

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação será disponibilizado
somente a partir de 18/02/2027



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba

Luana Gonçalves Menechelli

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO NO TECIDO
ÓSSEO MEDIANTE AS ALTERAÇÕES DA INCLINAÇÃO DA
PAREDE INTERNA DOS IMPLANTES: ANÁLISE
FOTOELÁSTICA**

**Araçatuba - SP
2025**

Luana Gonçalves Menechelli

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO NO TECIDO
ÓSSEO MEDIANTE AS ALTERAÇÕES DA INCLINAÇÃO DA
PAREDE INTERNA DOS IMPLANTES: ANÁLISE
FOTOELÁSTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia de Araçatuba, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.
Área de Concentração: Implantodontia

Orientador: Prof. Dr. Victor Eduardo de Souza Batista.

**Araçatuba - SP
2025**

Catálogo na Publicação (CIP)

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

M541a Menechelli, Luana Gonçalves.
Análise da distribuição de tensão no tecido ósseo
mediante as alterações da inclinação da parede interna
dos implantes : análise fotoelástica / Luana Gonçalves
Menechelli. – Araçatuba, 2025
30 f. : il. ; tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araçatuba
Orientador: Prof. Victor Eduardo de Souza Batista

1. Implantes dentários 2. Prótese dentária 3. Fenô-
menos biomecânicos I. T.

Black D7
CDD 617.64

Claudio Hideo Matsumoto CRB-8/5550

Dedico este trabalho a Deus, que me fortaleceu, guiou e me concedeu sabedoria em cada passo dessa jornada. À minha família, que sempre me ofereceu apoio e encorajamento em todos os momentos. Aos meus orientadores, por compartilharem seus conhecimentos, paciência e dedicação, e por acreditarem no meu potencial. Suas orientações foram fundamentais para a realização deste trabalho. E a todos os colegas que de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo, oferecendo suporte acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao Professor Orientador Victor Eduardo de Souza Batista, pela orientação valiosa, paciência e dedicação durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua experiência, conhecimento e constante apoio foram fundamentais para a realização desta pesquisa. Agradeço por me guiar de maneira tão competente ao longo dessa jornada acadêmica.

À Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba por todo suporte e aprendizado sólido, essencial para o avanço do conhecimento em odontologia.

À Faculdade de Odontologia de Presidente Prudente, pela oportunidade de nós desfrutarmos da rede de bibliotecas, e de laboratórios, para a execução da pesquisa.

Ao técnico de laboratório da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) Bruno Carrino Suave, que com sua disposição e expertise contribuiu para a realização da pesquisa.

Às colegas Taynara Beatriz Corte e Ana Julia Perosso Granado, que sempre estiveram dispostas a compartilhar seu tempo, conhecimentos e ideias.

À Faculdade de Odontologia de Presidente Prudente (UNOESTE), pela disponibilidade do laboratório de pesquisa.

À FAPESP pelo fomento em forma de bolsa de iniciação científica (Processo 2023/07824-0) que colaborou substancialmente para a realização dessa dissertação.

A todos, muito obrigado.

**“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo,
uma vez possuído.”**

Confúcio

RESUMO

MENECHELLI, L. G. **Análise da distribuição de tensão no tecido ósseo mediante as alterações da inclinação da parede interna dos implantes: análise fotoelástica.** 2025. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2025.

O estudo teve como objetivo avaliar a distribuição de tensões no tecido ósseo em função das alterações na inclinação da parede interna de implantes dentários do tipo cone Morse, utilizando a metodologia de fotoelasticidade. A análise foi conduzida em três grupos (HE: Hexagono Externo, CM: Cone Morse, GM: Grand Morse), com modelos fotoelásticos divididos entre implantes de conexão externa (HE) e interna (CM e GM), com diferentes inclinações nas paredes internas: CM: 11,5° e Grand Morse: 16°. As próteses implantossuportadas instaladas nos modelos fotoelásticos receberam aplicação de carga de 100 N nos sentidos axial e oblíquo. A análise qualitativa foi feita pela descrição das franjas formadas no bloco fotoelástico. A análise quantitativa das tensões foi realizada utilizando a tabela preconizada pela norma ASTM D4093-95 que correlaciona as cores de franjas isocromáticas visualizadas em valores numéricos de tensão. Os resultados indicaram que o HE apresentou maior concentração de tensões na região apical, enquanto os implantes de conexão interna (CM e GM), independentemente da inclinação das paredes internas, demonstraram um padrão biomecânico semelhante, de distribuição de tensões. Constatou-se que os implantes de conexão interna (CM e GM) apresentaram um comportamento biomecânico superior quando comparados aos implantes de conexão externa, sem que a alteração na inclinação das paredes internas tenha gerado benefício biomecânicos adicionais.

Palavras-chave: implantes dentários; prótese dentária; fenômenos biomecânicos.

ABSTRACT

MENECELLI, L. G. Analysis of stress distribution in bone tissue by changes in the inclination of the internal wall of implants: photoelastic analysis. 2025. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, 2025.

The study aimed to evaluate the distribution of stresses in bone tissue as a function of changes in the inclination of the internal wall of Morse cone dental implants, using the photoelasticity methodology. The analysis was conducted in three groups (HE: External Hexagon, CM: Morse Cone, GM: Grand Morse), with photoelastic models divided between external (HE) and internal (CM and GM) connection implants, with different inclinations in the internal walls: CM: 11.5° and Grand Morse: 16°. The implant-supported prostheses installed in the photoelastic models received a load of 100 N in the axial and oblique directions. The qualitative analysis was made by describing the fringes formed in the photoelastic block. The quantitative analysis of stresses was performed using the table recommended by ASTM D4093-95, which correlates the colors of isochromatic fringes visualized in numerical stress values. The results indicated that the HE presented a higher concentration of stresses in the apical region, while the internal connection implants (CM and GM), regardless of the inclination of the internal walls, demonstrated a similar pattern of stress distribution. It was found that the internal connection implants (CM and GM) presented a superior biomechanical behavior when compared to the external connection implants, without the change in the inclination of the internal walls generating additional biomechanical benefits.

Keywords: dental implants; dental prosthesis; biomechanical phenomena.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Implantes utilizados na pesquisa. Implantes Hexágono Externo, Cone Morse, Grand Morse	14
Figura 2 – Réplica da matriz metálica em gesso	14
Figura 3 – Transferente quadrado para moldagem de implante	15
Figura 4 – Fixação do parafuso passante do transferente no análogo do implante e o conjunto posicionado no delineador com a finalidade de obter paralelismo	15
Figura 5 – Análogo posicionado na réplica de gesso e fixado com resina Duraley®	16
Figura 6 – Molde da réplica de gesso com o análogo	16
Figura 7 – Implante posicionado no molde	17
Figura 8 – Molde preenchido com resina fotoelástica	17
Figura 9 – Modelo fotoelástico finalizado	18
Figura 10 – Ordem de franjas, demonstradas pela transição de cores	20
Figura 11 – Pontos de análise predeterminados (em azul) para determinar a concentração de tensão no implante	20
Figura 12 - Análise qualitativa da distribuição de tensão nos modelos fotoelásticos frente a carregamento axial e oblíquo	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos modelos.	14
Tabela 2 – Valores de média, desvio padrão obtidos para cada modelo	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HE	Implante Hexagono Externo
CM	Implante Cone Morse
GM	Implante Grand Morse®

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODO	13
2.1 Desenho Experimental	13
2.2 Confeção dos Modelos Fotoelásticos	13
2.3 Confeção das Próteses Implantossuportadas	18
2.4 Aplicação de Carga	19
2.5 Randomização	19
2.6 Forma de Análise dos Resultados	19
3 RESULTADO	21
4 DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27
APÊNDICES	29

1 INTRODUÇÃO

Os implantes dentários são utilizados na reabilitação de elementos dentais perdidos, apresentando uma alta taxa de sucesso.^{1,2} Essa taxa é devido ao processo de osseointegração. No entanto, falhas biológicas e mecânicas podem ocorrer, como perda óssea peri-implantar, peri-implantite e sobrecarga oclusal.^{2,3} Dentre as falhas mecânicas, a sobrecarga oclusal se destaca como um fator crítico, podendo levar ao afrouxamento do parafuso de fixação ou até à reabsorção do tecido ósseo ao redor dos implantes.^{1,3}

Os implantes para reabilitação oral podem ser classificados em dois tipos principais: de conexão interna e de conexão externa.⁴ Entre os implantes de conexão externa, o implante de hexágono externo é o mais utilizado. Por outro lado, há uma tendência na utilização dos implantes de conexão interna tipo cone Morse, devido às suas vantagens biomecânicas.⁴ Estudos clínicos indicam que os implantes do tipo cone Morse apresentam um desempenho biomecânico superior em relação aos implantes de hexágono externo.^{4,5}

Nos implantes tipo Cone Morse, o sistema de retenção entre o componente protético e o implante é obtido por meio do atrito entre as paredes inclinadas da parte interna do implante.⁴ Essa área de contato pode variar conforme o fabricante e até mesmo entre diferentes modelos dentro de uma mesma marca. Por exemplo, o sistema cone Morse da Neodent apresenta uma inclinação de parede de 11,5° e diâmetro interno de 2,5 mm (Catálogo Neodent, <https://www.neodent.com.br/catalogo/>). Em contraste, o sistema Grand Morse da mesma empresa possui uma inclinação de parede de 16° e diâmetro interno de 3 mm (Catálogo Neodent, <https://www.neodent.com.br/catalogo/>). Essa diferença de geometria poderia influenciar a distribuição das tensões no tecido ósseo ao redor do implante. Entretanto, não há estudos suficientes na literatura que investiguem o impacto dessas variações geométricas na distribuição de tensão óssea.

Diversas metodologias podem ser empregadas para avaliar a distribuição de tensões em implantes, destacando-se a análise fotoelástica, a análise de elementos finitos, a análise extensiométrica e a imagem de correlação digital.^{1,3,6-9} A análise fotoelástica é uma técnica visual que permite mensurar a magnitude e direção das

forças oclusais aplicadas em modelos fotoelásticos, resultando em um padrão colorido que indica a distribuição de tensões ao redor dos implantes.^{3,9}

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a distribuição de tensões no tecido ósseo mediante as alterações na inclinação da parede interna dos implantes tipo cone Morse, utilizando a análise fotoelástica. As hipóteses do estudo foram: (1) não haveria diferença no padrão de distribuição de tensões entre implantes de conexão externa e de conexão interna; e (2) não haveria diferença na distribuição de tensões entre implantes de conexão interna com diferentes angulações das paredes internas.

5 CONCLUSÃO

Apesar das limitações metodológicas do estudo, concluiu-se que os implantes de conexão interna (CM e GM) apresentaram um comportamento biomecânico melhor em comparação aos implantes de conexão externa (HE). No entanto, a alteração na inclinação da parede interna dos implantes de conexão interna não resultou em benefício biomecânico adicional.

REFERÊNCIAS

1. Batista VES, Verri FR, Lemos CAA, Cruz RS, Oliveira HFF, Gomes JML, Pellizzer EP. Should the restoration of adjacent implants be splinted or nonsplinted? A systematic review and metaanalysis. *J Prosthet Dent*. 2019;121(1):41-51.
2. Verri FR, Batista VES, Santiago Junior JF, Almeida DAF, Pellizzer EP. Effect of crown-to-implant ratio on peri-implant stress: a finite element analysis. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2014;45:234-40.
3. Batista VES, Santiago Junior JF, Almeida DAF, Lopes LFTP, Verri FR, Pellizzer EP. The effect of offset implant configuration on bone stress distribution: a systematic review. *J Prosthodont*. 2015;24(2):93-9.
4. Lemos CAA, Verri FR, Bonfante EA, Santiago Júnior JF, Pellizzer EP. Comparison of external and internal implant-abutment connections for implant-supported prostheses: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2018;70:14-22.
5. Minatel L, Verri FR, Kudo GAH, Almeida DAF, Batista VES, Lemos CAA, Pellizzer EP, Santiago Junior JF. Effect of different types of prosthetic platforms on stress-distribution in dental implant-supported prostheses. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2017; 71:35-42.
6. Torcato LB, Pellizzer EP, Verri FR, Falcón-Antenucci RM, Batista VES, Lopes LFTP. Effect of the parafunctional occlusal loading and crown height on stress distribution. *Braz Dent J*. 2014; 25(6):554-60.
7. Pellizzer EP, Mello CC, Santiago Junior JF, Batista VES, Almeida DAF, Verri FR. Analysis of the biomechanical behavior of short implants: The photo-elasticity method. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2015; 55:187-92.
8. Peixoto RF, Macedo AP, Martinelli J, Faria ACL, Tiozzi R, Ribeiro RF, Mattos MDGC. A digital image correlation analysis of strain generated by 3-unit implant-supported fixed dental prosthesis: an in vitro study. *Implant Dent*. 2017;26(4):567-73.
9. Goiato MC, Matheus HR, Medeiros RA, Santos DM, Bitencourt SB, Pesqueira AA. A photoelastic and strain gauge comparison of two attachments for obturator prostheses. *J Prosthet Dent*. 2017;117(5):685-9.
10. Pellizzer EP, Santiago Junior JF, Villa LMR, Batista VES, Mello CC, Almeida DAF, Honrio HM. Photoelastic stress analysis of splinted and unitary implant-supported prostheses. *Appl Phys B*. 2014;117(1):235-44.
11. Pellizzer EP, Carli RI, Falcón-Antenucci RM, Verri FR, Goiato MC, Villa LMR. Photoelastic analysis of stress distribution with different implant systems. *J Oral Implantol*. 2014; 40(2):117-22.

12. Pellizzer EP, Tonella BP, Ferraço R, Falcón-Antenucci RM, Carvalho PSR, Alves-Rezende MCR. Photoelastic stress analysis in screwed and cemented implantsupported dentures with external hexagon implants. *J Craniofac Surg*. 2010;21(4):1110-3.
13. Tonella BP, Pellizzer EP, Falcón-Antenucci RM, Ferraço R, Almeida DAF. Photoelastic analysis of biomechanical behavior of single and multiple fixed partial prostheses with different prosthetic connections. *J Craniofac Surg*. 2011;22(6):2060-3.
14. Caputo AA, Standlee JP. *Biomechanics in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence;1987.
15. Teixeira FM, Claro CA, Neves AC, Rode SM, Silva-Concílio LR. Influence of loading and use of occlusal splint in implant-supported fixed prostheses. *J Craniofac Surg*. 2012;23(5):e477-80.
16. Arcas LPB, Baroudi K, Silva-Concílio LR, Claro CAA, Amaral M. Effect of different fabrication methods of occlusal devices on periradicular stress distribution: a photoelastic analysis. *J Prosthet Dent*. 2023;129(4):651-6.
17. American Society for Testing and Materials. ASTM D4093-01(2001): standard test method for photoelastic measurements of birefringence and residual strains in transparent or translucent plastic materials. West Conshohocken: ASTM International; 2001.
18. Batista VES, Verri FR, Almeida DAF, Santiago Junior JF, Lemos CAA, Pellizzer EP. Evaluation of the effect of an offset implant configuration in the posterior maxilla with external hexagon implant platform: a 3-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent*. 2017;118(3):363-71.
19. Moura MB, Loureiro KRT, Lima LB, Felippi C, Simamoto Júnior PC. Biomechanical behavior of three different types of internal tapered connections after cyclic and static loading tests: experimental in vitro. *Int J Implant Dent*. 2020;6(1):41.