

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

LURIAN MINATEL

**EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM
PRÓTESES IMPLANTOSSUPORTADAS COM
DIFERENTES TIPOS DE PLATAFORMAS DE
CONEXÃO**

BAURU
2015

LURIAN MINATEL

**EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM
PRÓTESES IMPLANTOSSUPORTADAS COM
DIFERENTES TIPOS DE PLATAFORMAS DE
CONEXÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Odontologia, sob orientação do Prof. Dr. Joel Ferreira Santiago Junior.

BAURU
2015

Minatel, Lurian

M6635e

Efeito da distribuição de tensões em próteses implantossuportadas com diferentes tipos de plataformas de conexão / Lurian Minatel. -- 2015.

47f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Joel Ferreira Santiago Junior.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

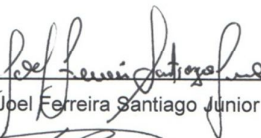
1. Implante dentário. 2. Tecido ósseo. 3. Estresse mecânico. I. Santiago Junior, Joel Ferreira. II. Título.



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia de Lurian Minatel.


Ao dia dez de novembro de dois mil e quinze, reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia de LURIAN MINATEL intitulado: **"Efeito da distribuição de tensões em próteses implantossuportadas com diferentes tipos de plataformas de conexão."** Compuseram a banca examinadora os professores Dr. Joel Ferreira Santiago Júnior (orientador), Dr. José Fernando Scarelli Lopes e Dr. Thiago Amadei Pegoraro. Após a exposição oral, a candidata foi arguida pelos componentes da banca que se reuniram, e decidiram, Aprova, com a nota 10 a monografia. Para constar, fica redigida a presente Ata, que aprovada por todos os presentes, segue assinada pelo Orientador e pelos demais membros da banca.



Dr. Joel Ferreira Santiago Júnior (Orientador)



Dr. José Fernando Scarelli Lopes (Avaliador 1)



Dr. Thiago Amadei Pegoraro (Avaliador 2)

Dedico este trabalho aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e imensamente a Deus por me conceder força nesses quatro anos durante a graduação, por nunca me abandonar, sempre me guiar e iluminar meus passos, por cada conquista alcançada e por ter me concedido a graça de ter chego até aqui.

A minha família, meu pai **Nilson Aparecido Minatel**, minha mãe **Rita de Cássia de Souza Minatel** e meus irmãos **Raiani Minatel** e **Gustavo Minatel**, por me proporcionarem a chance de concluir este sonho, por me ensinarem e me incentivarem em tudo, sempre me apoiando, acolhendo com todo carinho e paciência e me motivando a seguir em frente e por oferecerem a mim um lugar seguro pra me apoiar sempre que necessitava. Dedico este trabalho a vocês, pois nada disso seria possível sem cada um de vocês em minha vida!

As minhas amigas, **Yasmin Ernandes Rosalin** e **Biane Gonçalves Leme** que compartilharam comigo muitos momentos durante minha caminhada e sempre me ajudaram durante a minha formação, vocês ficarão guardadas em meu coração para sempre.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Joel Ferreira Santiago Junior** agradeço pelos conhecimentos transmitidos a mim e pela oportunidade de realizar minha monografia e minha iniciação científica. Muito obrigada por toda atenção, paciência e por todo o incentivo.

À **FAPESP – Processo 2015/09073-6** pelo apoio financeiro desta pesquisa no caráter de bolsa de iniciação científica.

Agradeço também ao grupo de estudos da UNESP/Araçatuba, principalmente ao **Prof. Tit. Eduardo Piza Pelizzer**, **Prof. Ass. Dr. Fellippo Ramos Verri** e ao **mestrando Cleidiel Aparecido Araujo Lemos** por todo apoio e suporte no desenvolvimento deste projeto durante toda sua execução.

“Não se compara a sabedoria com o ouro mais puro, nem com pedras preciosas, como ágata ou a safira. Ela vale mais do que ouro ou o vidro; não se pode trocá-la por joias de ouro puro. Do coral e do cristal nem se fala; a sabedoria é mais valiosa do que as pérolas.”

(Jó 28:16-18).

RESUMO

Os implantes conceito plataforma switching (PSW) e implantes tipo Cone-Morse têm sido associados a menor taxa de perda óssea peri-implantar quando comparados a implantes de diâmetro regular. Porém, a literatura é escassa em estudos biomecânicos analisando o efeito da redução da plataforma de assentamento da prótese implantossuportada e suas consequências na biomecânica do parafuso e pilar protético da prótese. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar, utilizando a metodologia de elementos finitos tridimensionais, a distribuição de tensões nas estruturas associadas às próteses implantossuportadas do tipo PSW e tipo Cone-Morse a fim de se obter dados sobre o efeito biomecânico da distribuição de tensões nestas estruturas. Quatro modelos tridimensionais foram simulados elaborando uma prótese sobre implante em região de molar inferior com as seguintes especificações: 1) Implante do tipo hexágono externo, 4 x 10 mm, plataforma regular; 2) Implante do tipo hexágono externo, 5 x 10 mm, plataforma regular; 3) Implante do tipo hexágono externo, 5 x 10 mm, plataforma switching; 4) Implante do tipo Cone-Morse, 5 x 10 mm. As modelagens foram executadas a partir de software de processamento de tomografias InVesalius, seguido de refinamento nos softwares CAD Rhinoceros 4.0 e SolidWorks 2011. Em seguida, os modelos foram exportados para o programa de elementos finitos FEMAP 11.0 para configuração das malhas, restrições de modelo e carregamento que foram axial (0°) de 200N e oblíquo de 100N em 45°. Os modelos foram processados pelo software Nastran e novamente importados no software FEMAP para obtenção dos mapas de tensão de von Mises, Tensão Máxima Principal e Microdeformação para análise qualitativa. Os principais resultados indicaram que o modelo 1 apresentou maior área de concentração de tensões/microdeformações para o tecido ósseo, implante, parafuso retentor da prótese e estruturas associadas. O modelo 4, implante do tipo Cone-Morse, apresentou-se mais favorável biomecanicamente, quando comparado com os demais, sendo seguido pelos modelos de conceito plataforma switching e plataforma regular, respectivamente.

Palavras-chave: Implante dentário. Tecido ósseo. Estresse mecânico.

ABSTRACT

The implants platform switching concept (PSW) and Morse taper have been associated with a lower rate of peri-implant bone loss when compared to regular diameter implants. However, the literature is scarce in biomechanical studies analyzing the effect of reducing the implant-supported prosthesis platform and its consequences for the biomechanics of the screw and prosthetic abutment of the prosthesis. Thus, the purpose of this study was to evaluate, using the methodology of three-dimensional finite element analysis, the stress distribution in the structures associated with the PSW and Morse taper implant-supported prostheses in order to obtain data on the biomechanical effect of stress distribution in these structures. Four three-dimensional models were developed simulating a prosthesis on implants in the molar region (mandibular) with the following specifications: 1) external hexagon implant, 4 x 10 mm, regular platform; 2) external hexagon implant, 5 x 10 mm, regular platform; 3) external hexagon implant, 5 x 10, platform switching; 4) Morse taper implant, 5 x 10 mm. The modeling was performed from CT scans processed with processing InVesalius software, followed by refinement in Rhinoceros 4.0 and SolidWorks 2011 software. Then, the models were exported to the finite element program FEMAP 11.0 for the mesh configuration; model constraints and loading will be axially (0°) with 200N and 100N obliquely at 45° . The models were processed with Nastram software and imported again in FEMAP software to obtain the von Mises and Maximum Principal stress maps and microstrain maps for qualitative analysis. The main results indicated that the model 1 showed a higher area of stress concentration and microstrains to bone tissue, dental implant, retaining screw, and associated structures. Model 4, Morse taper implant, was the most favorable biomechanically when compared with the other, followed by platform switching concept and regular platform, respectively.

Keywords: Dental implant. Bone tissue. Mechanical stress.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Teorias justificando a preservação de tecido ósseo peri-implantar ao redor de implantes conceito plataforma switching.....	11
Figura 2 - Estudos incluídos.....	18
Figura 3 - Descrição dos modelos que foram utilizados neste estudo	22
Figura 4 - Posicionamento do dente com auxílio do delineador	23
Figura 5 - Dente incluído no bloco de resina	24
Figura 6 - Dente escaneado	24
Figura 7 - Geometria e linhas	25
Figura 8 - Coroa refinada e finalizada no programa Solidworks	25
Figura 9 - Coroa com a espessura da porcelana. Programa Rhinoceros	26
Figura 10 - Geração da malha dos elementos finitos.....	27
Figura 11 - Propriedades dos Materiais	28
Figura 12 - Análise de tensão de von Mises para Coroa/Implantes. Carregamento axial	30
Figura 13 - Análise de tensão de von Mises para Coroa/Implantes. Carregamento oblíquo. ..	31
Figura 14 - Análise de tensão de von Mises para Parafusos. Carregamento Axial.....	31
Figura 15 - Análise de tensão de von Mises para Parafusos. Carregamento Oblíquo.....	32
Figura 16 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento axial.....	33
Figura 17 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento Oblíquo.....	33
Figura 18 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Axial.....	34
Figura 19 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Oblíquo.....	35
Figura 20 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento Axial.....	36
Figura 21 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento Oblíquo.....	36
Figura 22 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Axial.....	37
Figura 23 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Oblíquo.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
3	OBJETIVO	20
4	MATERIAL E MÉTODO	21
4.1	DESCRIÇÃO DOS MODELOS	21
4.2.1	Confecção dos modelos	22
4.2.2	Coroa metalo-cerâmica	23
4.2.3	Obtenção do tecido ósseo	26
4.2.4	Implantes e componentes protéticos	27
4.2.5	Desenvolvimento dos modelos de elementos finitos	28
5	RESULTADOS	30
5.1	ANÁLISE DO IMPLANTE E COROA	30
5.2	ANÁLISE DO PARAFUSO	31
5.3	ANÁLISE DA CORTICAL ÓSSEA	32
6	DISCUSSÃO	39
7	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42

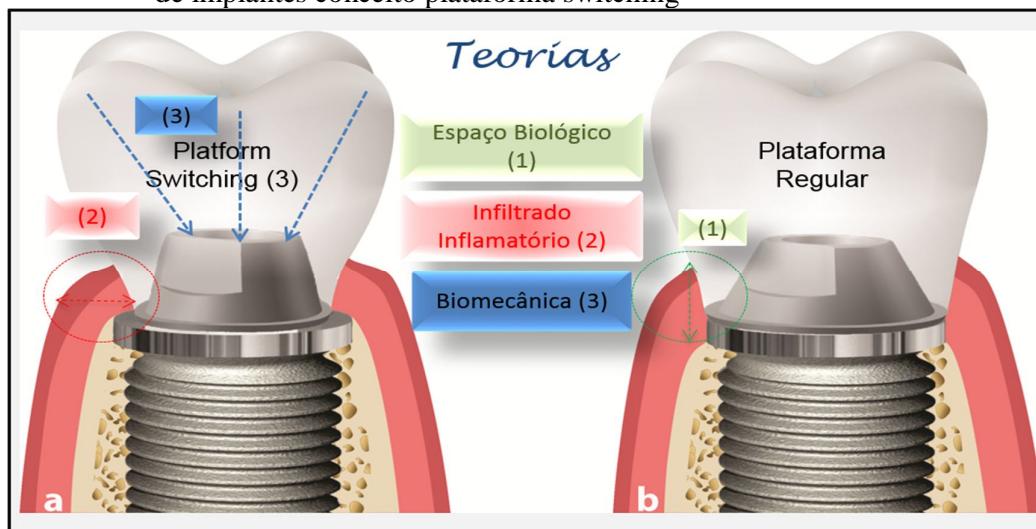
1 INTRODUÇÃO

O conceito plataforma switching (PSW) tem sido amplamente utilizado para indicar implantes com diâmetro maior e componente protético mais estreito. (LAZZARA; PORTER, 2006). Os estudos de ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas sobre o tema indicam que este conceito de implante dentário pode preservar mais tecido ósseo quando comparado a implantes com plataforma regular. (ANNIBALI et al., 2012; ATIEH; IBRAHIM; ATIEH, 2010; CANULLO et al., 2009; CHRCANOVIC; ALBREKTSSON; WENNERBERG, 2015).

Neste contexto, os ensaios clínicos controlados têm indicado que a utilização dos implantes com o conceito PSW apresenta um adequado respaldo para as regiões de maior recomendação estética, uma vez que a menor perda óssea é uma condição importante para manutenção de tecido mole nestas regiões. (GARDNER, 2005; PRIEST, 2007).

Existem diferentes teorias formuladas para explicar o benefício da menor taxa de perda óssea peri-implantar em implantes com o conceito PSW. (ANNIBALI et al., 2012; ATIEH; IBRAHIM; ATIEH, 2010; LAZZARA; PORTER, 2006). As principais teorias estão relacionadas ao fato de que um estreitamento do pilar protético (PSW) poderá deslocar o infiltrado inflamatório bacteriano das proximidades da crista óssea para uma região mais central, a segunda teoria relaciona-se com a possibilidade de um novo direcionamento do espaço biológico, que no implante convencional é predominantemente vertical, existindo a probabilidade de atuar em um espaço horizontal. (LAZZARA; PORTER, 2006); por fim, existe a teoria biomecânica, o qual indica que há possibilidade de centralização das tensões ao longo eixo do implante, o que poderá reduzir a magnitude de *estresse* na cortical óssea e, portanto, favorecer a dissipação de tensões beneficiando a remodelação óssea. (MAEDA et al., 2007; PELLIZZER et al., 2010), conforme Figura 1.

Figura 1 - Teorias justificando a preservação de tecido ósseo peri-implantar ao redor de implantes conceito plataforma switching



Legenda: Teoria do espaço biológico (1); Teoria do Infiltrado Inflamatório (2); Teoria Biomecânica (3)

Fonte: Lazzara e Porter (2006, p.10).

Nota: Adaptada pela autora.

Biomecanicamente, alguns estudos têm indicado a redução da concentração de tensões na região peri-implantar de implantes com o conceito PSW. (PELLIZZER et al., 2010; MAEDA et al., 2007). Porém a literatura sugere que podem existir desvantagens nesta técnica, pois uma redução do pilar protético poderia ocasionar o aumento de tensões nos parafusos e pilares protéticos. (MAEDA et al., 2007). Isto causaria impacto e limitações para a biomecânica, tendo em vista que poderia proporcionar uma deformação do parafuso além do limite tolerável de elasticidade deste material. (MAEDA et al., 2007). De fato, a literatura indica que pode existir maior concentração de tensões/deformação na área de pescoço dos implantes quando comparada a região apical. (TANASIC; TIHACEK-SOJIC; MILIC-LEMIC, 2014). Portanto, um estudo detalhado desta região é relevante.

Os estudos analisando o conceito PSW têm focado suas análises no tecido ósseo cortical e trabeculado, principalmente. Pessoa et al. (2014) utilizando a metodologia de elementos finitos tridimensionais, indicaram que a redução da plataforma de assentamento da prótese reduziu a concentração de deformação no tecido ósseo para implantes dentários. Mas o assunto é controverso, pois outro estudo indica que a vantagem de menor concentração de tensões na cortical óssea nestes implantes pode ser relativa quando já há uma reabsorção óssea estabelecida. (XIA et al., 2013). A literatura ainda não é totalmente precisa sobre dados avaliando a estrutura de parafusos e pilares protéticos dos implantes com o conceito PSW. (PAUL; PADMANABHAN; SWARUP, 2013).

Recentemente, Liu et al. (2014) avaliaram biomecanicamente o conceito plataforma switching e indicaram que estes implantes permitem maior concentração de tensões de von Mises na conexão implante/pilar protético e que a falha prematura de implantes somente pode ser evitada devido à alta resistência das ligas de Titânio. Além disso, Cimen e Yengin (2012) utilizando a metodologia de elementos finitos tridimensionais indicaram que há redução na concentração de tensões na região peri-implantar de implantes com o conceito PSW, porém há aumento nas tensões no pilar protético e junção implante-pilar protético.

Outro estudo indicou que a redução da área de assentamento da plataforma da prótese implantossuportada pode indicar um resultado mais favorável em ensaios de fadiga para implantes com geometria de hexágono externo quando comparado a implantes com hexágono interno e parte disto deve-se ao fato de que implantes de hexágono externo apresentam maior tamanho de área para resistência. (GIL et al., 2014). Portanto, uma redução da área de assentamento da prótese conceito PSW deve ser adequadamente analisada.

A literatura indica que a situação biomecânica dos componentes da prótese pode ser mais crítica ainda considerando o carregamento oblíquo. Alvarez-Arenal et al. (2013) indicaram que há um aumento na concentração de tensões no carregamento oblíquo para o pilar protético e parafuso mesmo no conceito plataforma switching (0° a 45°). O posicionamento do implante também revela ser um fator importante, Rismanchian, Askari e Shafiei (2013) indicaram que o posicionamento do implante em relação a cortical óssea também influenciou a distribuição de tensões, aumentando a concentração mesmo em implantes com o conceito PSW.

O diâmetro do implante também é um fator a ser analisado. De fato, há estudos que indicaram superioridade biomecânica dos implantes conceito PSW quanto à distribuição de tensões no osso peri-implantar. (CHANG; CHEN; HSU, 2010; CHU et al., 2012; KHURANA; SHARMA; SODHI, 2013; SCHROTENBOER et al., 2009). Todavia, não há um consenso de estudos que indicam um resultado similar para distribuição de tensões em implantes de largo diâmetro com o conceito PSW e plataforma regular. (PELLIZZER et al., 2012; PESSOA et al., 2010).

Há necessidade de um estudo avaliando especificamente o efeito da redução da plataforma de assentamento da prótese implantossuportada (PSW e Cone-Morse) nas estruturas relacionadas à prótese. Assim, a proposta deste estudo foi avaliar a distribuição de tensões em implantes com a plataforma do tipo switching, hexágono externo e Cone-Morse, analisando o efeito da redução da plataforma de assentamento no parafuso, componente protético, prótese implantossuportada e tecido ósseo, assim como a variação do diâmetro do

implante e o tipo de carregamento. Além disso, teve-se o objetivo de analisar o efeito da distribuição de tensões em implantes com o conceito Cone-Morse e Hexágono Externo.

A primeira hipótese alternativa deste estudo é a de que implantes conceito plataforma switching apresentam menor área de concentração de tensões, quando comparado a implantes com plataforma regular. A hipótese alternativa secundária é a de que implantes do tipo Cone-Morse apresentarão o melhor comportamento biomecânico quando comparado aos demais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Um dos primeiros estudos que avaliou o tema conceito implantes plataforma switching indicou, utilizando a metodologia de elementos finitos, que o nível de estresse na área do colo do implante foi bastante reduzido quando comparado com plataformas regulares, concluindo que a utilização do conceito plataforma switching desloca a concentração de tensão para longe da interface osso-implante e por isso tem a desvantagem de aumentar a tensão no parafuso do pilar. (MAEDA et al., 2007).

O conceito plataforma switching além de reduzir a tensão no osso peri-implantar favorece uma melhor distribuição dessas tensões, porém a sua utilização aumenta o estresse no pilar, o que ficou comprovado em um estudo de simulação de elementos finitos com a finalidade de medir quantitativamente a distribuição de tensão no osso comparando implantes de plataforma de comutação com plataforma de diâmetro convencional. Para tal estudo foram utilizados dois modelos, sendo um com pilar reduzido e um com o pilar convencional que foram posicionados em um osso fabricado a partir de um corte de uma imagem da região de molar mandibular. (LIU et al., 2014).

Estes resultados são concordantes com outro estudo, o qual analisou a interação na secção cortical do osso adjacente comparando modelos de plataformas regulares com modelos utilizando o conceito plataforma switching. Os resultados mostraram que a diminuição da plataforma acarretou numa queda de 2,04% na tensão distribuída para o osso no carregamento oblíquo e 6,81% para carregamento vertical e que o padrão de distribuição das forças quase não foi modificado. (SCHROTENBOER et al., 2009).

Além disso, outra pesquisa utilizando elementos finitos 3D e strain gauge analisando quatro modelos de implante com plataforma regular e plataforma reduzida sob condições de carregamento imediato e carregamento tardio, identificou que o implante conceito PSW ocasionou menor deformação óssea quando houve o aumento do diâmetro deste implante em situação de carregamento imediato. (HSU et al., 2009).

Outro estudo investigou o efeito da distribuição de tensão no osso peri-implantar analisando dois tipos de abutment, um de plataforma regular e outro com conceito plataforma switching implantados na região de um primeiro molar superior e submetidos a forças oblíquas. Os resultados mostraram que o nível de estresse ósseo foi reduzido com a diminuição da plataforma do implante, porém houve aumento no nível de estresse no pilar protético (CHANG; CHEN; HSU, 2010).

Seguindo a mesma linha de pesquisa, um estudo realizado para avaliar a distribuição de tensão em implantes com o conceito plataforma switching, utilizando método de fotoelasticidade, a partir de dois modelos com plataforma regular e um modelo com PSW que foram submetidos a cargas axial e oblíqua mostrou, em sua análise qualitativa, que ocorreu uma diminuição das tensões na região cervical dos implantes com a plataforma reduzida. (PELLIZZER et al., 2010).

Um estudo que também avaliou a influência do conceito plataforma switching com relação à distribuição de tensão utilizando o método de elementos finitos por meio de dois modelos, sendo um deles com plataforma reduzida e um com plataforma convencional, indicou que a utilização do conceito plataforma switching também acarretou na diminuição de tensão no tecido ósseo apresentando melhor comportamento biomecânico, no entanto, também ocorreu aumento na concentração de tensão na coroa e no parafuso. (TABATA et al., 2010).

Seguindo a mesma hipótese de que o conceito plataforma switching (PSW) diminui a tensão ao redor do osso, um estudo de elementos finitos determinou a influência do conceito PSW na distribuição de tensões usando diferentes sistemas de implantes e plataformas regulares, este estudo mostrou que a distribuição de tensões foi bem semelhante para ambos os modelos e que a diminuição da plataforma resultou na menor concentração de tensão de von Mises no osso cortical, porém a magnitude de tensão na interface implante-pilar foi maior. (SAHABI et al., 2013).

Também uma pesquisa realizada através do método de elementos finitos para avaliar a influência na mudança de plataforma em diferentes tipos de carregamento mostrou que os modelos com o conceito plataforma switching reduziram a concentração de tensão no tecido ósseo e transferiram essas tensões para a área de interface implante-pilar. (PESSOA et al., 2010).

Em concordância com os estudos anteriores, uma pesquisa utilizando o método de elementos finitos comparando implantes de plataforma regular e implantes com o conceito plataforma switching (PSW) submetidos a forças verticais e horizontais e analisados por tensão de von Mises, concluiu que a utilização de implantes com o conceito PSW acarretou em uma diminuição no nível de estresse no tecido ósseo quando comparado com implantes de plataforma regular. (CANULLO et al., 2011).

Uma análise tridimensional para avaliar a distribuição de tensão no pilar de retenção de coroas implantossuportadas alterando a plataforma de assentamento e variando a direção do carregamento mostrou que o estresse foi menor nos modelos com o conceito plataforma

switching do que na plataforma convencional, tanto para carregamento oblíquo quanto vertical, e que os locais de distribuição de tensões foram semelhantes para ambos. (ALVAREZ-ARENAL et al., 2013).

Outro ponto abordado em uma pesquisa foi a influência de implantes com diferentes angulações do pilar (0 e 15 graus) com mudança de plataforma. Este estudo concluiu que implantes de pilares retos gerou maior tensão no osso e houve potencialização dessa tensão quando a carga aplicada foi no sentido oblíquo. (MARTINI et al., 2012).

Outra pesquisa simulou, por meio de elementos finitos, implantes com redução de plataforma de 1 mm e 0,5mm e plataformas convencionais na região de incisivo central superior. Os resultados apontaram que a deformação óssea foi similar para ambos os implantes com o conceito PSW, porém para o carregamento imediato o pico de tensão foi menor na PSW de 1 mm, concluindo assim que aumentando o tamanho da diferença entre implante e pilar há uma diminuição no nível de tensão no osso. (PESSOA et al., 2014).

Outro pesquisador avaliou a distribuição de tensão no osso peri-implantar utilizando o método de elementos finitos simulando implantes com plataforma regular e plataforma reduzida, mostrando que a utilização de um pilar de diâmetro reduzido diminuiu o nível de estresse no tecido ósseo, levando a concluir que o conceito PSW tem a vantagem de deslocar o estresse para longe da interface implante-osso mas que com isso é crescente a tensão na junção implante-pilar. (CIMEN; YENGIN, 2012).

Um estudo que avaliou a distribuição de tensão no osso peri-implantar, simulando um incisivo central suportado por implante com micro roscas e alterando o tipo de plataforma entre convencional e reduzida em pilares angulados por meio de análise tridimensional de elementos finitos, também mostrou que a tensão no osso foi menor para os modelos com plataforma reduzida e ausência de micro roscas no implante. (FERRAZ et al., 2012).

Uma pesquisa realizada para analisar a distribuição de tensão no osso peri-implantar, por meio da metodologia de elementos finitos, utilizando implantes de hexágono interno e externo em incisivo central com mudança de plataforma mostrou que a influência na tensão óssea foi mais evidente no osso cortical do que no osso trabecular para os implantes de conexão externa e que estes apresentaram menor concentração de tensão tanto para plataforma regular quanto para plataforma reduzida do que implantes de conexão interna. (GURGEL et al., 2012).

Além disso, o conceito plataforma switching (PSW) pode ser vantajoso em casos de reabsorção óssea, o que foi comprovado em um estudo de elementos finitos utilizando implantes com plataforma regular e PSW simulando uma reabsorção óssea de 0 a 2 mm de

altura e largura ao redor do colo do implante os quais foram submetidos à carga vertical e oblíqua de 200N. Os resultados mostraram que a concentração de tensão se estendeu em direção ao ápice à proporção que a profundidade da reabsorção aumentava e os modelos de PSW apresentaram uma mínima concentração de tensão peri-implantar em relação à plataforma regular. (XIA et al., 2013).

Outra pesquisa comprovou que a utilização do conceito plataforma switching também pode ser benéfica em situações de implantes colocados a diferentes níveis ósseos. Por meio do método de elementos finitos foi avaliada a distribuição de tensão no osso peri-implantar em implantes com plataforma switching colocados em diferentes profundidades em relação à crista óssea (1,0mm supracrestal e 1,8mm subcrestal) mas mantendo o mesmo nível do plano oclusal. Ficou demonstrado que houve um pequeno aumento de tensão no osso cortical nos modelos subcrestal e quanto mais profundo maior o aumento de tensão. (RISMANCHIAN; ASKARI; SHAFIEI, 2013).

Também um estudo biomecânico avaliou os efeitos do conceito plataforma switching na conexão interna e externa de implantes em relação à tensão peri-implantar, para isso foram utilizados implantes de conexão interna e externa com diferentes diâmetros de abutment, sob carga de 100N com angulação de 30 graus. Os resultados mostraram que a deformação foi menor em implantes com o conceito PSW para ambas as conexões, mas que para implantes de conexão interna a deformação foi ainda menor, salientando que talvez a influência da conexão seja preponderante para a menor concentração de tensão ao redor do implante. (YANG; MAEDA, 2013).

Analisando o fato de que outros fatores estejam associados para a menor tensão peri-implantar, um estudo analisou a sobrevivência de próteses sob implantes parafusadas e cimentadas utilizando configurações implante-pilar convencional e plataforma switching. Os resultados obtidos mostraram que as próteses de plataforma regular e cimentadas tiveram maior probabilidade de sobrevivência comparada com as próteses parafusadas e de plataforma reduzida. (ANCHIETA et al., 2015). Os dados analisados de cada estudo podem ser apresentados em uma tabela contendo os principais resultados de cada estudo (Figura 2).

Figura 2 - Estudos incluídos

AUTOR	PRINCIPAIS RESULTADOS	METODOLOGIA
Maeda et al. 2007	A utilização da plataforma reduzida diminuiu a tensão na área do colo do implante e houve o deslocamento da concentração de tensão para longe da interface osso-implante e por isso aumentou a tensão no parafuso do pilar.	Elementos finitos
Schrotenboer et al. 2009	Os resultados obtidos foram de que plataformas reduzidas acarretam em uma diminuição significativa da tensão no osso principalmente para forças verticais e que a distribuição dessas forças não foi muito alterada quando comparadas a plataforma regular.	Elementos finitos
Hsu et al. 2009	Houve redução de tensão com a utilização da plataforma reduzida e a tensão óssea foi menor aumentando o diâmetro do implante do que quando utilizado o conceito plataforma switching em implantes com carregamento imediato.	Strain gauge e Elementos finitos
Chang et al. 2010	Implantes de plataforma reduzida diminuíram o nível de tensão no osso peri-implantar, porém aumentou a tensão na interface implante-pilar.	Elementos finitos
Pellizzer et al. 2010	A análise qualitativa mostrou que ocorreu uma diminuição das tensões na região cervical dos implantes com a plataforma reduzida.	Fotoelasticidade
Tabata et al. 2010	Os resultados foram mais favoráveis para os modelos com o conceito plataforma switching, o qual indicou diminuir a tensão no tecido ósseo biomecânico, no entanto houve aumento na concentração de tensão na coroa e no parafuso.	Elementos finitos
Pessoa et al. 2010	A diminuição da plataforma acarretou na menor concentração de tensão no osso mas transferiu essas tensões para a interface implante-pilar.	Elementos finitos
Canullo et al. 2011	Os implantes com conceito plataforma switching (PSW) levou a uma diminuição do nível de tensão no osso resultando em menor sobrecarga da crista óssea.	Elementos finitos
Cimen et al. 2012	O conceito plataforma switching tem a vantagem de deslocar as tensões para longe da interface implante-osso.	Elementos finitos
Ferraz et al. 2012	A concentração de tensão foi menor em modelos com plataforma reduzida e ausência de microroscas no implante.	Elementos finitos
Martini et al. 2012	Implantes de pilares retos geraram maior tensão no osso e houve potencialização dessa tensão quando a carga aplicada era oblíqua.	Elementos finitos
Gurgel et al. 2012	Implantes de conexão externa com plataforma reduzida foram mais favoráveis para distribuição de tensão óssea quando comparados com implantes de conexão interna.	Elementos finitos
Sahabi et al. 2013	A utilização de plataformas reduzidas diminuiu a concentração de tensão na crista óssea, porém transfere essa área de tensão para a interface implante-pilar.	Elementos finitos
Yang et al. 2013	O conceito PSW reduz a deformação no tecido ósseo principalmente quando associada a implantes de conexão interna.	Elementos finitos
Xia et al. 2013	O conceito PSW foi favorável para a diminuição da tensão peri-implantar em regiões com reabsorção óssea.	Elementos finitos
Rismanchian et al. 2013	Implantes com o conceito PSW colocados em nível muito profundo subcrestal aumenta a tensão óssea.	Elementos finitos
Pessoa et al. 2014	Aumentando-se o tamanho da diferença entre implante e pilar (conceito plataforma switching) há uma diminuição no nível de tensão no osso.	Elementos finitos
Liu et al. 2014	Os resultados apontaram níveis mais baixos de tensão no osso peri-implantar inclusive uma distribuição mais uniforme foi constatada nos implantes com o conceito plataforma switching embora tenha ocorrido um aumento dessas tensões no pilar.	Elementos finitos
Anchieta et al. 2015	Próteses de plataforma reduzida e parafusadas tiveram menor probabilidade de sobrevivência comparada com as próteses cimentadas e de plataforma convencional.	Análise fractográfica
Arenal et al. 2015	A mudança de plataforma reduziu a tensão sob o pilar da prótese, porém a distribuição de tensão foi semelhante para plataforma regular e com o conceito plataforma switching.	Elementos finitos

Fonte: Elaborada pela autora.

Muitos estudos têm demonstrado que é vantajoso utilizar uma plataforma de menor diâmetro em relação ao implante, pois nessa ocasião ocorreria menor deformação óssea. (HSU et al., 2009), uma distribuição mais uniforme e níveis mais baixos de tensão no osso peri-implantar. (LIU et al., 2014). A baixa concentração de tensão na região cervical dos implantes também tem sido apontada como ponto favorável para esse tipo de plataforma. (PELLIZZER et al., 2010; SCHROTENBOER et al., 2009). O conceito plataforma switching seria indicado principalmente em regiões de requisito estético, pois diminui as tensões no osso adjacente o que levaria a uma menor perda óssea ao longo dos anos seguintes. (FERRAZ et al., 2012), outra indicação seria para áreas que já teria ocorrido reabsorção óssea. (XIA et al., 2013).

A literatura também indica que os resultados favoráveis a respeito desse tipo de comutação é devido à associação a outros fatores, como exemplo a utilização de implantes com conexão interna associado a uma plataforma reduzida o que levaria a uma menor deformação do osso peri-implantar. (YANG; MAEDA, 2013), outra situação é que próteses cimentadas associadas à utilização de plataforma de comutação levaria a uma maior probabilidade de sobrevivência clínica dos implantes. (ANCHIETA et al., 2015).

Um ponto importante e que é necessário ser discutido é que a utilização do conceito plataforma switching embora tenha a vantagem de diminuir e distribuir melhor as tensões no osso, isso poderia levar a um deslocamento dessas tensões para a interface implante-pilar. (CIMEN; YENGIN, 2012, SAHABI et al., 2013) o que acarretaria em um aumento de tensões no parafuso e na prótese podendo ser a causa, a longo tempo, de fraturas e insucesso.

3 OBJETIVO

O objetivo primário deste estudo foi realizar uma análise da distribuição de tensões em implantes de hexágono externo, com o conceito plataforma switching (5 mm de diâmetro) comparando-se com implante de diâmetro regular (5 mm de diâmetro), por meio da metodologia de elementos finitos tridimensionais. Outros objetivos secundários deste estudo foram:

- a) realizar uma comparação entre implantes do tipo Hexágono externo (5 mm de diâmetro) e implantes do tipo Cone-Morse (5 mm);
- b) analisar a distribuição de tensões nas próteses implantossuportadas incluindo componentes e material oclusal;
- c) analisar o tecido ósseo peri-implantar nos diferentes modelos utilizando mais de um critério de análise (tensão máxima principal – MPa - e Microdeformação - $\mu\epsilon$).

4 MATERIAL E MÉTODO

Para a execução desta metodologia, foram utilizados os seguintes materiais (estes materiais são utilizados em estudos semelhantes realizados pelo grupo):

- a) computador (Opteron 64, duplo núcleo, 16 GB de memória Ram, 1 TB de HD);
- b) scanner 3D(Roland);
- c) InVesalius 3.0 (CTI, São Paulo, Brasil);
- d) programas de desenho assistido: Rhinoceros 3D 4.0 (NURBS Modeling for Windows, EUA) e Solidworks 2011 (SolidWorks Corp, Massachusetts, EUA);
- e) programa de elementos finitos Nastran 10.0 (Noran Engineering, Inc, EUA) e FEMAP 11 (Siemens PLM Software, Plano, Texas, EUA);
- f) resina acrílica Ortoclass, Artigos Odontológicos Clássico, São Paulo, Brasil.
- g) segundo molar mandibular artificial de manequim odontológico;
- h) delineador Bio-art B2 (Equipamentos odontológicos LTDA, Brasil);
- i) implante de 4.00 x 10 mm de Hexágono Externo; 5.00 x 10 mm de Hexágono Externo e Cone-Morse (Conexão Sistemas de Prótese, Arujá, São Paulo, Brasil);
- j) pilar protético do tipo UCLA (Conexão Sistemas de Prótese, Arujá, São Paulo, Brasil), pilar protético compatível com implante Cone-Morse.

4.1 DESCRIÇÃO DOS MODELOS

Quatro modelos foram confeccionados para este projeto. Os carregamentos ocorreram em dois sentidos; um carregamento no sentido axial (0°) e um obliquamente (45°), conforme indicado na Figura 3. Os modelos foram simulados na região de 2° molar inferior, sendo que o tecido ósseo foi uma secção de tecido ósseo trabeculado e corticalizado, o qual recebeu apenas um implante (Conexão Sistemas de Prótese, Arujá, São Paulo, Brasil). Cabe destacar que os modelos foram organizados conforme a relação de plataforma de assentamento da prótese e implante, os quais foram do tipo hexágono externo de 4,0 mm ou 5,0 mm de diâmetro, com o comprimento de 10 mm e com coroa de prótese implantossuportada de tipo parafusada. Foi confeccionado um modelo de implante do tipo Cone-Morse com as dimensões de 5.00 mm x 10 mm. As características das estruturas de suporte e da coroa

metalocerâmica foram constantes, com variação apenas da plataforma de assentamento do pilar protético (PSW) (Figura 3).

Figura 3 - Descrição dos modelos que foram utilizados neste estudo¹

Modelo	Carregamento	Diâmetro	Descrição
1	Axial	4 x 10	Implante unitário do tipo hexágono externo, com coroa metalo-cerâmica parafusada, plataforma de assentamento da prótese do tipo regular.
2		5 x 10	Implante unitário do tipo hexágono externo, com coroa metalo-cerâmica parafusada, plataforma de assentamento da prótese do tipo regular.
3		5 x 10	Implante unitário do tipo hexágono externo, com coroa metalo-cerâmica parafusada, plataforma de assentamento da prótese do tipo switching.
4		5 x 10	Implante unitário do tipo Cone-Morse, com coroa metalo-cerâmica cimentada.
1	Oblíquo	4 x 10	Implante unitário do tipo hexágono externo, com coroa metalo-cerâmica parafusada, plataforma de assentamento da prótese do tipo regular.
2		5 x 10	Implante unitário do tipo hexágono externo, com coroa metalo-cerâmica parafusada, plataforma de assentamento da prótese do tipo regular.
3		5 x 10	Implante unitário do tipo hexágono externo, com coroa metalo-cerâmica parafusada, plataforma de assentamento da prótese do tipo switching.
4		5 x 10	Implante unitário do tipo Cone-Morse, com coroa metalo-cerâmica cimentada.

Fonte: Elaborada pela autora.

4.2.1 Confeção dos modelos

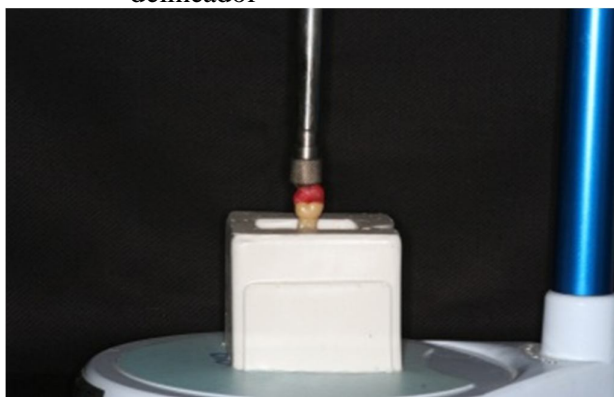
Cada fase da modelagem foi descrita separadamente. Basicamente, os programas InVesalius, SolidWorks e Rhinoceros 3D 3.0 permitem edição de modelos buscando reproduzir detalhes de superfícies dentro de um padrão de fidelidade elevada e complexidade possível para a execução da técnica de elementos finitos, conforme trabalhos anteriores descritos pelo grupo. (FALCÓN-ANTENUCCI et al., 2010; SANTIAGO JUNIOR et al., 2013).

¹ A inserção do grupo de implantes 4 x 10 mm de hexágono externo atuou como um controle negativo, tendo em vista que tem sido indicado como opção mais prejudicial para o sistema. Os grupos com implantes de largo diâmetro com conexão: Hexágono externo (regular), plataforma switching (PSW) são objeto de estudo. O grupo de implantes Cone-Morse de 5 x 10 mm apresentou-se para fator de comparação com implantes de hexágono externo 5 x 10 mm.

4.2.2 Coroa metalo-cerâmica

A superfície externa da coroa metalocerâmica foi obtida a por meio do escaneamento de um 2º molar inferior pertencente a um manequim odontológico, o qual tem sido fixado em um bloco de resina (Ortoclass, artigos odontológicos clássicos, São Paulo, Brasil) por meio de um delineador Bio-art B2 (Equipamentos odontológicos LTDA, Brasil), conforme descrito por Fálcon-Antenucci 2008. (Figura 4).

Figura 4 - Posicionamento do dente com auxílio do delineador



Fonte: ANTENUCCI, Rosse Mary Fálcon. Avaliação da influência da inclinação das cúspides e da direção das cargas oclusais na distribuição das tensões em próteses implanto-suportadas. Estudo através do método dos elementos finitos tridimensionais. Araçatuba: UNESP, 2008.133p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Araçatuba, 2008 (p. 106)

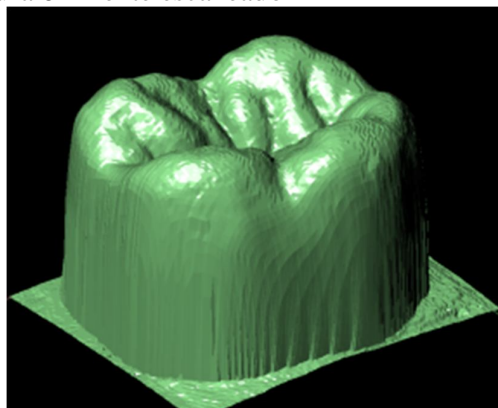
Obtendo-se um bloco de resina com o dente artificial exposto que a partir da coroa (Figura 5) foi escaneado por meio do Scanner 3D (Roland), para elaboração do modelo de sua superfície externa (Figuras 6), que foi acabada e simplificada no software Rhinoceros 4.0 (Figuras 7 e 8).

Figura 5 - Dente incluído no bloco de resina



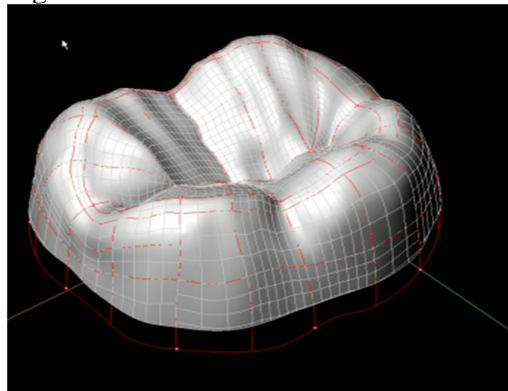
Fonte: ANTENUCCI, Rosse Mary Fálcon. Avaliação da influência da inclinação das cúspides e da direção das cargas oclusais na distribuição das tensões em próteses implanto-suportadas. Estudo através do método dos elementos finitos tridimensionais. Araçatuba: UNESP, 2008.133p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Araçatuba, 2008 (p. 107)

Figura 6 - Dente escaneado



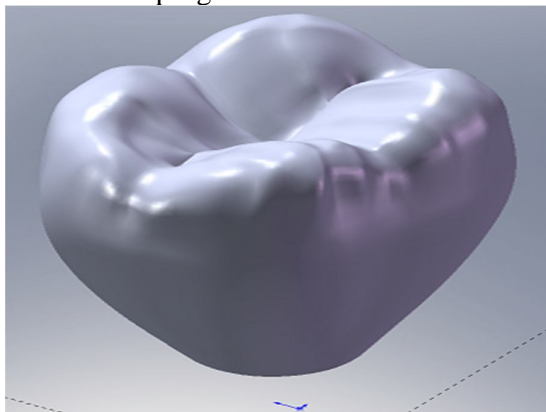
Fonte: ANTENUCCI, Rosse Mary Fálcon. Avaliação da influência da inclinação das cúspides e da direção das cargas oclusais na distribuição das tensões em próteses implanto-suportadas. Estudo através do método dos elementos finitos tridimensionais. Araçatuba: UNESP, 2008.133p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Araçatuba, 2008 (p. 108)

Figura 7 - Geometria e linhas



Fonte: ANTENUCCI, Rosse Mary Fálcon.
Avaliação da influência da inclinação das cúspides e da direção das cargas oclusais na distribuição das tensões em próteses implanto-suportadas. Estudo através do método dos elementos finitos tridimensionais. Araçatuba: UNESP, 2008.133p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Araçatuba, 2008 (p. 108)

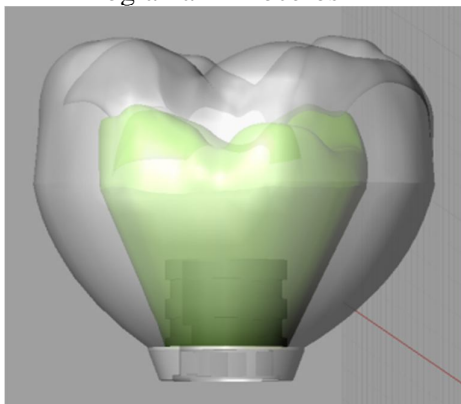
Figura 8 - Coroa refinada e finalizada no programa Solidworks



Fonte: ANTENUCCI, Rosse Mary Fálcon.
Avaliação da influência da inclinação das cúspides e da direção das cargas oclusais na distribuição das tensões em próteses implanto-suportadas. Estudo através do método dos elementos finitos tridimensionais. Araçatuba: UNESP, 2008.133p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Araçatuba, 2008 (p. 109)

Este modelo de superfície foi incorporado nos componentes dos implantes, conforme descrição posterior, procurando simular as dimensões reais da estrutura metálica e da porcelana de uma coroa metalo-cerâmica (Figura 9).

Figura 9 - Coroa com a espessura da porcelana.
Programa Rhinoceros



Fonte: ANTENUCCI, Rosse Mary Fálcon. Avaliação da influência da inclinação das Cúspides e da direção das cargas oclusais na distribuição das tensões em próteses implanto-suportadas. Estudo através do método dos elementos finitos tridimensionais. Araçatuba: UNESP, 2008.133p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Araçatuba, 2008 (p. 112)

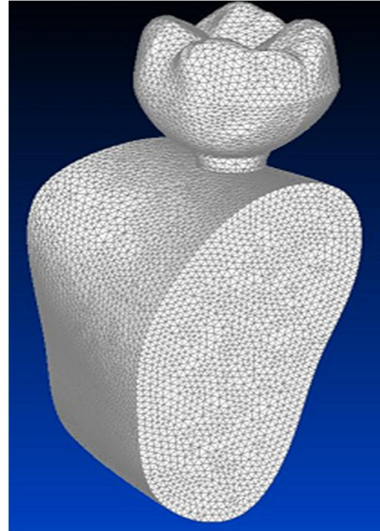
As imagens das figuras 4 a 9 são ilustrativas, provenientes de trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa em elementos finitos tridimensionais da UNESP/Araçatuba, sob-responsabilidade dos pesquisadores: Prof. Ass. Fellippo Ramos Verri e Prof. Tit. Eduardo Piza Pellizzer, os quais deram suporte para o desenvolvimento deste projeto durante sua execução. (FALCON ANTENUCCI et al., 2010).

4.2.3 Obtenção do tecido ósseo

Os ossos, esponjoso e cortical, foram obtidos a partir de uma recomposição de uma Tomografia Computadorizada da região de molar inferior com o auxílio do software Invesalius 3.0. Este software permite a recomposição de imagens 2D e reconstrução em modelo 3D para posterior exportação em formato de arquivo compatível para edição no software Rhinoceros 3D 4.0. Já neste software, a superfície externa foi simplificada e recortada na região de interesse, bem como separada uma camada externa simulando o osso

cortical com 1 mm de espessura, para simular um tecido ósseo do tipo III, comumente encontrado nesta região. (LEKHOLM; ZARB, 1985) (Vide Figura 10 o aspecto final aproximado desta modelagem, já com malhas de elementos finitos discretizadas.

Figura 10 - Geração da malha dos elementos finitos



Fonte: ANTENUCCI, Rosse Mary Fálcon. Avaliação da influência da inclinação das cúspides e da direção das cargas oclusais na distribuição das tensões em próteses implanto-suportadas. Estudo através do método dos elementos finitos tridimensionais. Araçatuba: UNESP, 2008.133p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Araçatuba, 2008 (p. 117)

4.2.4 Implantes e componentes protéticos

Os implantes simulados foram do tipo hexágono externo e Cone-Morse (Conexão Sistemas de Prótese, Arujá, São Paulo, Brasil). Os desenhos originais de fábrica foram simplificados com auxílio do software Solidworks 2011 que possibilitou reproduzir, com fidelidade suficiente as dimensões do formato interno e externo dos implantes e seus componentes para a execução da técnica de elementos finitos.

As próteses implantossuportadas foram simuladas utilizando componentes do tipo UCLA, disponível no mercado. O componente do modelo PSW foi simulado utilizando um UCLA do tipo 4,0 mm em implantes de 5,00 x 10 mm de dimensão, semelhante ao modelo de implante de 4,00 mm x 10 mm. As próteses implantossuportadas utilizando implante Cone-

Morse foram modeladas com o respectivo componente de pilar protético para implante Cone-Morse (Conexão Sistemas de Prótese, Arujá, São Paulo, Brasil).

Após a confecção dos desenhos dos implantes e seus componentes, estes foram exportados para o programa Rhinoceros 3D 4.0 para montagem junto à coroa metalocerâmica do molar e finalmente todo o conjunto foi inserido no tecido ósseo obtido anteriormente.

4.2.5 Desenvolvimento dos modelos de elementos finitos

A metodologia de elementos finitos indica uma simulação numérica computadorizada a fim de se obter dados de tensões, deslocamento, microdeformação, fadiga, utilizando um modelo escaneado ou desenhado. (FARAH; CRAIG; MERQUEH, 1988). Assim, após a confecção dos modelos, os mesmos foram exportados para o programa de elementos finitos FEMAP 11 para elaboração das malhas em cada estrutura simulada (Figura 10) utilizando-se o elemento sólido tetraédrico parabólico. Além disso, foram incorporadas as propriedades mecânicas dos materiais simulados, conforme Figura 11.

Figura 11 - Propriedades dos Materiais

Material	Módulo de Elasticidade (E) (MPa)	Coefficiente de Poisson(ν)	Referências
Osso Esponjoso	1,370	0,30	Sertgoz (1997)
Osso Cortical	13,700	0,30	Sertgoz (1997)
Titânio	110,000	0,35	Ciftçi (2000)
Liga NiCr	206,000	0,33	Anusavice & Hojjatie (1987)
Porcelana Feldspática	82,800	0,35	Sertgoz (1997)
Cimento de Fosfato de Zn	22,4	0,35	Anusavice & Hojjatie (1987)

Fonte: Elaborada pela autora.

A fixação dos modelos gerados foi feita em cada superfície mesial e distal do corte simulado no tecido ósseo (trabecular e cortical), em direção x , y e z . Assim, todo o restante do conjunto permaneceu sob ação das forças aplicadas e com possibilidade de movimentação e distribuição de tensões. Todos os contatos simulados foram do tipo colado, com exceção do contato entre a base do componente protético e o implante que foi do tipo justaposto.

As cargas aplicadas foram em direção axial ao longo eixo do implante, de 200N (dividida em 4 aplicações de 50N por cúspide) e em direção oblíqua de 100N (dividida em 2 aplicações de 50N por cúspide lingual), conforme trabalhos anteriores realizados pelo grupo de pesquisa. (ALMEIDA et al., 2014; SANTIAGO JUNIOR et al., 2013; VERRI et al., 2015).

As análises foram do tipo linear, cabe ressaltar que todos os materiais foram considerados em isotropia, homogeneidade e com elasticidade linear.

A análise dos resultados foi supervisionada pelo Prof. Ass. Dr. Fellippo Ramos Verri e Prof. Tit. Eduardo Piza Pellizzer, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, UNESP, em conjunto com a equipe de Engenheiros do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI, unidade de pesquisa do Ministério da Ciência e Tecnologia) que já possui parceria com o grupo de pesquisa desde 2009.

5 RESULTADOS

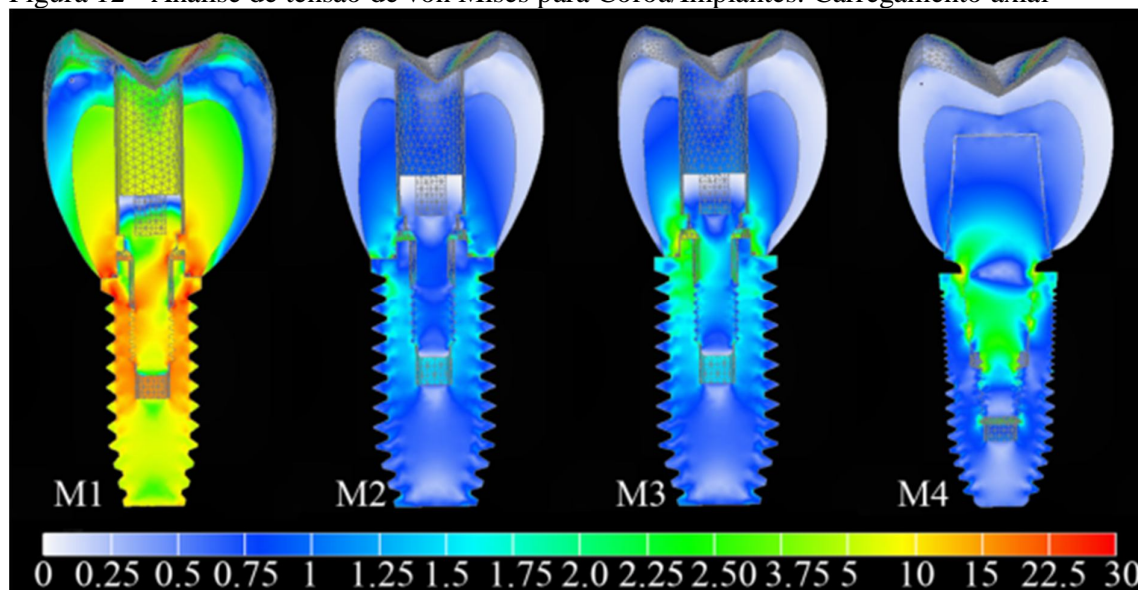
Os resultados foram analisados utilizando critério de tensão máxima principal (MPa) e Microdeformação ($\mu\epsilon$) para o tecido ósseo, uma vez que estas análises são mais indicadas para materiais friáveis como o tecido ósseo. Adotou-se o critério de von Mises para análise das tensões em Coroa e Implante, o qual apresentam materiais dúcteis.

5.1 ANÁLISE DO IMPLANTE E COROA

Em uma análise dos diferentes modelos, sob carregamento axial, identificou-se que o modelo 1 (4 x 10mm) apresentou a maior área de concentração de tensões quando comparado com os demais. Comparando-se os modelos de largo diâmetro os modelos de implante PSW e Cone-Morse apresentaram maior magnitude de tensões (M3 e M4), quando comparado com o modelo de plataforma regular (M2), conforme figura 12.

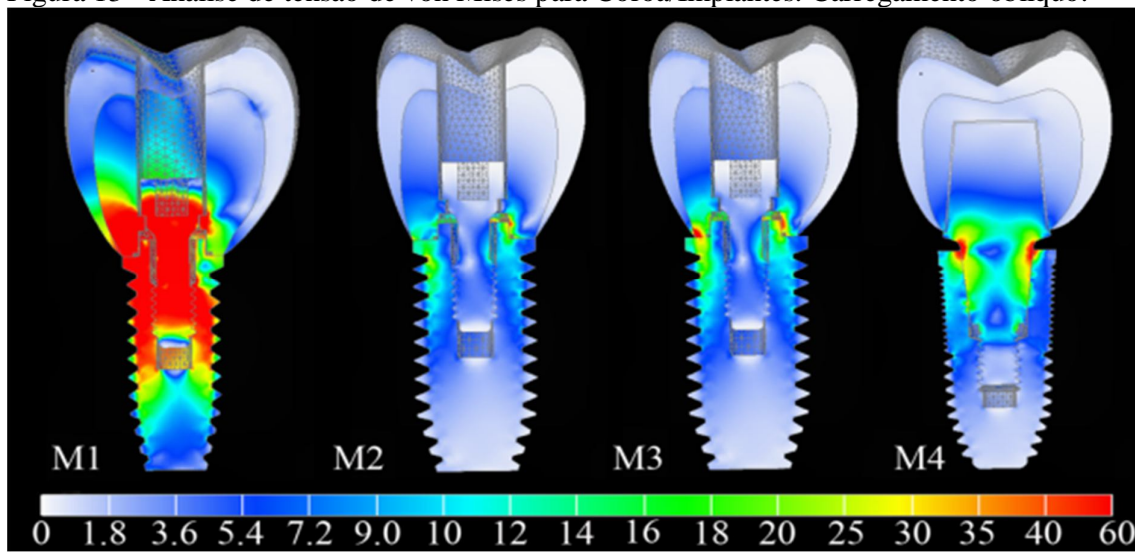
Em uma análise considerando o carregamento oblíquo, foi observado que há aumento da área de concentração de tensões para todos os modelos, quando comparado com o carregamento axial, principalmente para o modelo 1 (4 x 10mm). O modelo 4, implante Cone-Morse, apresentou maior área de concentração de tensões principalmente na região de interface do pilar protético e implante, conforme figura 13.

Figura 12 - Análise de tensão de von Mises para Coroa/Implantes. Carregamento axial



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 13 - Análise de tensão de von Mises para Coroa/Implantes. Carregamento oblíquo.



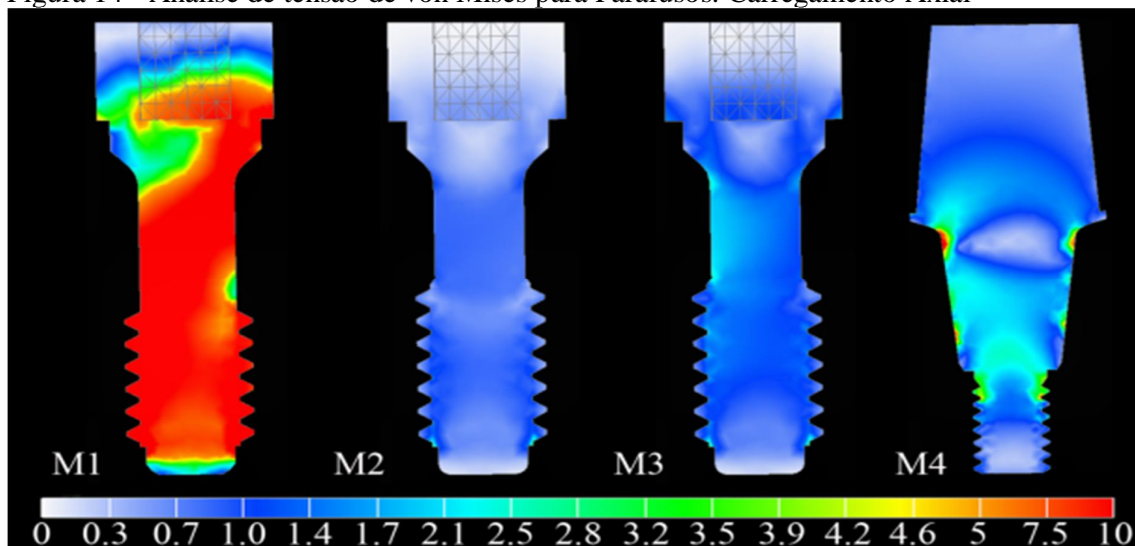
Fonte: Elaborada pela autora.

5.2 ANÁLISE DO PARAFUSO

Em uma análise dos parafusos de retenção, considerando carregamento axial, foi observado que modelo 1 apresentou maior área de concentração de tensão, estendendo-se por todo o parafuso, quando comparado com os demais, conforme figura 14.

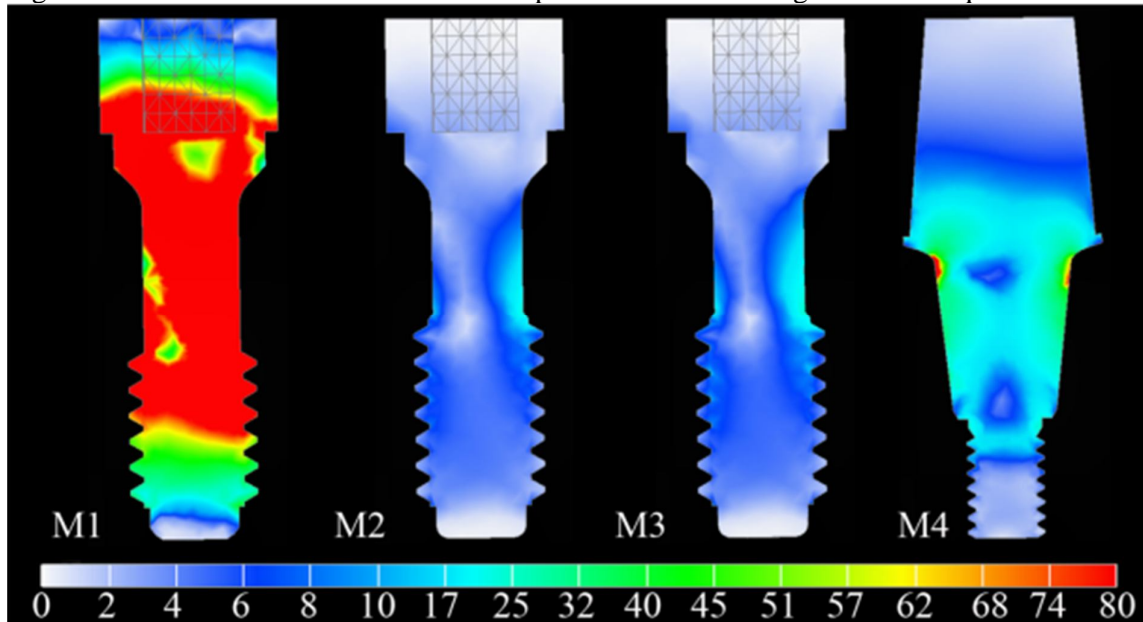
Ao analisar o carregamento oblíquo uma magnitude maior de tensão assim como área foi observada para todos os modelos (80MPa), destacando-se o modelo 1, sendo seguido pelo modelo 4. Em uma análise dos modelos M2 e M3, o modelo M3 (PSW) apresentou maior área de tensão principalmente no pescoço do parafuso, conforme figura 15.

Figura 14 - Análise de tensão de von Mises para Parafusos. Carregamento Axial



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 15 - Análise de tensão de von Mises para Parafusos. Carregamento Oblíquo



Fonte: Elaborada pela autora.

5.3 ANÁLISE DA CORTICAL ÓSSEA

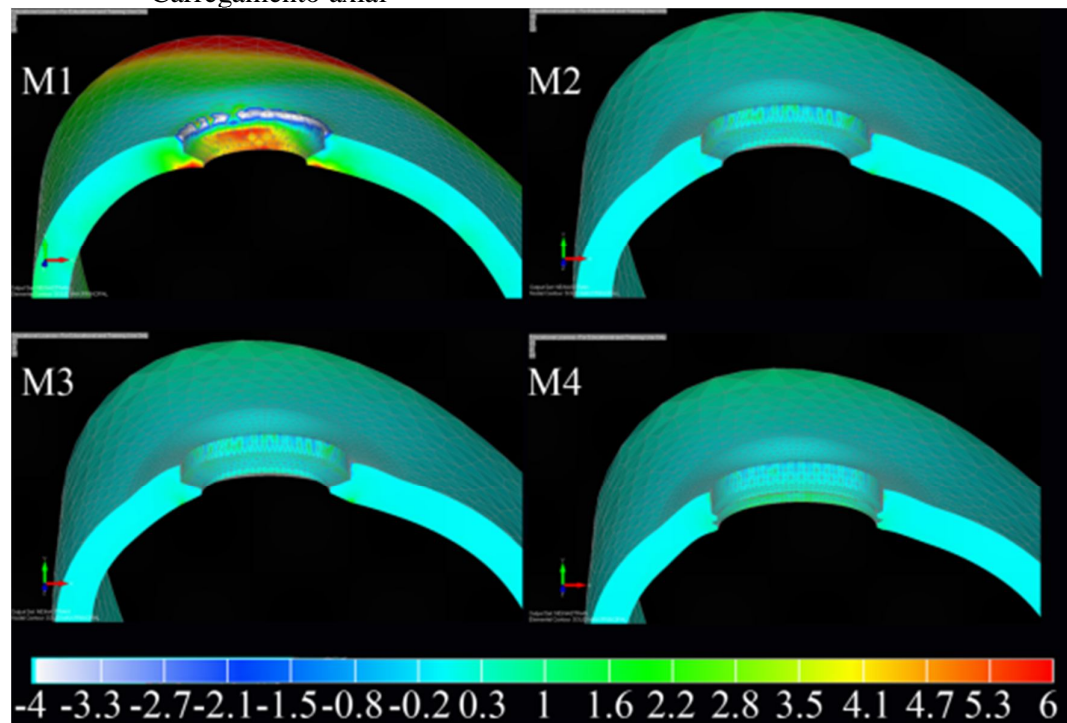
A análise da cortical óssea foi delineada realizando-se as avaliações por meio de tensão máxima principal (MPa) e microdeformação ($\mu\epsilon$).

Tensão Máxima Principal

Em uma análise da cortical óssea superior foi observado que o modelo 1 apresentou maior área de concentração de tensões na região peri-implantar na faixa de -4 MPa a 6 MPa. Os demais modelos apresentaram uma tendência semelhante de distribuição de tensão, em menor intensidade e área para o modelo 4, sob carregamento axial, conforme figura 16.

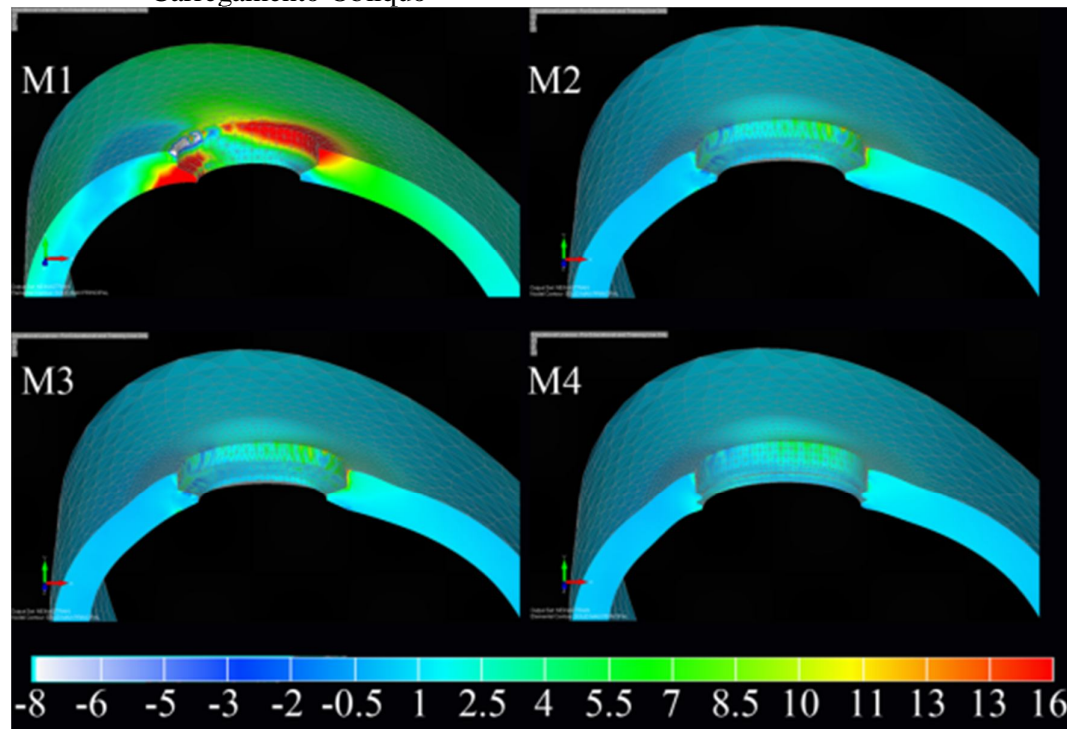
Em uma análise da cortical óssea superior considerando o carregamento oblíquo foi identificado que o modelo 1 apresentou maior área de tensões de tração e compressão, na faixa de -8 a 16 MPa, quando comparado com os demais. A situação mais favorável para distribuição de tensões foi o modelo de implante M4, implante Cone-Morse. Não foi identificada diferença nos modelos M2 e M3, conforme figura 17.

Figura 16 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento axial



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 17 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento Oblíquo

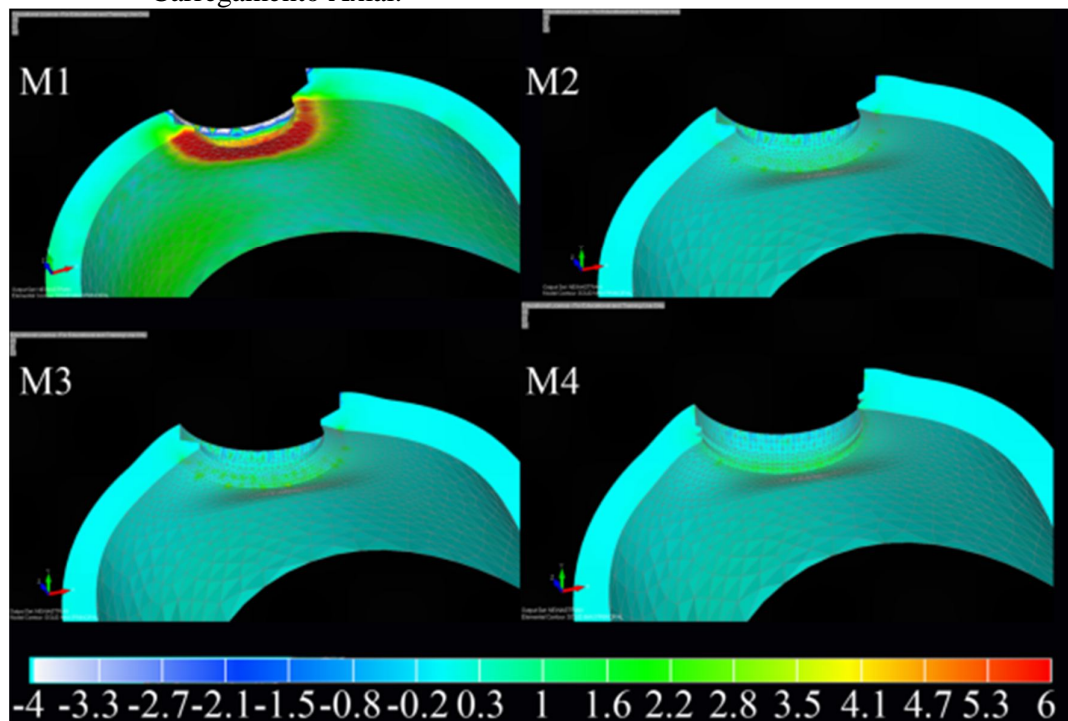


Fonte: Elaborada pela autora.

Em uma análise da cortical óssea inferior, sob carregamento axial, identificou-se maior área de tensões para o modelo de implante regular (M1), ao redor de toda região peri-implantar, todavia ao avaliarmos os demais modelos, é notável que há menor área de concentração de tensões, distribuindo-se de uma forma semelhante, conforme figura 18.

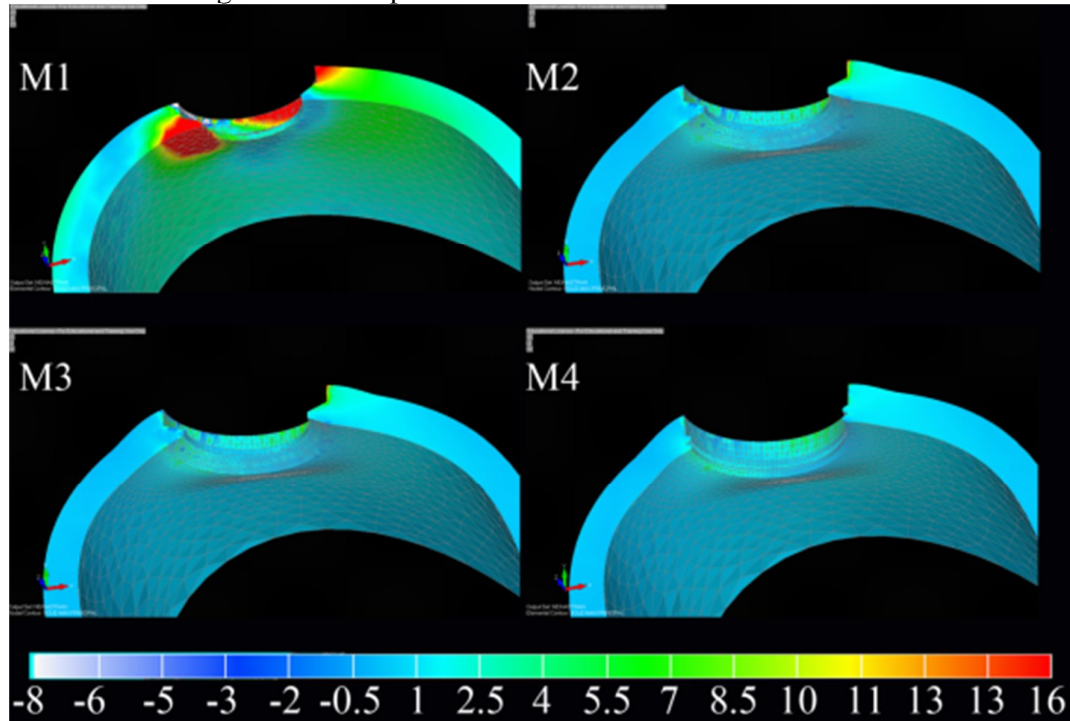
Em uma análise da visão inferior da cortical óssea, sob carregamento oblíquo, identificou-se que o modelo 1 apresentou a maior área de concentração de tensões de tração e compressão, quando comparado aos demais modelos. Os modelos 2 e 3 apresentaram um padrão semelhante de distribuição, sendo de maior área e intensidade para o modelo 2. O modelo 4 apresentou a situação mais favorável biomecanicamente, conforme figura 19.

Figura 18 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Axial.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 19 - Análise de Tensão Máxima Principal para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Oblíquo



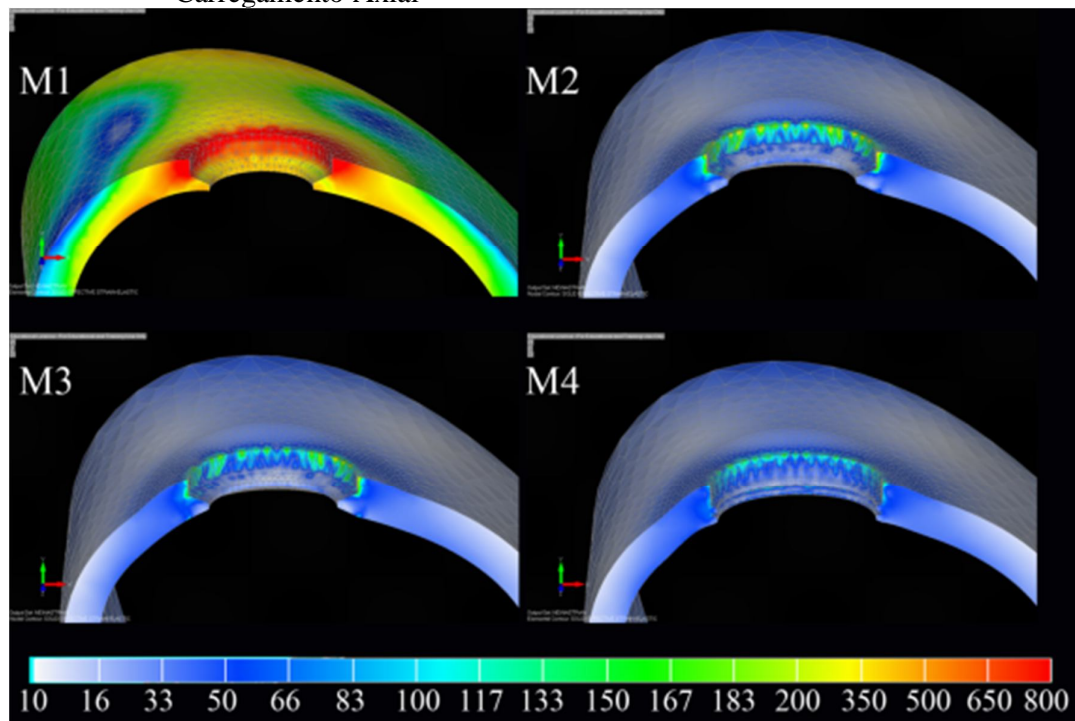
Fonte: Elaborada pela autora.

Microdeformação

Em uma análise da cortical óssea superior, sob carregamento axial, foi observado que o modelo 1 apresentou maior área e intensidade de microdeformação no tecido ósseo peri-implantar, quando comparado com os demais modelos, conforme figura 20. O modelo 2 apresentou maior intensidade de microdeformações quando comparado com o modelo 3. O modelo 4 apresentou a melhor distribuição e menor magnitude de microdeformação no tecido ósseo, conforme figura 20.

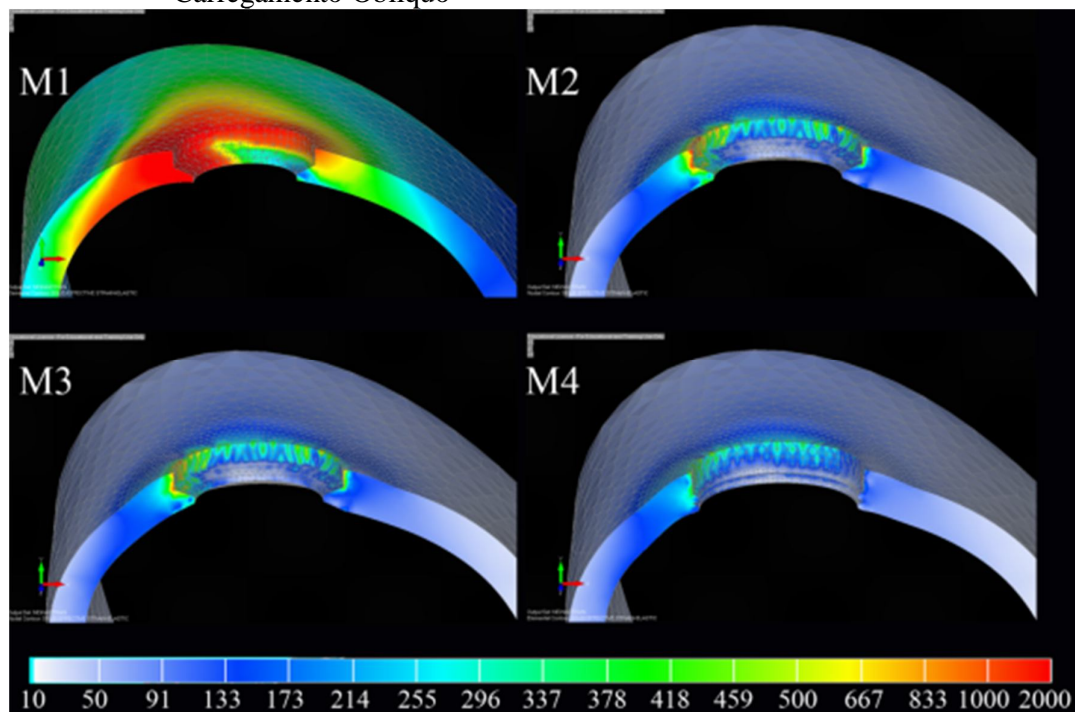
Em uma análise da cortical óssea superior, sob carregamento oblíquo, foi identificada maior área de microdeformação no tecido ósseo, na faixa até 2000 $\mu\epsilon$ para o modelo 1, os demais modelos apresentaram um padrão semelhante de distribuição, porém existindo maior área de microdeformações e magnitude para os modelos 2, 3 e 4, respectivamente, conforme figura 21.

Figura 20 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento Axial



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 21 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão superior. Carregamento Oblíquo

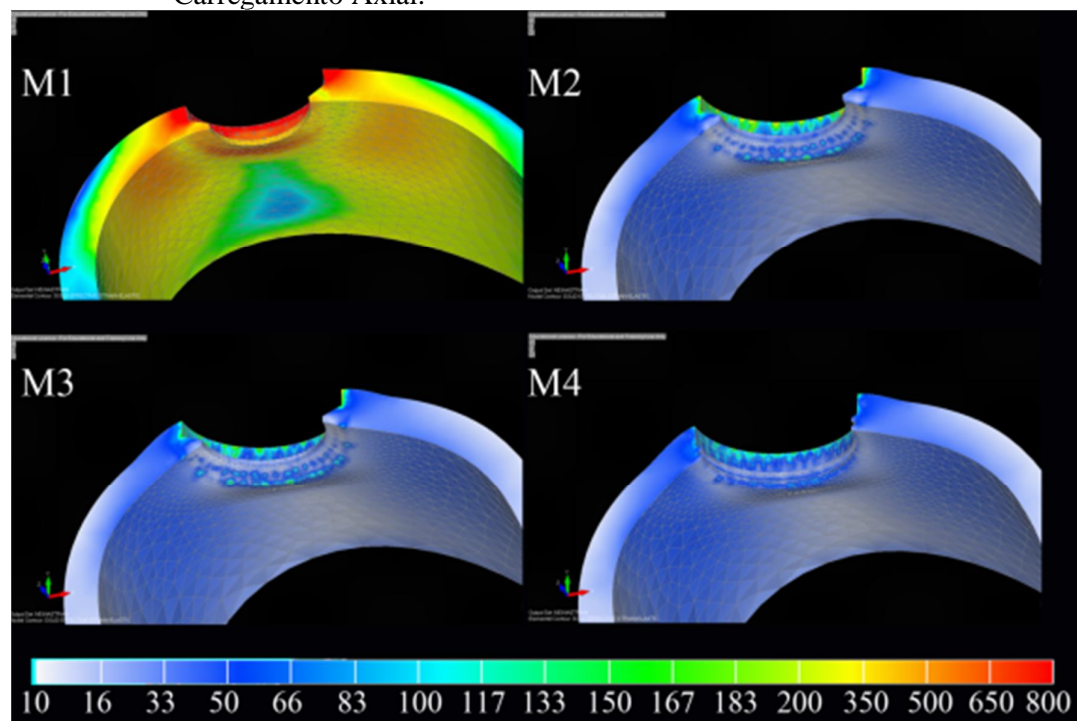


Fonte: Elaborada pela autora.

Em uma análise da cortical óssea inferior, sob carregamento axial, foi identificado que houve maior área de concentração de microdeformação para o modelo 1, quando comparado com os demais, em uma análise do modelo 2 foi observado maior área de concentração de microdeformações no tecido ósseo quando comparado com o modelo 3 e 4, conforme figura 22.

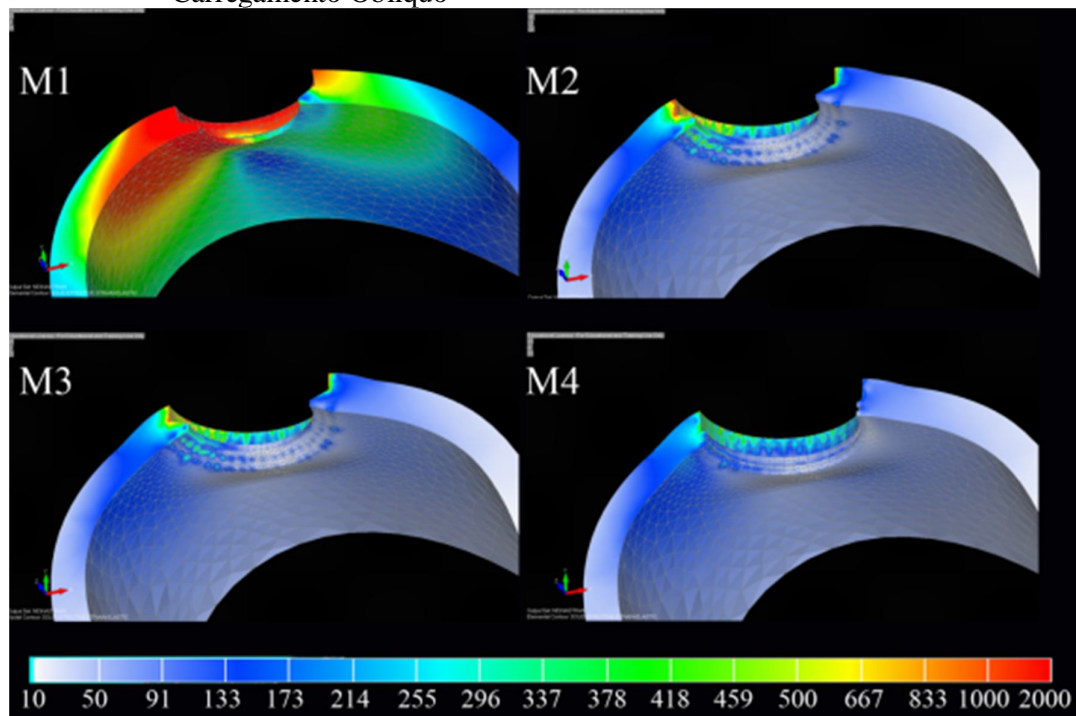
Em uma análise da cortical óssea inferior, sob carregamento oblíquo foi observado que o modelo 1 apresentou maior área de concentração de microdeformações para o tecido ósseo peri-implantar (até faixa de 2000 $\mu\epsilon$), os modelos 2 e 3 apresentaram um padrão semelhante de distribuição de microdeformações, porém em menor intensidade para o modelo 3. O modelo 4 apresentou a melhor distribuição de microdeformações no tecido ósseo, quando comparado com os demais, conforme figura 23.

Figura 22 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Axial.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 23 - Análise de Microdeformação ($\mu\epsilon$) para tecidos ósseos. Visão inferior. Carregamento Oblíquo



Fonte: Elaborada pela autora.

6 DISCUSSÃO

A hipótese alternativa deste estudo de que implantes conceito plataforma switching apresentariam menor área de concentração de tensões, quando comparado a implantes com plataforma regular foi parcialmente aceita, tendo em vista que no tecido ósseo os implantes PSW comportaram-se biomecanicamente mais favorável, porém na análise do parafuso observou-se um aumento de tensão, principalmente para o carregamento oblíquo. A hipótese alternativa secundária de que implantes do tipo Cone-Morse apresentariam o melhor comportamento biomecânico quando comparado aos demais foi aceita, tendo em vista que o melhor comportamento biomecânico para o tecido ósseo foi para esta modalidade de implantes.

Os estudos realizados para analisar o conceito plataforma switching (PSW) têm demonstrado que esse tipo de plataforma reduz significativamente a concentração de tensão no tecido ósseo, (CANULLO et al., 2011, HSU et al., 2009, PELLIZZER et al., 2010) justificando a sua indicação para áreas de grande apelo estético e áreas com reabsorções ósseas já existentes por exemplo. Em contrapartida, alguns autores comprovaram que com a utilização do conceito PSW a tensão é deslocada para a área do parafuso do implante e do pilar protético o que poderia elevar as chances de fratura e insucesso dos implantes a longo tempo. (CHANG; CHEN; HSU, 2010; MAEDA et al., 2007, SCHROTENBOER et al., 2009).

Analisando os resultados dessa pesquisa foi possível avaliar que os implantes de Cone-Morse (modelo D) foram mais favoráveis para a distribuição de tensões quando comparados a implantes de hexágono externo convencional (modelo B) e com plataforma reduzida (modelo C) os quais tiveram as concentrações distribuídas semelhantemente (modelo B e C). Esses resultados podem ser justificados pela geometria dos implantes de Cone-Morse que possuem conexão interna, levando a uma centralização das tensões ao longo do eixo do próprio implante reduzindo a movimentação do parafuso e pilar protético, aliviando assim as estruturas relacionadas à prótese. (ALMEIDA et al., 2014; PELLIZZER et al., 2014).

Uma alternativa viável, pensando em uma situação clínica e com base nos resultados obtidos, seria a associação de implantes hexágono externo com o conceito plataforma switching (PSW), já que os modelos simulados mostraram que a utilização do conceito PSW distribuíram melhor as tensões ao longo do implante e tecido ósseo peri-implantar o que levaria a uma diminuição da tensão óssea e conseqüentemente uma maior preservação de tecido ósseo, porém ocorreu um aumento da concentração de tensão no parafuso da prótese e na interface entre o pilar protético e o implante, o que é possível ser analisado nas figuras 12 e

13 dos resultados, comprovando alguns estudos anteriores que provaram que implantes com plataforma reduzida por aliviar as tensões no tecido ósseo provocam um deslocamento dessas tensões para os componentes da prótese implantossuportada. (CIMEN; YENGIN, 2012, SAHABI et al., 2013). No contexto desse ponto desfavorável do aumento da concentração de tensão no componente protético é possível reduzirmos as chances de falhas intensificando um correto planejamento reabilitador, com um ajuste oclusal adequado da prótese tentando minimizar as tensões exercidas sobre o implante, condições cirúrgicas adequadas como um bom planejamento prévio, colaboração do paciente quanto à higienização e um controle em longo prazo, estes seriam princípios para se diminuir a perda óssea peri-implantar e aumentar a longevidade dos implantes instalados, assim como das próteses implantossuportadas.

Por se tratar de um estudo de simulação computacional essa pesquisa possui algumas limitações já que para a confecção dos modelos utilizados nesse estudo foram adotadas algumas propriedades dos materiais como o módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson e para outras pesquisas outras metodologias podem ser adotadas, por isso é muito relevante estudos clínicos sobre o assunto para poder analisar as vantagens na prática clínica dos resultados biomecânicos obtidos nesta pesquisa.

A reabilitação oral utilizando implantes dentários está ampliando nos últimos anos, principalmente por oferecer uma estética mais agradável, por isso é de grande importância estudos que ofereçam alternativas para a garantia de aumentar o sucesso da instalação de implantes e uma dessas alternativas seria a utilização de implantes com conexão interna, como por exemplo, as conexões do tipo Cone-Morse pois como foi identificado nesta pesquisa esses implantes oferecem a vantagem de distribuir as forças ao longo do eixo do implante diminuindo assim as tensões no osso e nos componentes protéticos, levando a um resultado clínico mais favorável. Porém, em casos onde seja inviável a indicação e utilização de implantes Cone-Morse, o mais indicado e favorável seria utilizar um pilar protético mais estreito do que o implante configurando assim o conceito plataforma switching (PSW) pois com base nos resultados da pesquisa esse tipo de configuração concentrou as tensões principalmente no corpo do parafuso da prótese e na interface entre o pilar protético e o implante o que conformaria um ponto negativo, mas que pode ser amenizado com métodos secundários como já descritos anteriormente, e que a diminuição da tensão no tecido ósseo seria um ponto muito mais relevante e favorável para a longevidade do implante instalado, assim o conceito PSW seria mais favorável e indicado quando comparado a implantes com plataforma regular.

7 CONCLUSÃO

Os implantes de hexágono externo e diâmetro regular (4 x 10mm) apresentaram a situação biomecânica mais desfavorável quando comparado com os demais.

O implante do tipo Cone-Morse apresentou o melhor resultado biomecânico quando comparado com os demais.

Os implantes com o conceito plataforma switching demonstraram viabilidade biomecânica, quando comparada aos implantes de diâmetros regulares.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. A. et al. Influence of tapered and external hexagon connections on bone stresses around tilted dental implants: three-dimensional finite element method with statistical analysis. **J Periodontol**, Chicago, v. 85, n. 2, p. 261-9, Feb 2014.
- ALVAREZ-ARENAL, A. et al. Stress distribution in the abutment and retention screw of a single implant supporting a prosthesis with platform switching. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v. 28, n. 3, p. 112-21, may./jun. 2013.
- ANCHIETA, R. B. et al. Platform-Switching for Cemented Versus Screwed Fixed Dental Prostheses: Reliability and Failure Modes: An In Vitro Study. **Clin Implant Dent Relat Res.**, Malden, v. 4, p. 1-10, aug. 2015.
- ANNIBALI, S. et al. Peri-implant marginal bone level: a systematic review and meta-analysis of studies comparing platform switching versus conventionally restored implants. **J Clin Periodontol**, Copenhagen, v. 39, n. 11, p. 1097-113, NOV. 2012.
- ANUSAVICE K. J.; HOJJATIE B. Stress distribution in metal-ceramic crowns with a facial porcelain margin. **J Dent Res**, Chicago, v. 66, n. 9, p. 1493-8, Sep 1987.
- ATIEH, M. A.; IBRAHIM, H. M.; ATIEH, A. H. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. **J Periodontol**, Chicago, v. 81, n. 10, p. 1350-66, Oct 2010.
- CANULLO, L. et al. Short-term bone level observations associated with platform switching in immediately placed and restored single maxillary implants: a preliminary report. **Int J Prosthodont**. Lombard, v. 22, n. 3, p. 277-82, May-Jun 2009.
- CANULLO, L. et al. The influence of platform switching on the biomechanical aspects of the implant-abutment system. A three dimensional finite element study. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, Valencia, v.16, n. 6, p. 852-6, Sep 2011.
- CHANG, C. L.; CHEN, C. S.; HSU, M. L. Biomechanical effect of platform switching in implant dentistry: a three-dimensional finite element analysis. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v. 25, n. 2, p. 295-304, Mar-Apr 2010.
- CHRCANOVIC, B. R.; ALBREKTSSON, T.; WENNERBERG, A. Platform switch and dental implants: A meta-analysis. **J Dent**, Bristol, v. 43, n. 6, p. 629-46, Jan 2015.
- CHU, C. M. et al. Influences of internal tapered abutment designs on bone stresses around a dental implant: three-dimensional finite element method with statistical evaluation. **J Periodontol**, Chicago, v. 83, n. 1, p. 111-8, Jan 2012.
- CIFTÇI, Y.; CANAY, S. The effect of veneering materials on stress distribution in implant-supported fixed prosthetic restorations. **Int J Oral Maxillofac**, Lombard, v. 15, n. 4, p. 571-82, Jul-Aug 2000.

CIMEN, H.; YENGIN, E. Analyzing the effects of the platform-switching procedure on stresses in the bone and implant-abutment complex by 3-dimensional fem analysis. **J Oral Implantol**, Abington, v. 38, n. 1, p. 21-6, Feb 2012.

FALCÓN-ANTENUCCI, R. M. et al. Influence of cusp inclination on stress distribution in implant-supported prostheses. A three-dimensional finite element analysis. **J Prosthodont**, Philadelphia, v. 19, n. 5, p. 381-6, Jul 2010.

FARAH, J. W.; CRAIG, R. G.; MERQUEH, K. A. Finite element analysis of a mandibular model. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 15, n. 6, p. 615-24, Nov 1988.

FERRAZ, C. C. et al. Influence of microthreads and platform switching on stress distribution in bone using angled abutments. **J Prosthodont**, Amsterdam, v. 56, n. 4, p. 256-63, Oct 2012.

GARDNER, D. M. Platform switching as a means to achieving implant esthetics. **N Y State Dent J**, New York, v. 71, n. 3, p. 34-7, Apr 2005.

GIL, F. J. et al. Implant-abutment connections: influence of the design on the microgap and their fatigue and fracture behavior of dental implants. **J Mater Sci Mater Med**, London, v. 25, n. 7, p. 1825-30, Jul 2014.

GURGEL-JUAREZ, N. C. et al. **Regular** and platform switching: bone stress analysis varying implant type. **J Prosthodont**, Philadelphia, v. 21, n. 3, p. 160-6, Apr 2012.

HSU, J. T. et al. Bone strain and interfacial sliding analyses of platform switching and implant diameter on an immediately loaded implant: experimental and three-dimensional finite element analyses. **J Periodontol**, Chicago, v. 80, n. 7, p. 1125-32, Jul 2009.

KHURANA, P.; SHARMA, A.; SODHI, K. K. Influence of fine threads and platform-switching on crestal bone stress around implant-a three-dimensional finite element analysis. **J Oral Implantol**, Abington, v. 39, n. 6, p. 697-703, Dec 2013.

LAZZARA, R. J.; PORTER, S. S. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. **Int J Periodontics Restorative Dent**, Chicago, v. 26, n. 1, p. 9-17, Feb 2006.

LEKHOLM U, ZARB GA. Tissue-integrated prostheses. In: Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. Tissue-integrated prostheses. Chicago: Quintessence;1985:199-209.

LIU, S. et al. The effect of platform switching on stress distribution in implants and periimplant bone studied by nonlinear finite element analysis. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 112, n. 5, p. 1111-8, Nov 2014.

MAEDA, Y. et al. Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v. 18, n. 5, p. 581-4, Oct 2007.

MARTINI, A. P. et al. Straight and angulated abutments in platform switching: influence of loading on bone stress by three-dimensional finite element analysis. **J Craniofac Surg**, Burlington, v. 23, n. 2, p. 415-8, Mar 2012.

PAUL, S.; PADMANABHAN, T. V.; SWARUP, S. Comparison of strain generated in bone by "platform-switched" and "non-platform-switched" implants with straight and angulated abutments under vertical and angulated load: a finite element analysis study. **Indian J Dent Res**, Ahmedabad, v. 24, n. 1, p. 8-13, Jan 2013.

PELLIZZER, E. P. et al. Photoelastic analysis of stress distribution with different implant systems. **J Oral Implantol**, Abington, v. 40, n. 2, p. 117-22, Apr 2014.

PELLIZZER, E. P. et al. Photoelastic analysis of the influence of platform switching on stress distribution in implants. **J Oral Implantol**, Abington, v. 36, n. 6, p. 419-24, 2010.

PELLIZZER, E. P. et al. Stress analysis in platform-switching implants: a 3-dimensional finite element study. **J Oral Implantol**, Abington, v. 38, n. 5, p. 587-94, Oct 2012.

PESSOA, R. S. et al. Biomechanical evaluation of platform switching: different mismatch sizes, connection types, and implant protocols. **J Periodontol**, Chicago, v. 85, n. 9, p. 1161-71, Sep 2014.

PESSOA, R. S. et al. Biomechanical evaluation of platform switching in different implant protocols: computed tomography-based three-dimensional finite element analysis. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v. 25, n. 5, p. 911-9, Sep 2010.

PRIEST, G. F. The esthetic challenge of adjacent implants. **J Oral Maxillofac Surg**, Philadelphia, v. 65, n. 7, p. 2-12, Jul 2007.

RISMANCHIAN, M.; ASKARI, N.; SHAFIEI, S. The effect of placement depth of platform-switched implants on periimplant cortical bone stress: a 3-dimensional finite element analysis. **Implant Dent**, Baltimore, v. 22, n. 2, p. 165-9, Apr 2013.

SAHABI, M. et al. Biomechanical effects of platform switching in two different implant systems: a three-dimensional finite element analysis. **J Dent**, Tehran, v. 10, n. 4, p. 338-50, May 2013.

SANTIAGO JUNIOR, J. F. et al. Stress analysis in bone tissue around single implants with different diameters and veneering materials: a 3-D finite element study. **Mater Sci Eng C Mater Biol Appl**, Amsterdam, v. 33, n. 8, p. 4700-14, Dec 2013.

SCHROTENBOER, J. et al. Effect of platform switching on implant crest bone stress: a finite element analysis. **Implant Dent**, Baltimore, v. 18, n. 3, p. 260-9, Jun 2009.

SERTGÖZ, A. Finite element analysis study of the effect of superstructure material on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. **Int J Prosthodont**, Lombard, v. 10, n. 1, p. 19-27, Jan- Feb 1997.

TABATA, L. F. et al. Implant platform switching: biomechanical approach using two-dimensional finite element analysis. **J Craniofac Surg**, Burlington, v. 21, n. 1, p. 182-7, Jan 2010.

TANASIĆ, I.; TIHACEK-SOJIĆ, L.; MILIĆ-LEMIĆ, A. Finite element analysis of compressive stress and strain of different implant forms during vertical loading. **Int J Comput Dent**, New Malden, v. 17, n. 2, p. 125-33, 2014.

VERRI, R. F. et al. Biomechanical influence of crown-to-implant ratio on stress distribution over internal hexagon short implant: 3-D finite element analysis with statistical test. **J Biomech**, New York, v. 48, n. 1, p. 138-45, Jan 2015.

XIA, H. et al. The effect of platform switching on stress in peri-implant bone in a condition of marginal bone resorption: a three-dimensional finite element analysis. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v. 28, n. 3, p. 122-7, May-Jun 2013.

YANG, T. C.; MAEDA, Y. The biomechanical effect of platform switching on external- and internal-connection implants. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v. 28, n. 1, p. 143-7, Jan-Feb 2013.