um potencial elétrico é aplicado à mostra, ele gera reações de transferência de carga e íons resultando no fluxo contínuo destes íons na célula elétrica. Sob condições controladas, o campo elétrico guiará o

processo de oxidação que ocorrerá no anodo (implante), que resultará no aumento da espessura da camada de óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>). O aumento da espessura dessa camada de TiO<sub>2</sub>, além da adição de outros elementos químicos como o fosfato, potencializa o processo da osseointegração. (GROISMAN; VIDIGAL-JR, 2005).

- **Subtração**

No caso dos métodos de subtração, para ter uma superfície rugoso/porosa (DE ASSIS et. al, 2009). São utilizadas técnicas de ataque ácido à superfície ou, as superfícies são jateadas com óxidos ou areia. Muitas vezes, a indústria faz uma combinação desses métodos (jateamento + ataque ácido) para obter um determinado grau de rugosidade. Os principais ácidos utilizados no tratamento por ataque ácido são o ácido clorídrico e o ácido sulfúrico em determinadas concentrações. Os principais métodos de jateamento são por óxidos, fosfato de cálcio ou areia, assim este tipo de tratamento de superfície favorece a adesão tecidual, migração celular e a posição óssea in vitro, o que indica provável sucesso no processo de osseointegração (GEBRAN; WASAL, 2007).

Não há dúvidas de que a topografia das superfícies influencie diretamente na formação óssea sobre o implante. Em uma escala micrométrica, os tratamentos de superfície proporcionam superfícies favoráveis à osseointegração. Porém, atualmente a indústria direciona suas pesquisas para a escala nanométrica. Acredita-se que modificações nesta escala afetem tanto a topografia quanto as propriedades químicas da superfície (CHRISTENSON, 2007). Essas modificações alteram as interações da superfície com íons, biomoléculas e células, influenciando na adesão e proliferação celular, diferenciação e adesão de células específicas que vão interferir no processo de osseointegração, potencializando seus efeitos. Atualmente, alguns métodos de tratamento de superfície parecem atuar na escala nanométrica. Um dos métodos utiliza um jateamento com óxido de titânio, seguido por um tratamento com ácido fluorídrico. Outro método consiste

em um depósito de nanopartículas de cálcio e fosfato sobre uma superfície previamente tratada com duplo-ataque ácido. Ambos os tratamentos têm demonstrado bons resultados; porém, os verdadeiros riscos e benefícios de tratamentos de superfície em escala nanométrica serão definidos através de estudos longitudinais de longo tempo de acompanhamento (MENDONCA et al, 2008). As interações célula-matriz-substrato ocorrem em dimensões de nanoescala, considerando estas interações os tratamentos tem se mostrado mais promissores. Com a nanotecnologia procura-se estimular o crescimento ósseo, diminuindo o período de osseointegração (DE OLIVEIRA; NANJI, 2004).

### 3. DISCUSSÃO

O tratamento nas superfícies dos biomateriais tem sido proposto para favorecer o contato íntimo osso/implante e para acelerar o reparo ósseo na interface, permitindo assim o carregamento protético precoce ou imediato do implante, principalmente em aqueles pacientes com alterações sistêmicas significativas, que comprometem a adequada regeneração óssea (WENNERBERG; ALBREKTSSON, 2009).

A resposta da superfície do implante sobre a cicatrização óssea inicial, tem se mostrado bastante promissora, e a osseointegração de implantes dentários tem sido muito relacionada à composição e porosidade da superfície. Porém, o papel preciso da topografia e composição de superfície sobre os acontecimentos no início da osseointegração permanece pouco elucidado (SISTI et al, 2010).

É importante mencionar que o sucesso na implantodontia está relacionado com a qualidade da osseointegração e a relação do implante com os tecidos que o envolvem. Então podemos enfatizar a relevância, importância e influência dos tratamentos de superfície de implantes osseointegráveis, e as modificações que podem contribuir para o sucesso da osseointegração (FAEDA et al, 2009; SISTI et al, 2010).

Dentre muitos biomateriais existentes, o titânio foi o material que ofereceu melhores resultados na reabilitação com implantes dentais permitindo o reestabelecimento das funções mastigatórias, estética e fonética. E isso foi possível devido a sua biocompatibilidade, baixa condutividade térmica, alta resistência a esforços mecânicos e a sua capacidade de formar espontaneamente uma camada de óxido (NAGEM FILHO et al, 2007; VIEIRA et al., 2013). Esta camada é formada na superfície do titânio em menos de 1 segundo e pode ter uma espessura de 2nm a 10nm promovendo resistência à corrosão (AMARANTE; LIMA, 2001; PULEO; THOMAS, 2006; PALMQUIST et al., 2010; VIEIRA et al., 2013).

Os primeiros implantes utilizados eram de titânio comercialmente puro com superfície usinada. Ao longo do tempo foi-se observando que as taxas de sucesso na mandíbula eram maiores quando comparadas com a maxila, além disso, eram necessários longos períodos para que ocorresse o processo de cicatrização. Então, nessa situação buscaram-se formas de aumentar a superfície de contato entre o tecido ósseo e o implante para que o processo de osseointegração fosse mais rápido (STANFORD, 2002; BRANDAO, 2010; GERZON, 2013; SOARES, 2015).

Diante disso, foram desenvolvidos métodos capazes de provocar alterações na superfície do implante. Podendo adicionar ou remover material da superfície que está passando pelo tratamento, tentando modificar a topografia de superfície, proporcionando uma superfície hidrofílica, com propriedades de adesão e proliferação celular mais rápida acelerando assim o processo de osseointegração (NOVAES et al., 2010; JEMAT, 2015).

Atualmente estudos vêm apontando que superfícies com topografia nano são capazes de alterar a adesão, proliferação e diferenciação de osteoblastos. Esse tipo de topografia proporciona a adsorção de proteínas de forma mais rápida e influencia a resposta do hospedeiro tanto a nível celular quando tecidual. A produção desse tipo de topografia depende de processos químicos (LE GUÉHENNEC, 2007; MENDONÇA et al., 2008).

Um método de produzir implantes com nanotopografia é através da oxidação anódica. Esse processo consiste na imersão do implante em ácidos fortes a alta temperatura, sob uma corrente elétrica. Como resultado tem-se um espessamento da camada de óxido do implante podendo produzir uma camada de óxido maior que 1000nm., estas superfícies anodizadas interferem de forma positiva na resposta do tecido ósseo em testes biomecânicos quando comparados a superfícies lisas, e estas superfícies tem biocompatibilidade a nível similar a superfícies revestidas com hidróxiapatita (PULEO, THOMAS, 2006; IN-SUNG YEO, 2014). Assim, por meio da nanotopografia pode-se

mimetizar o microambiente das células ósseas (ANSELME; PONCHE; BOGERELLE, 2010).

Assim, o futuro da implantodontia estará na obtenção de superfícies que possam promover maior contato osso/implante, induzindo sempre a formação óssea e acelerando a osseointegração com mínimas possibilidades de instalação de peri-implantites em longo prazo. O desenvolvimento de superfícies com propriedades químicas controladas permitira compreender melhor as interações entre proteínas, células/tecidos e superfície do implante. Estas estratégias devem melhorar o processo de osseointegração dos implantes submetidos a carga imediata assim como seu sucesso em longo prazo (BINON, 2000).

#### **4. CONCLUSÕES**

O futuro das pesquisas em implantodontia está relacionado às modificações na superfície dos implantes, com base nos dados anteriormente descritos. O tratamento de superfície proporcionou um aumento na superfície de contato, conseqüentemente, o processo de osseointegração passou a ocorrer de forma mais rápida, permitindo a utilização de cargas mais cedo. Talvez por esse fato a osseointegração possa ser definida como processo pelo qual a fixação rígida e assintomática de um material aloplástico (implante) pode ser alcançada em pouco tempo e mantida em íntimo contato com o tecido ósseo, sendo estes resistentes a cargas funcionais precoces e tardias, podendo este processo ser alterado por um adequado tratamento físico/químico da superfície do material aloplástico.

Embora os excelentes resultados obtidos com superfícies macro e microtexturizadas, a busca por superfícies com nanotopografia é cada vez maior, pois esse método de tratamento proporciona a produção de superfícies capazes de regular a resposta biológica, influenciando a adesão e proliferação celular, de forma que a osseointegração ocorre em um período mais curto.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ABRAHAMSSON, I.; BERGLUNDH, T.; LINDER, E.; LANG, N. P.; LINDHE, J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. Clin Oral implants Res 2004;15:381-92.

ALBREKTSSON, T.; ZARB, G.; WORTHINGTON, P.; ERIKSSON, A. R. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants 1986;1(1):11-25.

ALBREKTSSON, T.; WENNERBERG, A. Oral implant surfaces: Part 1 – Review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. In J Prosthodont 2004;17:536-46.

ALBRKTSSON, T.; WENNERBERG, A. Oral implant surfaces: Part 2 – Review focusing on clinical knowledge of different surfaces. Int J Prosthodont 2004;17:544-64.

ALBOUY, J-P.; ABRAHAMSSON, I.; PERSSON, L. G.; BERGLUNDH, T. Spontaneous progression of periimplantitis at different types of implants. An experimental study in dogs. I: Clinical and radiographic observations. Clin Oral Impl Res 2008; 19:997-1002.

AMARANTE, E. S.; LIMA, L. A. Otimização das superfícies dos implantes: plasma de titânio e jateamento com areia condicionado por ácido - estado atual - Pesqui Odontol Bras v. 15, n. 2, p. 166-173, abr./jun. 2001.

ANSELME, K.; PONCHE, A.; BOGERELLE, M. Relative influence of surface topography and surface chemistry on cell response to bone implant materials. Part 2: biological aspects. J Engineering Med 2010;224:1487-507.

APARECIDA, A. H.; FOOK, M. V. L.; SANTOS, M. L.; GUASTALDI, A. C. Influencia dos ions K<sup>+</sup> e mg<sup>2+</sup> na obtenção de apatitas biomiméticas. Ecl Quim 2005;30:13-8.

BECKER, W.; GOLDSTEIN, M. Immediate implant placement: treatment planning and surgical steps for successful outcome. Periodontol; v.47: p.79-89, 2000.

BINON, P. P. Implants and components: entering the new millennium. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:76-94.

BORNSTEIN, M. M.; VALDERRAMA, P.; JONES, A. A. et al. Bone apposition round two different and blasted and acid-etched titanium implant surfaces: a

histomorphometric study in canine mandibles. Clin Oral Implants Res., Copenhagen, n. 19, p. 233-41,2008.

BRANDÃO, M. L. et al. Superfície dos implantes osseointegrados x resposta biológica - REVISTA IMPLANTNEWS 2010;7(1):95-101.

BRÄNEMARK, P. I.; ADELL, R.; BREINE, J. et al., Intraosseous anchorage of dental prostheses. Experimental studies. Scand. J. Plast. Reconstr.Surg., Stockholm, v. 3, n. 2, p.81-100, 1969.

BRÄNEMARK, P. I. Osseointegration and its experimental background. J Prosthet Dent. 1983; 50(3): 399-410

CAMPOS JÚNIOR, A.; PASSANEZI E. Por que a osseointegração revolucionou a Implantodontia? In: Todescan FF, Botino MAC. Atualização na clínica odontológica: a prática da clínica geral. São Paulo: Artes Médicas; 1996. p.249-97.

CHRISTENSON, E. M.; ANSETH, K. S.; VAN DEN BEUCKEN, J. J.; CHAN, C. K.; ERCAN, B.; JASEN, J. A. et al. Nanobiomaterial applications in orthopedics. J Orthop Res 2007;25:11-22.

COX, J. F.; ZARB, G. A. The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated implants: a 3-year report. Int J Oral Maxillofac Implants. 1987; 2(2): 91-100.

DE ASSIS, A. F.; BELOTI, M. M.; CRIPPA, G. E.; DE OLIVEIRA, P. T.; MORRA, M.; ROSA, A. L. Development of the osteoblastic phenotype in human alveolar bone derived cells grown on a collagen type I-coated titanium surface. Clin Oral Implants Res 2009;20:240-6.

DE OLIVEIRA, P. T.; NANJI, A. Nanotexturing of titanium-based surfaces upregulates expression of bone sialoprotein by cultured osteogenic cells. Biomaterials 2004;25:403-13.

DI IORIO, D.; TRAINI, T.; DEGIDI, M.; CAPUTI, S.; NEUGEBAUER, J.; PIATTELLI, A. Quantitative Evaluation of the fibrin Clot Extension on Different Implant Surface: Na In Vitro Study. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2005;74:636-42.

FAEDA, R. S.; TAVARES, H. S.; SARTORI, R.; GUASTALDI, A. C.; MARCANTONIO Jr, E. Biological performance of chemical hydroxyapatite coating associated with implant surface modification by laser beam: biomechanical study in rabbit tibias. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 2009;67:1706-15.

FAVERANI, L. P.; PASTORI, C. M.; RAMALHO-FERREIRA, G. et al. Análise da hipovolemia e necessidade de transfusão sanguínea em pacientes submetidos às cirurgias ortognáticas. Monografia apresentada para obtenção do certificado de conclusão de Residência em Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial, promovido pela Associação Hospitalar de Bauru – Hospital de Base da 7ª Região, Bauru, 2010.

ELIAS, C. N.; LIMA, J. H. C.; SANTOS, M. V. Modificações na superfície dos implantes dentários: da pesquisa básica a aplicação clínica. *Implant News* 2008;5(5):467-76.

FRANCISCHONE, C. E.; NETO, A. M. Bases clínicas e biológicas da osseointegração. São Paulo: livraria santos editora; 2009.

GEBRAN, M. P.; WSSAL, T. Avaliação in vitro da adesão de osteoblastos sobre implantes osseointegráveis com superfície tratada (Titamax II). *Implant News* 2007;4(1):79-84.

GERZSON, A. S. et al. Superfície em Implantodontia: características dos principais implantes brasileiros - ©DentalPress Publishing / Dental Press Implantol. 2013 Oct-Dec; 7(4): 46-51.

GROISMAN, M.; VIDIGAL-Jr, G. M. Tipos de superfícies de implantes. In: *Sobrape. (Org.). Periodontia e Implantodontia - Atuação clínica baseada em evidências científicas. Sobrape; 2005. v.14, p.1-14.*

IN-SUNG; YEO. Reality of Dental Implant Surface Modification: A Short Literature Review - *The Open Biomedical Engineering Journal*, 2014, 8, 114-119.

JEMAT, A. et al. Surface Modifications and Their Effects on Titanium Dental Implants - *BioMed Research International* Volume 2015, Article ID 791725, 11 pages.

KARACS, A.; FANCSALY, A. J.; DIVINYI, T.; PETO, G. Morphological and animal study of titanium dental implant surface induced by blasting and high intensity pulsed Nd-glass laser. *Mater Sci Eng C* 2003;23:431-5.

LE GUÉHENNEC, L. et al. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration - *dental materials* 23 (2007) 844–854.

LINDHE; JEAN; KARRING; THORKILD; LANG NIKLAUS, P. *Tratado de periodontia clínica e implantologia oral.* Rio de Janeiro: Guanabara, 2010.

LYNDON, F.; COOPER, A. Role for surface topography in creating and maintaining bone at titanium endosseous implants - J Prosthet Dent 2000;84:522-34.

MEIRELLES, L. Nanoestruturas e a resposta óssea. Uma alternativa segura para a reabilitação com implantes osseointegráveis? ImplantNews 2010;7(2):169-72.

MENDONÇA, G. et al. Advancing dental implant surface technology – From micronto nanotopography - Biomaterials 29 (2008) 3822–3835.

MISCH, C. E. Implantes dentários contemporâneos. 2. ed. São Paulo: Ed.Santos; 2000. p.21-32.

MISCH, C. E. Implantes dentais contemporâneos. Editora: Elsevier/Rio de Janeiro, 3ª edição, 2009.

NAGEM FILHO, H. et al. Influencia da textura superficial dos implantes- Revista Odonto Ciência – Fac. Odonto/PUCRS, v. 22, n. 55, jan./mar. 2007.

NOVAES Jr, A. B. et al. Influence of Implant Surfaces on Osseointegration-Braz Dent J 21(6) 2010.

PALMQUIST, A. et al. Titanium oral implants: surface characteristics, interface biology and clinical outcome - J. R. Soc. Interface (2010) 7, S515–S527.

PULEO, D. A.; THOMAS, M. V. Implant Surfaces - Dent Clin N Am 50 (2006) 323–338.

RENOUARD, F.; RANGERT, B. Fatores de risco em implantodontia: Análise clínica simplificada para um tratamento previsível. 2.ed. São Paulo: Quintessence; 2008.

SENNERBY, L.; ERICSON, L. E. Early response to titanium implants inserted in rabbit cortical bone. J Mater Med 2002;4:494-502.

SISTI, K.; GUASTALDI, A.; ANTONIOLLI, A. B.; QUEIROZ, T.; TAVARES, H.; SOUZA, F. et al. Surface and biomechanical study of titanium implants modified by laser with and without hydroxyapatite coating, in rabbits. J Oral Implantol. 2010 Aug 6.

SOARES; MOURA; ROCHA JÚNIOR et al. Biological characterization of implant surfaces - in vitro study - Rev Odontol UNESP. 2015 July-August; 44(4): 195-199.

SOUZA, M. A.; TAKAMORI, E. R.; LENHARO, A. Influência dos principais fatores de risco no sucesso de implantes osseointegrados. *Innov implant J Biomater Esthet.* 2009; 4(1): 46-51

STANFORD, C. M. Surface modifications of implants - *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am* 14 (2002) 39-51.

SULLIVAN, R. M. *Implant Dentistry and the Concept of Osseointegration: A Historical Perspective.* J Calif Dental Assoc, 2001.

TAYLOR, T. D.; AGAR, J. R. "Twenty years of progress in implant prosthodontics" *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 88, p. 793, 2002.

TEXTOR, M.; SITTIG, C.; FRAUCHIGER, V. et al. Properties and biological significance of natural oxide films on titanium and its alloys. In: Brunette DM, Tengvall P, Textor M, Thomsen P, editors. *Titanium in Medicine.* Berlin: Springer; 2001. p 171-230.

VAGASKA, B.; BACAKOVA, L.; FILOVA, E.; BALIK, K. Osteogenic Cell on Bio-Inspired Materials for bone tissue Engineering. *Physiol Res* 2010;59:309-22.

VAN STEENBERGHE, D.; LEKHOLM, U.; BOLENDER, C.; FOLMER, T.; HENRY, P.; HERRMANN, I. et al. The applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:272-81.

VIDIGAL-Jr, G. M.; GROISMAN, M.; ARAGONES, L. C. A.; CAMPOS JUNIOR, A. Histomorphometric analyses of hydroxyapatite-coated and uncoated titanium dental implants in rabbit cortical bone. *Implant Dent* 1999;8(3):295-302.

VIEIRA, R. M.; NAMEN, F. M.; GALAN JÚNIOR, J. Characterization of the surfaces of dental implants commercial in scanning electron microscopy / energy dispersive spectroscopy - RGO - *Rev Gaúcha Odontol.*, Porto Alegre, v.61, n.1, p. 27-39, jan./mar., 2013.

WENNERBERG, A.; ABREKTSSON, T. Structural influence from calcium phosphate coatings and its possible effect on enhanced bone integration. *Acta odontol Scand* 2009;67:333-40.

ZARB, G. A.; ALBREKTSSON, T. Osseointegration – a requiem for the periodontal ligament? *Int J Periodontics Restorative Dent* 1991; 11:88-91.