



**CESPU**

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

# **Influência da macro geometria na estabilidade do implante dentário**

**Diana Oliveira Rodrigues**

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária  
(Ciclo Integrado)**

**Gandra, 29 de Junho de 2022**



**CESPU**

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

**Diana Oliveira Rodrigues**

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)**

**Influência da macro geometria na estabilidade do implante dentário**

**Trabalho realizado sob a Orientação de Mestre Francisco José Vieira de Magalhães**

## **Declaração de Integridade**

Eu, Diana Oliveira Rodrigues, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



## Diploma das Jornadas Científicas AEIUCS





## **Agradecimentos**

Ao Diretor Clínico do Instituto Superior de Ciências da Saúde – Norte, Professor Doutor José Júlio Pacheco por permitir a realização deste estudo.

Ao meu orientador, Mestre Francisco José Vieira de Magalhães reconheço a disponibilidade que demonstrou ao longo desta unidade curricular, pela sua imensa paciência e por ser um verdadeiro exemplo de professor com vocação para ensinar.

Aos meus professores que foram sempre um exemplo durante esta aprendizagem. Gostaria de lhes dar um agradecimento especial, por toda a paciência em transmitir-me o próprio conhecimento profissional teórico e prático que foi indispensável para a minha formação académica; foram e são um exemplo e por eles tenho muita admiração e respeito;

Aos meus pais por me terem apoiado durante o meu percurso de vida e de faculdade onde aprendi e cresci como profissional e como pessoa;

Ao meu marido José Manuel Marques que sempre me apoiou a todos os níveis, nos momentos difíceis ao longo deste percurso, devido a termos uma filha pequena e não só.

Ao meu querido tio Acis Monteiro que foi um grande incentivo e contributo para que eu pudesse realizar esta formação.

Ao meu primo Ricardo Faria, por me ter apoiado durante o percurso académico e ajudado na pesquisa desta dissertação.

Ao meu colega e binómio Luís Lima, por me ter ajudado durante todos estes anos e também contribuiu para a minha evolução durante este percurso.

À vida, por dar a oportunidade de continuar a crescer.





## **Resumo**

**Introdução:** Os implantes dentários destinam-se à reabilitação de dentes perdidos. Podem ser colocados em pacientes edêntulos totais ou parciais. São feitos de titânio, depois de introduzidos no osso promovem a osteointegração que permitirá incorporar o material no organismo do paciente. A estabilidade primária desempenha um papel crítico para que este processo ocorra adequadamente. As forças de tensão podem influenciar positiva ou negativamente a estabilidade do implante e diferentes valores de torque podem ser aplicados, com algumas limitações funcionais e mecânicas dos sistemas de implantes para o sucesso a longo prazo.

**Objetivos:** Avaliar através de uma revisão integrativa e com base na informação científica disponível, a influência da macro geometria na estabilidade do implante dentário, torque de inserção, osteointegração e estabilidade primária dos implantes dentários

**Materiais e Métodos:** Foi realizada uma pesquisa de artigos científicos em base de dados eletrónica (pubmed) nos últimos cinco anos com as seguintes palavras: “Macro Geometry”, “Primary Stability”, e keywords com termo MeSH: “Dental Implants”, “Bone Density”, “Osteointegration”, "Mechanical Phenomena";"Immediate Dental Implant Loading".

**Resultados:** A geometria da espira afeta a distribuição das forças de tensão a volta do implante, esta influência positiva ou negativamente a sua estabilidade. Quando os valores de tensão e as áreas de concentração diminuem no osso cortical e o diâmetro do implante aumenta, as distribuições de tensão são mais eficazes para o osso esponjoso.

**Conclusões:** Os implantes dentários são uma excelente opção de tratamento, mas podem associar-se a um risco de complicações biológicas ou técnicas. A anatomia da crista óssea, o local da colocação do implante afeta o mecanismo da transmissão de carga. Os padrões de distribuição de tensões foram influenciados pela anatomia do colo do implante, assim como do osso cortical e trabecular.

### **Palavras-chave:**

“Macro Geometry”, “Primary Stability”, e palavras-chave com termo MeSH: “Dental Implants”, “Bone Density”, “Osteointegration”, "Mechanical Phenomena";"Immediate Dental Implant Loading"



## **Abstract**

**Introduction:** Dental implants are intended for the rehabilitation of missing teeth. They can be placed in totally or partially edentulous patients. They are made of titanium, after being introduced into the bone, they promote osseointegration that will allow the material to be incorporated into the patient's body. Primary stability plays a critical role for this process to take place properly. Tensile forces can positively or negatively influence implant stability, different torque values and different ISQ values can be applied, with some functional and mechanical limitations of implant systems for long-term success. All these parameters can have consequences due to the design of the implant.

**Objectives:** To evaluate, through an integrative review and based on available scientific information, the influence of dental implant macro geometry, insertion torque, osseointegration and primary stability of dental implants

**Materials and Methods:** A search of scientific articles was carried out in an electronic database (pubmed) in the last five years with the following words: "Macro Geometry", "Primary Stability", and keywords with MeSH term: "Dental Implants", " Bone Density", "Osteointegration", "Mechanical Phenomena", "Immediate Dental Implant Loading".

**Results:** The spiral geometry affects the distribution of tension forces around the implant, this positively or negatively influencing its stability. When stress values and areas of concentration decrease in cortical bone and implant diameter increases, stress distributions are more effective for cancellous bone.

**Conclusions:** Dental implants are an excellent treatment option, but they may be associated with a risk of biological or technical complications. The anatomy of the bone crest, the location of implant placement affects the mechanism of load transmission. Stress distribution patterns were influenced by the anatomy of the implant neck, as well as cortical and trabecular bone.

## **Keywords:**

"Macro Geometry", "Primary Stability", e keywords com termo MeSH: "Dental Implants", "Bone Density", "Osteointegration", "Mechanical Phenomena"; "Immediate Dental Implant Loading".



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

## Índice

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Materiais e Métodos .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Resultados .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Discussão .....</b>	<b>12</b>
<b>5.1 Distribuição de forças de tensão influenciada pelo diâmetro e comprimento do implante .....</b>	<b>12</b>
<b>5.2 Geometria da espira e distribuição forças de tensão .....</b>	<b>14</b>
<b>5.3 Desenho da macro rosca utilizando valores do RFA e ISQ .....</b>	<b>17</b>
<b>6. Conclusão .....</b>	<b>20</b>
<b>7. Bibliografia.....</b>	<b>22</b>



## **Índice de Figuras ou Tabelas**

Tabela 1.....pág.6





### **Lista de Abreviaturas ou siglas**

**IT** – Torque de Inserção

**ISQ** – Quociente de estabilidade

**ITVs** – Valores de Torque de Inserção

**RFA** – Análise de frequência de ressonância

**DO** – Densidade Óssea

**SD** – Densidade Subtrativa

**SDIs** – Implante de diâmetro regular ou padrão

**NDIs** - Implante de diâmetro estreito



## **1. Introdução**

A implantologia é uma área confiável e previsível para a reabilitação de espaços edêntulos no âmbito da saúde oral.

Um implante dentário define-se como: “Um dispositivo medico-protético em titânio ou mais recentemente cerâmicos (Zircónia) implantado no osso para fornecer retenção e suporte para uma prótese fixa ou removível”, este dispositivo (implante) substitui ou atua como uma estrutura biológica ausente do corpo. <sup>(1)</sup>

Os implantes destinam-se ao tratamento de reabilitações em desdentados totais, parciais ou unitários, uma vez que vai substituir uma ou mais raízes. <sup>(2)</sup>

Estão disponíveis em diferentes geometrias, espiras, torque de rosca, profundidade, largura, retenção mecânica entre espiras do implante, a maioria dos implantes têm uma superfície de titânio circundante e têm como objetivo promover a adesão do implante dentário ao osso. <sup>(3)</sup>

A reabilitação de espaços edêntulos depende da capacidade dos implantes dentários em alcançarem a osteointegração (é a união estável e funcional entre o osso e uma superfície de titânio. Este fenómeno ocorre após a inserção de peça em titânio dentro do osso e a migração das células ósseas para a superfície deste metal) e uma estabilidade adequada (estabilidade primária) do implante sendo este um pré-requisito fundamental para evitar micro movimentos, o que pode resultar na falha de um implante. <sup>(4)</sup>

Este processo começa numa fase inicial de estabilidade mecânica primária que pode ser determinada na colocação do implante, medindo os valores de torque de inserção (IT). Este método pode ser influenciado por muitos parâmetros clínicos e relacionados ao implante, tais como: densidade óssea, cicatrização (osteointegração), técnica de preparação do leito implantar, a escolha da geometria do corpo do implante, diâmetros e comprimentos do implante. <sup>(5)</sup>

Este estudo centra-se na macroestrutura dos implantes dentários, nas características do corpo, da espira, fazendo ainda menção às conexões dos implantes.

As conexões e a superfície do implante são características intrinsecamente ligadas ao comportamento global do implante dentário. Algumas das principais diferenças nos protocolos de colocação dos implantes, têm relação direta com a macroestrutura do implante dentário. <sup>(6)</sup>

A prática clínica poderá apresentar alguns constrangimentos quando não se tem em conta algumas características da macroestrutura do implante (espiras, corpo e superfície) com influência direta no protocolo de tratamento. <sup>(6)</sup>

Este estudo, fornece percepções baseadas em evidências para a implementação bem-sucedida de implantes dentários na prática clínica.

## **2. Objetivos**

Avaliar através de uma revisão integrativa e com base na informação científica disponível, a influência da macro geometria do implante dentário no torque de inserção, osteointegração e estabilidade primária dos implantes dentários.

### 3. Materiais e Métodos

A revisão sistemática integrativa seguiu o protocolo PRISMA.

Definição da pergunta/questão PICO da revisão integrativa

“Em que medida a macro geometria influencia a osteointegração, estabilidade primaria e torque no implante”

A pergunta pico responde aos seguintes critérios:

**População:** Universo experimental, adultos com idade superior 18 anos sujeitos a colocação de implantes.

**Intervenção:** Planeamento de um tratamento dentário com colocação de implantes com diferentes macro geometrias, Carga Imediata, Prazos de Osteointegração, Carga definitiva.

**Comparação:** A colocação de implantes com a influência das características Macro geométricas, na avaliação de os sistemas de implantes dentários diferentes. na estabilidade primaria, na osteointegração e torque

**Resultados:** Diferentes sistemas de implantes, tem protocolos cirúrgicos diferentes, avaliar influência da macro geometria, no torque, osteointegração e na estabilidade primaria (D1, D2, D3, D4) para obter o mesmo resultado e resultados diferentes.

**Crítérios de Elegibilidade:**

Desta pesquisa resultaram 15 artigos. Inclui estudos de revisões sistemáticas e narrativas com fundamentação teórica proeminente para o meu estudo. Contudo estes estudos publicados num espaço temporal entre 2012 e 2022.

Da pesquisa inicial foram obtidos 1582 artigos. Em seguida foi feita uma triagem para remover artigos cujo título e resumo não satisfaziam os critérios de inclusão e aqueles cuja leitura na íntegra também não cumpriam o objetivo deste estudo. Os estudos que estavam próximos aos objetivos propostos foram armazenados em diferentes pastas.

**Os critérios de inclusão foram:**

- Estudos realizados preferencialmente em humanos e in vitro;
- Artigos em inglês.
- Artigos publicados nos últimos 10 anos.

**Os critérios de exclusão foram:**

- Foram excluídas revisões, revisões sistemáticas, meta-análises, livros e documentos para os artigos utilizados nos resultados.
- Artigos não disponíveis em texto completo.
- Artigos com mais de 10 anos.
- Artigos duplicados.

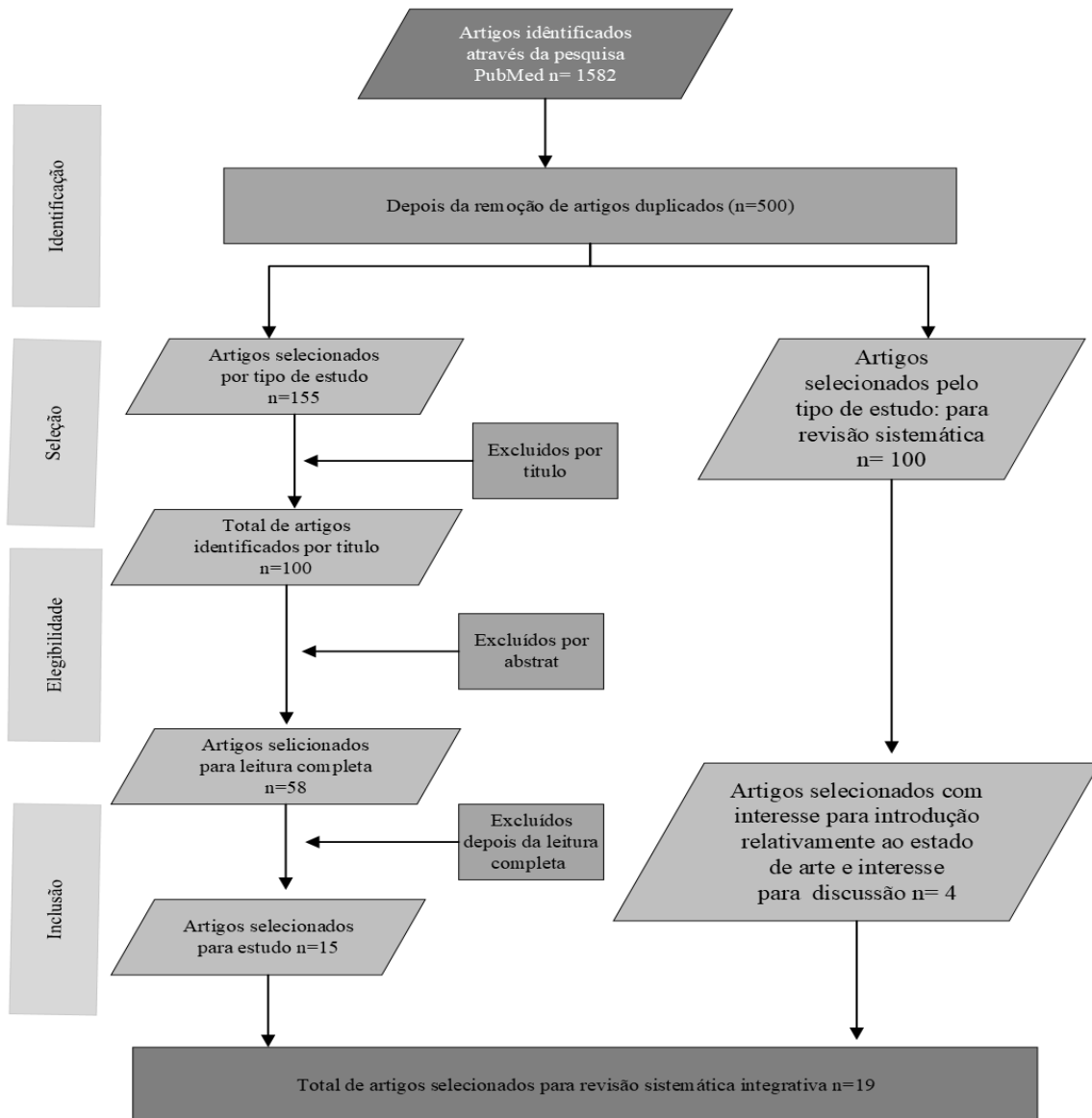
**Estratégia de pesquisa e processo de seleção dos estudos:**

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando a base de dados PubMed-MEDLINE em Janeiro 2022, utilizando as seguintes palavras-chave: “Macro Geometry”, “Primary Stability”, e palavras chave com termo MeSH: “Dental Implants”, “Bone Density”, “Osteointegration”, “Mechanical Phenomena”; “Immediate Dental Implant Loading”;

Como também, foi elaborada uma pesquisa avançada na PubMed Advanced Search Builder, o algoritmo de busca booleana usado para encontrar a informação relevante para o estudo foi o



seguinte: “dental implants AND osteointegration” OR “mechanical phenomena” AND “immediate dental”



**Figura 1.** Fluxograma de estratégia de pesquisa utilizada neste estudo

#### 4. Resultados

A seguinte tabela resume os pontos mais relevantes de cada estudo para a elaboração deste trabalho.

Autor / Ano	Tipo de Artigo	Objetivo	P População	I Intervenção	C Comparação	O Resultados	Conclusão
Aaron Yu-Jen Wu, em 2020	Estudo in Vitro e estudos de elementos finitos	Avaliar o impacto da forma do implante no desempenho biomecânico com 2 modelos de implantes distintos, na técnica "All on Four" averiguando o desenho, a posição, carga.	Adultos com idade superior 18 anos.	Colocação de implantes com diferentes tipos de cargas, na região anterior e na posterior	Comparar as forças de tensão com diferentes cargas e implantes	Opico de tensão á volta do osso é mais elevado na parte posterior que na parte anterior. As diferenças nas tensões do osso trabecular entre os dois desenhos de implantes eram pequenas sob as mesmas condições de carga.	Condui-se que o desenho do implante, na técnica de "All on Four" não afeta o desempenho biomecânico da reabilitação com implantes.
Luigi Baggi, Ilaria Cappelloni, Michele Di Girolamo, Franco Maceri, Giuseppe Vairo, em 2008	Caso Clínico	Analisar a influência do diâmetro e comprimento do implante na distribuição de tensões e risco de sobrecarga, de perda óssea ao nível crestal baseada em evidência clínica.	Adultos com idade superior 18 anos.	Foram utilizados 5 implantes com diâmetros de (3,3 a 4,5 mm), e com comprimentos de (7,5 a 12 mm).	Comparar diferentes marcas de implantes com comprimentos, diâmetros distintos e diferentes geometrias	As áreas de tensão máxima foram localizadas no colo do implante. Diminuem no osso cortical	O desenho do implante, a geometria do osso crestal e a zona de colocação afetam a transmissão de cargas ao osso.
Chaiwat Udomsawat, Pathawee Khongkhunthian em 2018	Estudo experimental	Comparar a tensão produzida durante a inserção do implante e em volta do osso com diferentes tipos de implantes.	Adultos com idade superior 18 anos	Três tipos de implantes diferentes, indicando que existem três tipos de cargas produzidas: no interface osso-implante, na compressão, na tração e forças de cisalhamento.	Comparar 3 desenhos de implantes diferentes durante a inserção, verificando as forças de tensão de cada um produzido em redor do osso.	Para manter o sucesso da inserção do implante, os modelos de implantes foram simplificados reduzindo a parte da geometria.	Diferentes desenhos de implantes afetam diferentes padrões de tensões durante a inserção dos implantes. A superfície e a área de contato do implante é um fator importante que afeta as características de tensão durante a colocação.

Camila Lima de Andrade, em 2017	Estudo de investigação	Avaliar a influência da macro geometria ao utilizar diferentes tipos de desenhos, de colos e roscas em distribuições de tensão no osso.	Pacientes com idades superiores a 18 anos	A intervenção foi obtida a partir seis grupos, uma combinação de dois desenhos de colos e três formas de espiras em implantes hexagonais externos.	Comparar a tensão de implantes em osso cortical e trabecular, com desenho de um colo e roscas de diferentes.	O desenho do colo capaz de produzir uma distribuição mais favorável de tensões foi a micro rosca. No osso trabecular a forma da espira triangular tem os valores mais baixos de tensões e deformação em relação aos implantes quadrados e trapezoidais.	Conduziu-se que os padrões de distribuição de tensões são influenciados pelo desenho do colo do implante no osso cortical e pelo desenho da espira no osso trabecular. A rosca triangular apresentam um comportamento biomecânico melhor quando comparados com o desenho do colo liso e roscas trapezoidais e quadradas.
Christian Makary, Gaudio Stacchi, em 2019.	Caso clínico	Testar um protocolo de carga imediata controlando a estabilidade do implante	Pacientes com idade superior 18 anos,	A intervenção foi feita em quatorze pacientes dos quais foram colocados quarenta implantes Colocados com a inserção de quatro diâmetros de espiras diferentes, com base na qualidade óssea.	Comparar os fatores que influenciam a estabilidade primária, através da densidade óssea e torque exercido pelo implante.	Os resultados mostraram diferenças significativas no osso tipo D4, exeto entre os tipos ósseos D1, D2 e D3. O (IT) final e o ISQ apresentaram correlação positiva significativa ao analisar toda a amostra no tipo de osso D4.	A combinação da macro geometria do implante com a densidade óssea pode levar a uma estabilidade adequada do implante tanto em osso duro como em osso mole.
Benedikt C Spies, Maria Bateli, Ghada, Marin Christmann, Kirstin Vach and Ralf-Joachim Kohal, em 2018.	Caso Clínico	Testar o desenho do implante averiguando a estabilidade primária	Pacientes com idade superior 18 anos	40 pacientes, aleatoriamente designados para colocação de implantes com leitos ósseos de dimensões idênticas.	Comparar o desenho do implante com estabilidade	O desenho mais avaliado, são implantes com plataformas de diâmetro reduzido, o mais comum é representado pelo uso de micro roscas na área do colo do implante.	Os locais de inserção dos implantes, podem determinar que o desenho do implante influencia um torque de inserção ligeiramente aumentado, apesar de ter condições ósseas sucessivamente menos densas.

Keren Shemtov-Yona; Daniel Rittel, Liran Levin, Eli E Machtei, em 2012	Ensaio Clínico	Avaliar o efeito do diâmetro dos implantes na função mecânica e desempenho de carga e fadiga de implantes dentários.	Pacientes com idade superior a 18 anos	Implantes de 13 mm de comprimento com desenho cônico e diâmetro de 3,3, 3,75 e 5 mm, no colo do implante.	Comparar implantes com comprimento e desenho cônico iguais, mas com diferentes diâmetros.	Os resultados de fadiga devem ser considerados como característicos do processo mecânico. O implante de 3,3 mm foi excluído devido ao seu comportamento atípico à fadiga. As magnitudes de carga absolutas utilizadas nos implantes de 5 mm foram maiores do que nos de 3,75 mm.	Conduziu-se que os resultados deste estudo evidenciam a importância do diâmetro do implante no comportamento à fadiga, o que pode ser atribuído ao desenho do implante.
Ting-Hsun Lan & Je-Kang Du & Chin-Yun Pan & Huey-Er Lee & Wei-Hao Chung, em 2011	Caso clínico	Determinar a distribuição de tensão óssea ao usar diferentes tipos de passos de rosca, diferentes desenhos de implantes.	Pacientes com idades superiores a 18 anos	A intervenção foi feita em cinco modelos de elementos finitos 3D foram construídos para simular tensões ósseas induzidas em corpos de implantes com dois tipos de forma de rosca: triangular e o trapezoidal.	Comparar o tipo de carga exercida, passo e forma da rosca do implante	Os resultados indicam que o tipo de carga é o principal fator de influência no pico de tensão compressiva do osso alveolar. O passo de rosca ideal é de 1,2 mm para um implante de rosca triangular, e implante trapezoidal de 1,6 mm de passo de rosca.	Os implantes com rosca trapezoidal com passo de rosca de 1,6 mm proporcionam maior estabilidade primária e menor concentração de tensão óssea em diferentes direções de carga. Cada forma de espira tem o seu passo de rosca ideal, pode influenciar a inserção e a estabilidade do implante.
Julius Maminkas em 2016	Estudo de pesquisa	Descobrir os riscos de impactos mecânicos da perda óssea peri-implantar	Pacientes com idades superiores a 18 anos	A intervenção deste estudo é através da densidade óssea da osteointegração do implante e a variação do desenho, com características iguais a nível do comprimento, do diâmetro e da rosca.	Comparar a variação do desenho dos implantes, com diferentes comprimentos, diâmetros e roscas.	A forma do implante pode afetar a distribuição de tensão, que dependem da superfície e configuração da rosca do implante em contato com osso. De acordo com os resultados, à medida que o diâmetro do implante diminuiu, a concentração de tensões aumenta.	A tensão peri-implantar pode ser gerada por carga não axial, pela osteointegração, pelo desenho, comprimento, diâmetro e rosca.

Saad Alresayers em 2021	Estudo experimental in vitro	Avaliar a influência do diâmetro, desenho na estabilidade primária dos implantes.	Blocos ósseos simulados (pacientes com idades superiores a 18 anos)	A intervenção é realizada em implantes de diâmetro estreito, e desenho cônico, colocados a 3 mm de distância em blocos ósseos simulados pouco densos (Tipo I e IV)	Comparar a estabilidade primária de implantes de diâmetro estreito e padrão (SDIs) e desenho cônico, colocados em blocos ósseos (Tipo I e IV).	Mediante este artigo geometricamente, todos os implantes têm uma plataforma com um desenho cônico. O intertravamento mecânico entre as roscas do implante e o osso alveolar circundante é fundamental para a osteointegração e estabilidade primária.	Os implantes de diâmetro estreito (NDIs) e regular (SDIs) mostram estabilidade primária comparável, apresentam desenho cônico.
Habib L. Abi-Aad em 2018	Caso Clínico	Avaliar a estabilidade primária averiguando a qualidade óssea, carga imediata, os valores de torque de inserção (ITVs) alcançados por um implante com rosca variável cônica e ancoragem do implante.	26 pacientes adultos com idade média de 49,5, sujeitos a colocação de 173 implantes, em pré-molares superiores e molares.	26 pacientes adultos, saudáveis, a colocação de implantes cônicos de rosca variável.	Comparou-se a qualidade óssea, comprimento, diâmetro, ancoragem cortical e localização do implante.	1º e 2º molares foi de 46,8% de todos os implantes. A qualidade óssea em D4 foi de 83,9% no segundo molar e 100% nos terceiros molares. A D2 foi de 6,4% na região dos pré-molares, 51,4% dos implantes são associados a ancoragem cortical apical. Não foram observadas diferenças significativas em ITVs com diferentes comprimentos, diâmetros e sem ancoragem apical.	Os implantes mais usados são de 4,3 mm de diâmetro e 11,5 e 13mm de comprimento. Os ITVs de implantes de rosca variável são significativamente influenciados por variáveis na qualidade óssea e posição do implante na maxila posterior, como nas dimensões do implante e ancoragem cortical apical.
Edmara T. P. Bergamo em 2021.	Caso Clínico	Comparar o IT e os valores do ISQ colocados via OD ou perfuração subtrativa SD.	56 pacientes com media de idade de 54,2 anos	Em 56 pacientes, foram colocados cerca de 150 implantes estreitos, largos curtos, e longos	Comparar o IT e o, ISQ de implantes, estreitos, largos, curtos, longos na região anterior ou posterior	A perfuração OD ( $60 \pm 3,4$ N.cm) apresentou IT superior em relação ao SD ( $35 \pm 3,4$ N.cm), diferença de aproximadamente 41%, OD superou o SD convencional independente da arcada, maxila e mandíbula, e área anterior e posterior, em diâmetros e comprimentos diferentes exceto nos implantes curtos.	A OD demonstrou maiores valores de IT e ISQ em relação ao SD, independentemente do arco e da área de intervenção, bem como do desenho e dimensão do implante, com exceção dos implantes curtos.

Chaiwat Udomsawat, Pimduen Rungsiyakull, Chaiy Rungsiyakull, Pathawee Khongkhunthian em 2018	Estudo Experimental	Avaliar as características de distribuição de tensões em redor do implante de três diferentes desenhos de implantes durante a inserção no osso, usando análise dinâmica de tensões de elementos finitos.	Modelos finitos simulando pacientes com idades superiores a 18 anos sujeitos a colocação de implantes	Três implantes com diferentes desenhos de rosca e corpo: primeiro implante de forma radiular com três formatos de rosca diferentes; Implante cônico com dupla rosca; e por último implante cônico com rosca de reforço constante.	Comparar em três modelos de implantes diferentes as distribuições de tensão	Os valores de tensão e a área de concentração foram aumentando assim como a profundidade de inserção. Os padrões de distribuição de tensão durante o processo de inserção são diferentes entre os implantes, dependendo da geometria dos diferentes desenhos que contactam com o osso circundante.	Diferentes desenhos de implantes afetam diferentes padrões de tensão durante a inserção do implante.
Heba Abuhussein, Giorgio Pagni, Hom-Lay Wang, em 2009	Estudo pesquisa	Examinar se a estabilidade primária é diferente entre sistemas de implantes com rosca e porosos .	Pacientes com idades superiores a 18 anos de idade	A intervenção foi feita em quarenta e dois implantes rosqueados e 42 altamente porosos	Comparar a estabilidade primária de implantes porosos com implantes com rosca	O grupo de implantes porosos apresenta valores de ISQ e IT mais baixos do que o grupo de implantes com rosca que eram iguais ou maiores que 5,5 mm de espessura	A camada porosa suporta melhor a carga axial do que a carga lateral e de cisalhamento do sistema de implante. Este resultado indica que a forma trabecular da camada porosa pode fornecer ancoragem suficiente comprometendo a redução da estabilidade primária axial do sistema de implante poroso comparando com o sistema de implante de rosca.
Jeffrey J. McCullough em 2016	Caso Clínico	Avaliar o papel do desenho da macro rosca na estabilidade do implante	Adultos com idade superior 18 anos	Sete pacientes, para colocação de 4 implantes. O implante testado tem um desenho de rosca com ampla profundidade e passo de rosca aumentado. A análise de frequência (RFA) foi usada para determinar os valores do quociente de estabilidade (ISQ).	Comparar a estabilidade do implante na primeira semana em relação a terceira e quarta semana.	Os implantes alcançaram consistentemente um torque de inserção relativamente alto. O valor do ISQ para implantes de teste e examinados foram semelhantes.	Conduziu-se que dentro das limitações deste estudo, o desenho de macro rosca parece desempenhar um papel na estabilidade do implante no período de cicatrização, mediante avaliação pela RFA.

## **5. Discussão**

A presente revisão sistemática integrativa, demonstra que existem vários estudos na literatura que mostram diferentes visões sobre a macro geometria do implante dentário.

Os estudos aqui revisados mostraram uma ampla gama de valores de torque de inserção. Estes sugerem que altos valores de torque de inserção podem ser gerados pela inserção agressiva do implante com aumento da profundidade da rosca que oferece um contacto próximo entre a superfície do implante e o osso alveolar. No entanto, os médicos dentistas devem ter cuidado ao usar tensão excessiva, porque essa compressão nas regiões de ajuste, ao exceder o limite fisiológico pode desencadear intensa reabsorção óssea, levando a necrose e consequente falha do implante dentário. <sup>(7)</sup>

De acordo com esta revisão, os métodos mais utilizados para avaliar a estabilidade primária do implante são torque de inserção (IT) e análise de frequência (RFA), assim como os valores do quociente de estabilidade (ISQ) e valores de inserção de torque (ITVs). A sua determinação pode ser relevante para o prognóstico do tratamento dentário, nomeadamente na cirurgia com implantes. A estabilidade primária é definida como a ausência de movimento de um implante após inserção cirúrgica e é influenciada por muitos fatores, como densidade e qualidade óssea, técnica e geometria do corpo do implante. A estabilidade primária é um dos critérios importantes para o sucesso na colocação de implantes dentários. <sup>(7)</sup>

### **5.1 Distribuição de forças de tensão influenciada pelo diâmetro e comprimento do implante**

*Luigi et al.*, analisaram a influência do diâmetro e comprimento do implante na distribuição de tensão, e o risco de sobrecarga de perda óssea no colo do implante. Os implantes analisados apresentaram diferentes níveis de stress baseados no comportamento biomecânico, dependendo dos parâmetros de forma e local de colocação, bem como a geometria óssea na zona do colo do implante. A colocação de um implante nos segmentos maxilar e mandibular induziu distribuições de tensão que foram diferentes na interface osso-implante, como consequência de diferentes geometrias e propriedades mecânicas do osso, resultando num maior risco de sobrecarga compressiva no segmento maxilar. No entanto, para controlar o risco de sobrecarga

óssea e para melhorar a performance do stress biomecânico do implante, os resultados sugeriram que o diâmetro deve ser considerado como um parâmetro mais efetivo que o comprimento do implante. O conceito de "Platform Switching" e a colocação dos implantes subcrestais demonstraram um melhor comportamento do osso considerando o nível de stress a que foram submetidos, com menor risco de sobrecarga óssea. Até mesmo nos casos de osso menos compacto os valores obtidos de suporte ao stress são muito aceitáveis. As áreas periimplantares corticais que poderiam ser afetadas pela sobrecarga foram influenciadas principalmente pelo diâmetro do implante, independentemente do comprimento da interface osso-implante. No entanto, um aumento no comprimento do implante reduziu os gradientes de tensão na região periimplantar esponjosa. Com base nos resultados aqui apresentados, os implantes osteointegrados devem ser escolhidos considerando 2 fatores: primeiro, que o risco de sobrecarga nas regiões peri-implantares depende principalmente do tamanho do implante (diâmetro e comprimento) e do local de colocação e, segundo, que o desempenho biomecânico baseado no stress dos implantes melhora quando a perda óssea da crista é efetivamente contrariada. Dentro das limitações deste estudo, demonstrou-se que o desenho do implante (em termos de diâmetro e comprimento), a geometria do osso crestal e a zona de colocação do implante afetam o mecanismo de transmissão de forças. Verificou-se ainda um melhor comportamento da crista óssea em casos clinicamente associados com configurações em "platform switching".<sup>(8)</sup>

À semelhança dos autores anteriores, *Julius et al*, numa revisão sistemática concluem que à medida que o diâmetro do implante diminui a concentração de stress aumenta, como também a distribuição do stress depende do desenho da superfície e da configuração das roscas do implante dentário.<sup>(9)</sup>

*Keren et al.*, avaliaram o efeito do diâmetro dos implantes na função mecânica e desempenho de carga e fadiga. Neste estudo, os implantes com diâmetros de 3,75mm e 5mm exibiram um comportamento à fadiga clássico e comparável, enquanto os implantes de 3,3mm não exibiram de todo, um comportamento de fadiga previsível. Presume-se que os resultados menos bons nos implantes de diâmetro 3,3mm estejam associados às tensões geradas ao longo de estruturas de superfícies maquinadas com ápice ativo (promove a estabilidade primária), considerando que este tipo de desenho reduz a resistência mecânica da estrutura do implante.<sup>(10)</sup>



## 5.2 Geometria da espira e distribuição forças de tensão

Os autores *Alresayers et al* avaliaram a influência do diâmetro do implante na estabilidade primária, definindo (NDIs) como os implantes de diâmetro mais estreito e os (SDIs) como implantes de diâmetro standard. No presente estudo os implantes têm espiras cortantes e um tratamento de superfície moderadamente rugoso e foram colocados em blocos que simulavam um osso tipo II. Postula-se que as espiras condensam o osso e têm um efeito de ancoragem ao longo do comprimento do implante durante e depois da colocação. É ainda reportado que superfícies rugosas aumentam a estabilidade primária em comparação com superfícies menos rugosas ou maquinadas. Do ponto de vista clínico os implantes com superfícies moderadamente rugosas têm melhores resultados que superfícies maquinadas. Neste estudo os NDIs e os SDIs tinham superfícies moderadamente rugosas, fator este que talvez tenha contribuído para conseguir uma melhor estabilidade primária. OS NDIs e os SDIs demonstraram uma estabilidade inicial comparável quando colocados em blocos que simulavam osso tipo I e tipo IV. <sup>(11)</sup>

*Spies et al.*, conduziram um estudo onde propuseram alterações ao nível do colo do implante com o objetivo de obter uma menor, próxima de zero, perda de osso marginal procurando proteger o implante dos micro-movimentos durante o processo de cicatrização. Após a colocação ocorre o processo de remodelação óssea peri-implantar, processo este que resulta finalmente na estabilidade secundária, que consideram ser predominante na zona do ombro do implante. As modificações foram feitas ao nível do colo do implante introduzindo as micro-espiras e redução de plataforma para reabilitações com o conceito de "*Platform Switching*" para reduzir a perda de osso marginal comparando com reabilitações em plataformas ajustadas (Pilar apoia na plataforma do implante). As micro-espiras foram mais efetivas na redução de stress na zona crestal reduzindo ainda a perda de osso marginal. Neste estudo foram comparados implantes com micro-espiras na zona do ombro e reabilitação em "*Platform Switching*", implantes da mesma marca sem micro-espiras e reabilitado com plataformas ajustadas. De acordo os limites definidos de equivalência, os testes com implantes falharam o objetivo de manter a equivalência na manutenção de osso marginal. A hipótese zero não pode ser excluída. Contudo as percentagens de sobrevivência/sucesso e uma perda de osso marginal

entre 0.35 e 0.5mm após um ano da colocação, considera-se que ambos os modelos satisfazem as necessidades dos pacientes. <sup>(5)</sup>

*Andrade, et al*, avaliaram a macro geometria e tensão em osso cortical e trabecular ao utilizar diferentes tipos de desenhos de roscas e colos do implante. O desenho do colo contribui para 99,79% do total do stress gerado em contrapartida as espiras não têm uma influência tão significativa. Registraram-se picos de stress inferiores nos implantes com colo polido comparados com os implantes com micro espiras. O stress concentrou-se na zona cervical do implante em ambos os desenhos de colo. Foi na zona palatina onde se verificaram os valores maiores na extremidade da primeira micro espira. Em todos os grupos de colo polido os valores de stress são decrescentes em direção apical com um padrão de curva gradual enquanto nas micro espiras temos um padrão ondular ao longo do colo do implante. As micro espiras apesar de apresentar o maior valor de stress verifica-se uma melhor distribuição deste. Com um padrão ondular ao longo das micro espiras na zona palatina, verificaram-se valores mais altos de stress nas extremidades e os valores mais baixos no topo das micro espiras. A descontinuidade das micro espiras podem ser o fator de influência neste padrão de distribuição do stress. Os resultados clínicos confirmaram que as perdas ósseas iniciais ao redor do colo polido do implante coincidem com o contacto com a cavidade oral, na segunda fase ou ao reabilitar com carga. A remodelação óssea segue um padrão em V ou U neste tipo de implante. De um ponto de vista biomecânico tanto o desenho do colo como a forma das espiras são fatores importantes para o stress/tensão no tecido envolvente e na osteointegração do implante. As micro espiras podem sugerir melhores resultados para a manutenção da crista óssea. As espiras triangulares demonstraram ter a capacidade de reduzir e dissipar a concentração do stress em osso trabecular. Em conclusão, comparado com um colo polido as micro-espiras influenciam positivamente o comportamento biomecânico de uma restauração de um implante unitário ancorado numa zona posterior do osso maxilar. O desenho da rosca triangular resulta em menor stress quando comparado com as roscas quadradas ou trapezoidais. <sup>(2)</sup>

*Udomsawat, et al*, compararam a tensão produzida em redor do osso em três desenhos de implantes diferentes, (Modelo 1: forma radicular com 3 espiras diferentes, Modelo 2: cónico com dupla espira, Modelo 3: cónico com espira contínua), com diferenças durante a inserção

no osso usando análise dinâmica de tensões de elementos finitos. O maior valor de tensão e localização da área de concentração é principalmente no osso cortical. Daí que diferentes desenhos de implantes afetem diferentes padrões de tensão durante a inserção do implante. A zona geométrica que não contacta diretamente com o osso não é afetada pela tensão. De acordo com este estudo, os autores, referem que um desenho de rosca de implante com tamanho e forma de rosca constante (profundidade e largura) em todo o corpo, produziria menos stress no osso circundante do que um com implante com tamanho de rosca variável, como foi o caso do Modelo 3.<sup>(12)</sup>

Foi determinada a distribuição de tensão óssea pelos autores *Ting-Hsun et al.*, ao usar diferentes tipos de carga, passos de rosca triangular e trapezoidal e diferentes desenhos dos implantes. O implante com rosca trapezoidal proporciona maior estabilidade primária e menor concentração de tensão óssea em diferentes direções de carga. Cada forma de espira tem o seu passo de rosca ideal, o que pode influenciar na inserção e na estabilidade do implante. Estes implantes variam em relação às características, como formato (cilíndrico oco ou rosqueado e implante escalonado), diâmetro, comprimento, angulação e tratamento de superfície. Os implantes rosqueados (triangular e trapezoidal), têm demonstrado desempenhar um papel importante no aumento da osteointegração e influenciando a diminuição da tensão óssea em redor do implante durante a sua inserção. Os implantes com espiras reduzem em cerca de 30% o stress comparando com implantes cilíndricos ou escalonados.<sup>(13)</sup>

*Aaron Yu et al*, num estudo com a técnica de “*All on Four*”, relacionada com o desempenho biomecânico em dois modelos de implantes com designs distintos, verificaram que o design do implante na técnica “*All-On-Four*” tem um ligeiro efeito no stress e tensão causados no osso, isto sugere que a alteração do desenho do implante na técnica “*All-On-Four*” não afeta a performance biomecânica dos mesmos.<sup>(14)</sup>

Á semelhança de outros autores *Abuhussein et al*, afirmam que as características do desenho do implante são um dos elementos fundamentais com efeito sobre a estabilidade primária do implante, e a capacidade de sustentar a carga durante ou após a osteointegração. Estes autores, analisaram as características do macro desenho em fatores como o torque, geometria, profundidade, largura da espira e retenção mecânica entre espiras. Demonstraram como a

geometria da espira afeta a distribuição das forças de tensão ao redor do implante. Um torque de rosca reduzido pode influenciar a estabilidade do implante, contudo espiras mais profundas podem afetar a capacidade dos implantes na maior carga axial e pior qualidade óssea. Espiras mais profundas parecem ter um efeito importante na estabilidade do implante em situações de pior qualidade óssea (osso tipo IV). Os resultados mostram a influência da geometria das espiras e como as forças são distribuídas ao redor do implante. Um espaçamento menor entre espiras pode influenciar positivamente a estabilidade primária. Excessivos ângulos de hélice apesar de uma mais rápida inserção podem comprometer a capacidade de suportar as cargas axiais. Espiras mais profundas parecem ter um papel importante na estabilidade em osso de pior qualidade. Adicionar espiras ou micro-espiras na zona crestal do implante pode influenciar positivamente no contacto osso implante bem como na preservação do osso marginal, ainda que este ponto esteja por determinar.<sup>(3)</sup>

### **5.3 Desenho da macro rosca utilizando valores do RFA e ISQ**

Os autores *Jeffrey et al*, avaliaram o desenho da macro rosca em relação à estabilidade do implante na fase de cicatrização utilizando a RFA. O desenho das macro espiras do implante, parece desempenhar um papel importante na estabilidade do implante no período inicial de cicatrização. Estes resultados podem apresentar importantes implicações, relacionadas com protocolos de carga imediata ou precoce contendo um torque de inserção alto.<sup>(15)</sup>

À semelhança dos outros autores, *Christian et al.*, testaram um protocolo de carga imediata comparando fatores que influenciam a estabilidade primária através do torque exercido, seleção da zona de inserção do implante e densidade óssea de acordo com diferentes profundidades de rosca. Decidido o protocolo de conjugação entre tipo de densidade óssea e diâmetro de rosca verificou-se que se consegue estabilidade primária em diferentes tipos de osso para cargas imediatas ou precoces. Foram feitas medições de ISQ semanais durante 4 semanas verificando-se uma redução considerável dos valores de ISQ na terceira semana nos tipos de osso D1, D2 e D3 não se verificando alterações significativas no osso tipo D4. A alta estabilidade primária que se conseguiu considerando o diâmetro das espiras em função do tipo de osso e a perda limitada de estabilidade do implante durante o primeiro mês de cicatrização podem permitir a

aplicação de protocolos de carga precoce com resultados previsíveis. Avaliou-se também a estabilidade secundária comparando o comportamento das diferentes superfícies dos implantes. Implantes maquinados foram também utilizados e mostraram muito bons resultados a longo prazo, no entanto superfícies rugosas tiveram uma taxa de sobrevivência superior às maquinadas aumentando ainda a superfície de contacto osso implante. Introduziram-se também superfícies nanoestruturadas na tentativa de melhorar ainda mais a interação osso implante ao nível celular criando superfícies bioativas capazes de interagir com proteínas de ligação e osteoblastos. Estas superfícies mostraram um melhor contacto osso implante comparadas com as superfícies rugosas. O estudo conclui que o torque de inserção (IT) varia em função do tipo de osso em que os torques mais altos encontram-se em densidade óssea mais alta e torques mais baixos encontram-se em densidade óssea mais baixa. No entanto, combinando a geometria do implante com o tipo de osso pode-se controlar os valores de IT na maioria dos casos levando a uma "zona de conforto" e conseguir a estabilidade primária necessária para as cargas precoces independentemente do tipo de osso. Valores elevados de IT parecem não influenciar os níveis de osso marginal tendo em conta este protocolo. <sup>(16)</sup>

Os autores *Bergamo et al.*, compararam o IT e os ISQ dos implantes estreitos, largos, curtos e longos. Os valores de IT e ISQ, na densidade óssea, são maiores independentemente da área de intervenção, desenho e dimensão do implante com exceção dos implantes curtos. Clinicamente, o grau de estabilidade do implante pode ser avaliado objetivamente pelos valores de torque de inserção (IT) ou quocientes de estabilidade do implante obtidos subjetivamente (ISQ) usando análise de frequência de ressonância; em que valores de IT acima de 35 N.cm e/ou ISQ acima de 68N.cm foram considerados valores razoáveis para uma osteointegração previsível e carga imediata, sugerindo que tais valores não devem ser alcançados apenas após a colocação do implante, mas também idealmente mantidos ao longo da fase inicial da osteointegração. <sup>(17)</sup>

*Kim et al.*, observaram que a estabilidade primária é diferente entre dois sistemas de implantes, os implantes com roscas e os implantes porosos. Os implantes porosos têm valores de ISQ e valores IT mais baixos do que os implantes com roscas nos blocos de osso artificial e sem diferença nos cadáveres. Ambos os grupos tiveram correlação positiva entre IT, valores de ISQ e torque de inserção exceto na capacidade de dissipação de energia viscoelástica ( $TAN \delta$ ) o

grupo de implantes com espiras tem uma correlação negativa entre torque de inserção, espessura e valores de rigidez estática e dinâmica. Este estudo conclui que implantes altamente porosos têm maior estabilidade e cisalhamento lateral nos blocos de osso artificial iguais ou superiores à espessura de 5.5mm. A rigidez estática e dinâmica dos implantes porosos foram superiores aos implantes com espiras em mandíbula humana. Esta rigidez, é responsável por suportar as cargas axiais dos principais movimentos de mastigação. Isto indica que o desenho e forma trabecular da camada porosa pode fornecer ancoragem suficiente ao incrementar a superfície de contacto osso implante. <sup>(18)</sup>

*Habib et al.*, avaliaram os valores de torque de inserção (ITVs) como medida para confirmar a estabilidade primária. Os ITVs foram associados com o contacto osso-implante e foram ainda tidos em conta o tipo de osso e diferentes tipos de espiras. O ITV foi considerado como bom indicador para avaliação de estabilidade primária e o fator de prognóstico mais válido para a carga imediata. Um parâmetro significativo que pode ter contribuído para a estabilidade primária observada foi a geometria do implante com corpo cônico e roscas profundas. O impacto do diâmetro e comprimento na estabilidade primária não foi evidente neste estudo uma vez que os ITVs não diferiram significativamente entre vários diâmetros e comprimentos de implantes nas três qualidades ósseas avaliadas conjuntamente ou no osso D4 observado separadamente. O ITV foi estatisticamente maior em pré-molares alcançando maior estabilidade primária que nos molares. Esta diferença pode estar relacionada com a ancoragem cortical lingual e/ou vestibular nas zonas de pré-molar. A ancoragem bicortical visa aumentar a estabilidade do implante na região posterior da maxila, envolvendo osso cortical, tanto na área da crista como apicalmente no assoalho do seio maxilar. Os implantes mais usados foram os de diâmetro e comprimento mais longos, quando o osso é de qualidade tipo IV, contudo não foram observadas diferenças significativas nos ITVs com diferentes comprimentos e diâmetros. Os implantes cônicos de rosca variável inseridos na maxila posterior com má qualidade óssea, alcançaram ITVs médios superiores aos recomendados para carga imediata, no entanto as dimensões do implante e ancoragem cortical apical, parecem ter um impacto limitado nos ITVs, a qualidade óssea e a localização do implante foram os parâmetros mais significativos na estabilidade primária do implante. <sup>(19)</sup>

## **6. Conclusão**

Em geral os tipos de espiras mais utilizados atualmente são as do tipo triangular e do tipo trapezoidal, contudo as espiras do tipo triangular têm a capacidade de conseguir atingir níveis de estabilidade primária maiores.

A forma da espira triangular tem valores de tensão mais baixos e deformação em relação às espiras quadradas ou triangulares com colo liso no osso trabecular.

Em termos gerais as espiras poder-se-iam configurar em tipos de osso sendo que para um osso do Tipo I as espiras triangulares seriam as mais indicadas, as trapezoidais para um osso tipo II e finalmente as arredondadas e quadradas têm comportamento idêntico no osso tipo III e IV.

Os implantes rosqueados (triangular e trapezoidal), têm demonstrado desempenhar um papel importante no aumento da osteointegração, influenciando a diminuição da tensão óssea em redor do implante durante a sua inserção e melhorando potencialmente a estabilidade primária do implante, em relação aos implantes escalonados.

À medida que o diâmetro do implante aumenta, os valores de tensão no osso cortical diminuem.

Para melhorar o desempenho biomecânico baseado na tensão, os resultados sugerem que o diâmetro pode ser considerado como um parâmetro mais eficaz do que o comprimento do implante.

Quanto ao tipo de superfície, os implantes maquinados têm resultados menos bons que implantes de superfícies rugosas. Isto porque as superfícies rugosas aumentam a estabilidade primária em comparação com superfícies maquinadas.

Os diferentes tipos de colo têm um papel importante na dissipação de forças na zona crestal. Nos implantes de colo polido os valores de stress são decrescentes em direção apical com um padrão de curva gradual enquanto nas micro espiras temos um padrão ondular ao longo do colo do implante. De um ponto de vista biomecânico tanto o desenho do colo como a forma das espiras são fatores importantes para o stress/tensão no tecido envolvente e na osteointegração do implante. Contudo, as micro espiras suscitam melhores resultados para a manutenção da crista óssea.

As micro espiras parecem dar um contributo importante quando se fala na manutenção do osso ao nível da crista óssea sendo que os níveis de stress são mais elevados. As micro espiras conjugadas com uma reabilitação em "*platform switching*" obtêm os melhores resultados.

Tendo em conta o somatório de todos esses determinantes, são necessários mais estudos que permitam determinar quais os parâmetros clínicos que influenciam diretamente na macro geometria e estabilidade primária do implante.



## 7. Bibliografia

1. Hamdan S. Alghamdi and John A. Jansen, The development and future of dental implants, *Dental Materials Journal* 2020; 39(2): 167–172
2. Lima de Andrade C, Carvalho M, Bordin D, da Silva W, del Bel Cury A, Sotto-Maior B. Biomechanical Behavior of the Dental Implant Macrodesign. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2017 Mar;32(2):264–70.
3. Abuhussein H, Pagni G, Rebaudi A, Wang Hl. The effect of thread pattern upon implant osseointegration: Review. Vol. 21, *Clinical Oral Implants Research*. 2010. p. 129–36.
4. Makary C, Menhall A, Zammarie C, Lombardi T, Lee Sy, Stacchi C, et al. Primary stability optimization by using fixtures with different thread depth according to bone density: A clinical prospective study on early loaded implants. *Materials*. 2019 Aug 1;12(15).
5. Spies BC, Bateli M, ben Rahal G, Christmann M, Vach K, Kohal RJ. Does Oral Implant Design Affect Marginal Bone Loss? Results of a Parallel-Group Randomized Controlled Equivalence Trial. *BioMed Research International*. 2018;2018.
6. Lee JH, Kim J, Kim HY, Yeo IS. Influence of Connections and Surfaces of Dental Implants on Marginal Bone Loss: A Retrospective Study Over 7 to 19 Years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2020 Nov;35(6):1195–202.
7. Bashutski JD, D’Silva NJ, Wang HL. Implant Compression Necrosis: Current Understanding and Case Report. *Journal of Periodontology*. 2009 Apr;80(4):700–4.
8. Baggi L, Cappelloni I, di Girolamo M, Maceri F, Vairo G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: A three-dimensional finite element analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2008 Dec;100(6):422–31.
9. Julius Maminskas Algirdas Puisys, Ritva Kuoppala, Aune Raustia, Gintaras Juodzbalyš The Prosthetic Influence and Biomechanics on Peri-Implant Strain. 2016

10. Shemtov-Yona K, Rittel D, Levin L, Machtei EE. Effect of dental implant diameter on fatigue performance. Part I: Mechanical behavior. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2014;16(2):172–7.
11. Saad Alresayes , Sameer A Mokeem , Aasem M Alhenaki , Fahim Vohra , e Tariq Abduljabbar  
Evaluation of the implant diameter on the initial stability of narrow-nad standard implants placed in simulated type I and type IV bone blocks 2021.
12. Udomsawat C, Rungsiyakull P, Rungsiyakull C, Khongkhunthian P. Comparative study of stress characteristics in surrounding bone during insertion of dental implants of three different thread designs: A three-dimensional dynamic finite element study. *Clinical and Experimental Dental Research*. 2019 Feb 1;5(1):26–37.
13. Huang HL, Hsu JT, Fuh LJ, Tu MG, Ko CC, Shen YW. Bone stress and interfacial sliding analysis of implant designs on an immediately loaded maxillary implant: A non-linear finite element study. *Journal of Dentistry*. 2008 Jun;36(6):409–17.
14. Wu AYJ, Hsu JT, Fuh LJ, Huang HL. Biomechanical effect of implant design on four implants supporting mandibular full-arch fixed dentures: In vitro test and finite element analysis. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2020 Oct 1;119(10):1514–23.
15. McCullough JJ, Klokkevold PR. The effect of implant macro-thread design on implant stability in the early post-operative period: a randomized, controlled pilot study. *Clinical Oral Implants Research*. 2017 Oct 1;28(10):1218–26.
16. Makary C, Menhall A, Zammarie C, Lombardi T, Lee SY, Stacchi C, et al. Primary stability optimization by using fixtures with different thread depth according to bone density: A clinical prospective study on early loaded implants. *Materials*. 2019 Aug 1;12(15).
17. Edmara Bergamo Abbas Zahoiu Raul Bravo Barrera Salah Paulo G Coelho Eduward Dwayne Karateew Estevan A, Bomfante Osseodensification effect on implants primary and secondary stability\_ Multicenter controlled clinical trial 2021

18. Kim Dg, Jeong Yh, Chien Hh, Agnew Am, Lee Jw, Wen Hb. Immediate mechanical stability of threaded and porous implant systems. *Clinical Biomechanics*. 2017 Oct 1;48:110–7.
19. Abi-Aad Hl, Daher FI, Baba Nz, Cordioli G, Majzoub Zak. Insertion Torque of Variable-Thread Tapered Implants in the Posterior Maxilla: A Clinical Study. *Journal of Prosthodontics*. 2019 Feb 1;28(2):788-e794.