

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
tese será disponibilizado somente
a partir de 07/03/2021.

Cleidiel Aparecido Araujo Lemos

*Análise biomecânica de próteses
implantossuportadas variando a conexão, o
sistema de retenção, material restaurador, tipo e o
nível do tecido ósseo. Estudo pelo método dos
elementos finitos tridimensionais*

**Araçatuba – SP
2019**

Cleidiel Aparecido Araujo Lemos

*Análise biomecânica de próteses
implantossuportadas variando a conexão, o
sistema de retenção, material restaurador, tipo e o
nível do tecido ósseo. estudo pelo método dos
elementos finitos tridimensionais*

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia do Câmpus de Araçatuba – UNESP, para a obtenção do título de Doutor em Odontologia – Área de Concentração em Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Tit. Eduardo Piza Pellizzer

Coorientador: Prof. Associado Fellippo Ramos Verri

**Araçatuba – SP
2019**

Catálogo na Publicação (CIP)

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

L557a Lemos, Cleidiel Aparecido Araujo.
Análise biomecânica de próteses implantossuportadas variando a conexão, o sistema de retenção, material restaurador, tipo e o nível do tecido ósseo : estudo pelo métodos dos elementos finitos tridimensionais / Cleidiel Aparecido Araujo Lemos. - Araçatuba, 2019
160 f. : il. ; tab.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia, Araçatuba
Orientador: Prof. Eduardo Piza Pellizzer
Coorientador: Prof. Fellippo Ramos Verri

1. Prótese dentária 2. Implantes dentários 3. Análise de elementos finitos 4. Revisão I. T.

Black D3
CDD 617.69

Claudio Hideo Matsumoto CRB-8/5550

Dados Curriculares

Cleidiel Aparecido Araujo Lemos

Nascimento	28/05/1991 – Iturama / Minas Gerais
Filiação	Umberto da Silva Lemos Neide Aparecida Araujo Lemos
2009/2013	Graduação em Odontologia Faculdade de Odontologia de Araçatuba – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
2014/2016	Curso de Pós-Graduação em Odontologia, Área de concentração Prótese Dentária, nível Mestrado, Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP.
2015/2017	Especialização em Prótese Dentária, FACSETE – Faculdade de Sete Lagoas – MG.
2016/2018	Obtenção dos créditos referentes ao Curso de Pós-Graduação em Odontologia, Área de concentração Prótese Dentária, nível Doutorado, Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP.

Dedicatória

Dedicatória

Dedicatória

À Deus e a Nossa Senhora Aparecida,

Gostaria de dedicar a conquista dessa etapa primeiramente à Deus, e também a Nossa Senhora Aparecida minha madrinha que sempre estiveram comigo no decorrer da minha vida, nas minhas orações, pensamentos, guiando minhas escolhas ao longo de toda a minha vida, e principalmente iluminando e dando forças sempre para superar os obstáculos, para que essa caminhada se tornasse cada vez mais leve. Toda essa etapa foi vencida graças a minha fé, que estará comigo sempre em todas as minhas escolhas de vida.

Aos meus pais,

Dedico essa tese ao meu pai **Umberto Silva Lemos** pelos exemplos de compromisso, responsabilidade, determinação, esforço, trabalho e coragem que observei no decorrer da minha vida. Sempre serei capaz de reconhecer todos os sacrifícios e esforços realizados, para garantir uma educação de qualidade para os seus filhos, dando oportunidade para que conseguíssemos realizar o sonho do ensino superior. As vezes tirou de si próprio para conseguir fazer de tudo para formação de seus filhos, e nunca serei capaz de esquecer o que o senhor fez para que eu pudesse alcançar minhas metas. Se eu estou aqui hoje, foi graças a seu esforço e jamais será esquecido. Te amo pai!

Dedico em especial a minha mãe **Neide Aparecida Araujo Lemos** que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Minha conselheira em momentos de desespero, por me dar forças quando achava que as coisas não iriam dar certo. Obrigada por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu não acreditava.

Dedicatória

As vezes brinco que não nos parecemos, mas eu sou uma cópia completa da sua pessoa, e me orgulho profundamente de eu ser assim, parecido com você. Sem seu apoio e seu carinho eu jamais conseguiria chegar tão longe. Obrigado por ser a base da nossa família. Eu te amo mãe!

Espero que algum dia eu possa retribuir todos os cuidados, sacrifícios e carinhos que ambos fizeram para que eu conseguisse alcançar meus sonhos. Obrigado por tudo!

Aos meus avós,

Em especial a minha avó materna **Alcídia Moreira de Araújo** por todo carinho, amor, afeto e segurança. Eu nunca esquecerei tudo o que você já fez por mim e agradeço a Deus pela oportunidade de ter uma segunda mãe. Você me ensinou o que é ser amado com todas as forças, pois a senhora se importa mais com nós do que com si mesma. Não imagino minha vida sem você. Espero um dia retribuir todos os sacrifícios que já fez por mim ao longo da minha vida. Amo você!

Ao meu avô **Manoel**, são paulino roxo e sofredor assim como eu, por toda a nossa convivência durante toda minha criação, momentos convvidos de descontração, das suas gargalhadas profundas, e pelas histórias de sempre e principalmente pelas brincadeiras que sempre fazemos com você, as vezes até nos esquecemos que é nosso avô, e quantas bobagens falamos. Te amo vô!

Dedicatória

Aos meus avós paternos **Ozorinha e Eurípedes**, por darem o início a essa grande família e por estarem sempre torcendo por mim. Apesar de não estarmos convivendo diariamente, tenho um carinho muito especial e amo todos vocês.

Ao meu irmão,

Dedico ao meu irmão **Kleber Aparecido Araujo Lemos**, por ser a pessoa que me inspirou, e serviu de motivação para que eu conseguisse chegar aonde cheguei. Graças ao seu esforço, me despertei para a importância dos estudos para que um dia eu conseguisse adentrar também em uma faculdade pública de qualidade. Não me esqueço de todos os períodos em que passamos quando criança, das brigas, dos aprendizados, dos conselhos, e por tudo que passamos juntos. Você é um grande exemplo de vida pessoal e profissional. Você é muito importante na minha vida. Eu te amo meu irmão!

À minha namorada,

Dedico também a minha namorada, **Daniele Sorgatto Faé**, por ser a pessoa que esteve comigo em todos os momentos durante minha trajetória da pós-graduação. Você foi a pessoa que acompanhou de perto as minhas tristezas nos momentos de dificuldades, as minhas felicidades nos momentos de conquistas, toda essa trajetória se tornou mais leve com a sua presença ao meu lado. No início da trajetória acadêmica, nós começamos a dividir o mesmo local,

Dedicatória

e mesmo diante de todas as brigas, dificuldades e adaptações ao longo desses anos, eu não mudaria nada do que passamos juntos, pois isso nos mostrou que a nossa relação é mais forte do que qualquer obstáculo. Você é a pessoa da qual eu pretendo passar todos os dias da minha vida, e eu nunca me esquecerei da sua importância, e de tudo o que compartilhamos juntos ao longo dessa jornada. Se isso é para mim uma vitória, ela não existiria sem você, obrigado por todo o seu apoio, e por ser essa pessoa que sempre se preocupa comigo. Obrigado por estar sempre ao meu lado. Eu te amo!

À vocês.

Dedico esta Tese.

“Se um homem não descobriu nada pelo qual
morreria, não está pronto para viver.”

Martin Luther King Jr.

Agradecimentos

Agradecimentos

Especiais

Agradecimentos Especiais

Ao meu Orientador,

Antes de mais nada, eu gostaria de agradecer imensamente ao Professor Titular **Eduardo Piza Pellizzer**, por ser o meu orientador e mentor ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. Agradeço por todo o cuidado e atenção nos ensinamentos, que sem dúvidas contribuíram para o meu engradecimento científico e acadêmico. Agradeço pela sua preocupação em fazer com eu buscasse não só o engradecimento profissional acadêmico e científico, mas também aos conselhos oferecidos que contribuíram para o meu crescimento pessoal. Eu não poderia ter tido um orientador melhor. Agradeço imensamente por todas as oportunidades que foram dadas durante o curso de pós-graduação, e espero ter correspondido à altura, pois eu sempre procurei dar o meu melhor para fazer jus ao merecimento. Agradeço acima de tudo pela nossa amizade, pois eu tenho o grande privilégio de dizer que tenho um orientador que eu considero um grande amigo. Sempre admirei nossos embates e diálogos de maneira respeitosa, falando e argumentando aquilo que penso, que foram de grande valia para a minha formação acadêmica e pessoal. Se hoje temos uma equipe forte e consolidada isso não seria possível sem um líder a altura. O senhor foi muito importante na minha formação acadêmica. Espero que algum dia eu possa alcançar todos os meus objetivos, assim como acredito que o senhor lutou para alcançar os seus. Gratidão é sentimento que define minhas palavras, e espero que esse vínculo de amizade continue com o decorrer dos anos. Muito obrigado por tudo professor!

Agradecimentos Especiais

Coorientador

Agradeço ao Professor Adjunto **Fellippo Ramos Verri**, pela amizade e convívio ao longo dessa trajetória acadêmica. Mesmo sem ter tido contato ao longo da graduação, o professor me aceitou como um coorientado no início do mestrado, e desde então procurei ser digno da sua confiança, para fazer parte desse grupo de trabalho do qual nunca me esquecerei. O senhor foi uma pessoa muito importante no meu crescimento acadêmico científico e profissional. Agradeço imensamente as oportunidades que foram oferecidas, principalmente em relação as participações dos cursos, pois sei que isso contribuiu para o meu crescimento clínico profissional que complementa nossa trajetória acadêmica. Agradeço também pela oportunidade de ser seu amigo, e por todos os momentos de descontração durante as festas, viagens, e conversas. Gostaria de ressaltar o privilégio de ter tido o senhor como coorientador, pois o desenvolvimento do meu trabalho de tese só foi possível graças ao esforço e dedicação que o senhor teve para facilitar tal desenvolvimento, e jamais esquecerei disso. Espero contar sempre com essa nossa amizade. Aproveito a oportunidade para estender os agradecimentos a sua esposa **Profa. Dra. Ana Carolina Gonçalves Verri**, pela amizade, e aceitação desses amigos loucos, nos recebendo em sua casa e tratando a todos nós desse grupo de pesquisa sempre com gentileza. Obrigado por tudo!

Agradecimentos Especiais

Grupo de Pesquisa

A doutoranda **Jéssica Marcela de Luna Gomes** (Pernambuco), agradeço pela amizade e companhia ao longo dessa trajetória do doutorado. Sua chegada foi fundamental para o fortalecimento do nosso grupo de pesquisa. Seu coração é muito bondoso e isso pode ser observado pela facilidade de amizades realizadas em tão pouco tempo aqui em Araçatuba. Você é uma pessoa que tem evoluído cada vez mais, e eu tenho certeza que conseguirá alcançar todos os objetivos pessoais e profissionais que tanto almeja. Muito obrigado pela sua amizade, conte comigo sempre que necessário.

Ao doutorando **Ronaldo Silva Cruz** (Baiano), agradeço pela amizade e companheirismo ao longo dessa trajetória. Você é uma pessoa de uma simplicidade ímpar, e hoje te considero um grande amigo e companheiro, que sempre poderá contar comigo em qualquer momento da sua vida. Você é uma pessoa muito dedicada e tenho certeza que suas qualidades e virtudes te levarão longe. Torço pelo seu crescimento. Muito obrigado por toda a amizade.

A doutoranda **Hiskell Francine Fernandes e Oliveira** (Kell) eu gostaria de agradecer também por toda a amizade, companheirismo e disponibilidade no decorrer da nossa trajetória acadêmica. Você é uma pessoa de um coração muito grande, e sempre disposta a auxiliar sempre que encontro alguma dificuldade. Você demonstrou ser uma pessoa que procura correr atrás dos seus objetivos nessa nova trajetória do doutorado, e sei que no futuro colherá grandes frutos devido a esses esforços. Desejo todo o sucesso do mundo para você. Muito obrigado pela amizade.

Agradecimentos Especiais

Aos mestrandos **João Pedro Limírio e Lurian Minatel (gêmeos)** recém chegados ao nosso grupo de pesquisa, mas que estão sendo fundamentais para dar continuidade aos trabalhos. Agradeço até então pelos poucos momentos de amizades, aprendizados, ajudas nos decorrer dos trabalhos, e as brincadeiras durante as viagens realizadas. Vocês já demonstraram que são pessoas extremamente esforçadas, e não tenho dúvida de que ambos tem um grande potencial a ser alcançado. Espero que eu possa ajudar no que me for capaz para o sucesso iminente de vocês. Contem comigo sempre!

Aos colegas de pós-graduação que hoje são professores, Prof. Dr. **Joel Ferreira Santiago Júnior** por todos os ensinamentos transmitidos, e oportunidades disponibilizadas durante minha trajetória acadêmica. Você foi muito importante na minha formação acadêmica, junto com as oportunidades que me foram dadas no decorrer dessa pós-graduação, e sempre serei grato por tudo o que fez por mim. Você é um professor exemplar, e sua dedicação te levará longe. Ao Prof. Dr. **Victor Eduardo de Souza Batista** por toda amizade e companheirismo que desenvolvemos ao longo dessa trajetória, pelas risadas, conversadas fiadas e brincadeiras, pelos conselhos, e pela grande parceria nos cursos de atualização e especialização dos quais participamos. Espero que essa amizade esse mantenha por muitos anos, posso dizer que foi muito bom trabalhar ao seu lado, e não tenho dúvidas de que você alcançará aquilo que deseja. A Profa. Dra. **Carolina Cantieri de Mello** pela amizade e sensibilidade, no decorrer da trajetória. Espero que nossa amizade perdure mesmo com a distância após a pós-graduação. Ao Prof. Dr. **Daniel Augusto de Faria Almeida** por todo o apoio transmitido durante a parte do mestrado, e pelos conselhos

Agradecimentos Especiais

importantes e orientações dadas em relação a nossa metodologia, que contribuiu para que conseguíssemos dar continuidade aos trabalhos.

Desejo a todos vocês, a manutenção do sucesso profissional que já estão obtendo, e que nossa amizade possa ser mantida com o passar do tempo. Posso dizer que tive um ótimo grupo de pesquisa, e sempre me lembrarei disso. À vocês agradeço por terem me acolhido e aceitado nesse grupo de pesquisa, que o considero uma família composta por amigos e companheiros, dos quais espero estar sempre por perto e ajudar sempre que possível. Espero que no futuro possamos compartilhar as conquistas que tivermos no decorrer dessa trajetória acadêmica. Tenho orgulho de ter entrado para esse grupo.

Aos pais da minha namorada **Cleonor Faé e Marines Sorgatto Faé**, por todo o convívio facilitado e favorecido aos longos desses anos. Por todo apoio oferecido para nós durante todo esse período, pelas viagens memoráveis, e pelos momentos de descontração quando estivemos juntos. Vocês já são considerado uma segunda família para mim, e meus sinceros agradecimentos não poderiam faltar. Estendo tais agradecimentos ao meu cunhado **Rafael Cleonor Sorgatto Faé**, e a minha cunhada **Mariane Galvane** pelo convívio facilitado, e por todo apoio que foi oferecido diretamente e/ou indiretamente durante essa trajetória acadêmica.

“Depois de algum tempo você aprende que verdadeiras amizades continuam a crescer mesmo a longas distâncias, e o que importa não é o que você tem na vida, mas quem você tem na vida.”

William Shakespeare

Agradecimientos

Agradecimientos

Agradecimentos

À **Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP**, na pessoa de seu Diretor, Prof^a Tit. Wilson Roberto Poi e de seu vice-diretor, Prof. Tit. João Eduardo Gomes Gilho pela oportunidade da realização do Curso de Doutorado em Odontologia. Agradeço a oportunidade de ter sido membro discente da Congregação, a qual foi fundamental para o meu desenvolvimento em relação à detalhes específicos e administrativos de uma instituição.

À **Fundação CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** pelo financiamento parcial desta pesquisa na modalidade de bolsa de Doutorado pelo período de 10 meses.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP**, pelo financiamento e apoio designado ao projeto de pesquisa através da concessão da bolsa de Doutorado (Processo N° 2018/24442-8) de 01 de dezembro de 2016 até o final deste processo de doutorado.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, na pessoa do **Prof. Adj. André Luiz Fraga Briso**, e em nome deste agradecer a todos os membros do conselho pela brilhante condução sempre buscando o melhor ao nosso programa. Agradecer pela oportunidade de ter participado como representante discente do conselho de pós-graduação, o qual tem contribuído para o meu crescimento pessoal. Espero que nosso programa continue sendo sempre uma referência para a área de odontologia.

Agradecimentos

Ao **Centro de Tecnologia da Informação – Renato Archer** (CTI) e ao DT3D na pessoa do Pesquisador Engenheiro Dr. Pedro Yoshito Noritomi e Daniel Takanori Kemmoku pelo apoio e assessoria durante o curso de doutorado e aos projetos em parceria com o grupo de pesquisa.

Aos docentes do curso de Pós-graduação que foram fundamentais para o meu aprendizado durante o mestrado, assim como os docentes do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese Dentária pelos ensinamentos e convivência compartilhados.

Agradeço ao Prof. Tit. **Estevão Tomomitsu Kimpara**, por ter aceito o convite. Considero o professor um grande exemplo de profissional, pois além de apresentar grande experiência em relação a parte clínica e científica, consegue conciliar todas suas atividades com a direção de uma das instituições que configura dentre as melhores faculdades de odontologia (UNESP-SJC) reconhecida nacional e internacionalmente. Sem dúvidas, isso demonstra o grande profissional que o senhor representa. É uma honra tê-lo como membro da comissão avaliadora.

Ao Prof. Tit. **Eduardo Miyashita**, agradeço também por ter aceitado o convite para compor a banca avaliadora. O professor é reconhecido no Brasil e em outros países pela sua vasta competência e compromisso clínico, sendo caracterizado por muitos profissionais como uma pessoa de grande renome no cenário odontológico, o qual eu me sinto honrado pela presença na banca. Expresso minha admiração pelo clínico que o professor representa, juntamente com a preocupação relacionada a concretude científica, visto à necessidade de ambas (clínica e ciência) caminharem lado a lado. Muito Obrigado.

Agradecimentos

Além disso, expresso meu agradecimento a ambos os professores (Prof. Estevão e Prof. Eduardo Miyashita) pela oportunidade de ter aceitado o meu nome, para ser coordenador do próximo encontro do GBRPI. Procurarei fazer o meu melhor, da mesma forma em que faço em todas as tarefas nas quais me foram atribuídas.

Ao Professor Ass. Dr. **Aldiéris Alves Pesqueira**, pela amizade e pelo exemplo como educador e pesquisador da nossa área. Quero destacar a minha admiração pelo profissional que o professor representa, o qual observo desde a primeira aula (ainda como professor substituto) ministrada para minha turma durante a graduação no ano de 2012. O professor é uma inspiração para nós pós-graduandos da prótese dentária, pois é nítido o seu comprometimento com a pesquisa estando frequentemente no departamento, mesmo diante de todos os outros compromissos relacionados a faculdade. Muito obrigado por ter aceitado o convite de fazer parte dessa comissão avaliadora.

Ao Professor Ass. Dr. **Leonardo Perez Faverani**, pela amizade, companheirismo e dedicação com a qual o professor realiza todos os tipos de trabalhos que são propostos. O professor tem um coração enorme, e isso pode ser notado por todos com quem o professor já teve contato profissional e/ou pessoal. Tive a oportunidade de como aluno de graduação acompanhar parte da pós-graduação do professor, e sempre me chamou a atenção o profissionalismo e competência com que o professor realiza seus trabalhos. Fiquei muito feliz por ter aceitado o convite, pois tenho uma consideração muito grande pelo professor, o qual considero um grande exemplo a ser seguido.

Agradecimentos

Aos professores do Departamento de Materiais Dentários e Prótese, ao Prof. Ass. Dr. Paulo Renato Junqueira Zuim, pelos ensinamentos desde a época de graduação, e pelo exemplo de profissionalismo e compromisso com seus alunos. Ao Prof. Tit. **Marcelo Coelho Goiato**, pelo direcionamento e conselhos durante as disciplinas de pós-graduação, e o considero um grande pesquisador e agradeço pelo conhecimento dividido ao longo dessa trajetória. À Profa. Ass. Dra. **Daniele Micheline dos Santos**, pelo carinho e educação com nós pós-graduandos, também a considero como um exemplo de professora e pesquisadora. Às Profas. Ass. Dra. **Karina Helga Túrcio de Carvalho e Aimeé Maria Guiotti**, agradeço pela convivência, carinho, e pelo profissionalismo de ambas para com a instituição. À Professora Ass. Dra. **Ticiane Cestari Fagundes** pela contribuição com a minha formação acadêmica desde a iniciação científica, além da confiança em mim depositada com as oportunidades de trabalho.

Aos demais professores do Departamento: **Adriana Cristina Zavanelli, Wirley Gonçalves Assunção, Débora de Barros Barbosa, Paulo Henrique dos Santos e Maria Cristina Rosifini Alves Rezende** por toda a formação e convívio por esses anos todos desde a graduação que contribuíram para o meu crescimento na área de odontologia.

Aos técnicos de laboratório, **Jander de Carvalho Inácio, Eduardo Rodrigues Cobo, Carlos Alberto Gonçalves**. Agradecimento em especial a funcionária secretária **Magda Requena Caciatore** pelos anos de amizade, companheirismo, risadas, conversas, disposição a ajudar a todos dentro do departamento. Você é uma pessoa de um grande coração, e desejo tudo de bom na sua vida.

Agradecimentos

Aos professores da Faculdade de Odontologia do Pernambuco (UPE) Profa. Dra. **Sandra Lúcia Dantas Moraes** pela amizade, cortesia e oportunidades que foram oferecidas ao longo do período de pós-graduação, pelas oportunidades com a disciplina, e principalmente por ter tido oportunidade de conhecer um projeto de extensão excepcional “Resgatando Sorrisos”. Obrigado pelas oportunidades, e pode contar comigo sempre que preciso. Estendo meus agradecimentos ao Prof. Dr. **Belmiro Cavalcanti do Egito Vasconcelos** pela amizade e oportunidade de participação em uma disciplina que integrou a FOA com a UPE que foi de grande valia para o meu aprimoramento acadêmico. E por fim aos recém professores **Bruno Casado** pela amizade, companheirismo e principalmente a hospitalidade em todos os momentos em que estive presente durante minhas visitas a Recife, bem como a **Rafaella Leão e Juliana Souto Maior** pela amizade, oportunidades e momentos que surgiram durante essa trajetória.

Meus agradecimentos aos meus amigos proporcionados durante essa etapa da pós-graduação, **Francine Benetti e Marjorie Oliveira Gallinari** duas amizades que mantive ao decorrer desses anos de pós-graduação. Duas pessoas extremamente competentes, e com um caráter ímpar e sem igual, ambas com um coração enorme e que não medem esforços para ajudar ao próximo no que for preciso. Não tenho dúvidas de que as duas chegarão longe profissionalmente, e saibam que podem sempre contar comigo para o que for preciso, pois tenho muita consideração por ambas, e as considero grandes amigas.

Agradecimentos

Aos demais amigos de pós-graduação sejam do departamento e/ou de outros departamentos, bem como os amigos de graduação, meus sinceros agradecimentos por todos os momentos compartilhados ao longo dessa trajetória.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP (**Valéria, Lilian e Cristiane**), pela atenção, orientação e cordialidade.

À empresa Conexão Sistemas de Prótese.

“A gratidão é a maior medida do caráter de uma pessoa.

Uma pessoa grata é uma pessoa fiel, não te abandona,
está sempre contigo. Nela você sempre pode confiar”

Augusto Branco

Epígrafe

*“Lute com determinação, abrace a vida com paixão,
perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo
pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser
insignificante.”*

Charles Chaplin

Resumo Geral

Resumo Geral

Resumo Geral

Lemos, CAA. Análise biomecânica de próteses implantossuportadas variando a conexão, o sistema de retenção, material restaurador, tipo e o nível do tecido ósseo. Estudo pelo métodos dos elementos finitos tridimensionais. [Tese]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2019.

Resumo

Este projeto teve como objetivo analisar as tensões geradas em próteses implantossuportadas fixa unitária variando o sistema de conexão implante/prótese, o sistema de retenção, material restaurador, tipo ósseo, e o nível de tecido ósseo ao redor do implante através do método dos elementos finitos tridimensionais, e realizar uma revisão sistemática com meta-análise sobre o tema osteoporose em relação a taxa de sobrevivência e perda óssea marginal ao redor dos implantes dentários. Em relação à metodologia experimental, foram simulados 24 modelos tridimensionais com ajuda dos programas de desenho assistido Rhinoceros 3D 4.0 (NURBS Modeling for Windows, USA) e SolidWorks 2011 (SolidWorks Corp, USA), e para confecção da porção óssea será utilizado o programa InVesalius (CTI, São Paulo, Brasil). Cada modelo representou uma secção de osso da região posterior maxilar, na forma de um bloco ósseo tipo IV (normal e osteoporótico), variando o nível de reabsorção do tecido ósseo (a nível do pescoço do implante; perda de 1,5 mm; perda de 3,0 mm; e perda de 4,5 mm) com a presença de um implante de 4,0 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento com diferentes tipos de conexão (hexágono externo e cone morse), restaurado com coroas (metalocerâmicas e/ou metal free) com diferentes sistemas de retenção (cimentada e/ou parafusada). Os desenhos tridimensionais foram exportados ao programa de pré e pós processamento FEMAP v.11.2 (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. USA) para geração da malha e aplicação de uma carga de 200N axial e 100N oblíqua (45°) simulando um carregamento nas vertentes internas de cada cúspide da coroa. A análise foi realizada no programa de elementos finitos NEiNastran 11 (Noran Engineering, Inc., EUA) e os resultados serão visualizados através de mapas de tensão von *Mises* e deslocamento para avaliação das tensões sobre os implantes/componentes e tensão máxima

principal, microdeformação e deslocamento para avaliação das tensões no tecido ósseo no tecido ósseo em cada modelo proposto no programa FEMAP v.11.2. Os resultados do capítulo 1, verificaram que a perda do tecido ósseo progressiva apresentou influência na distribuição das tensões na região do tecido ósseo, implantes e componentes. A qualidade do osso afetou apenas os valores de microdeformação, principalmente, no tecido ósseo trabeculado. Os implantes cone Morse apresentaram menores concentrações de tensões na região de tecido ósseo comparado aos implantes de hexágono externo, somente para os modelos sem perda óssea. Os implantes de hexágono externo apresentaram pior comportamento biomecânico nos implantes e parafuso de fixação, principalmente no carregamento oblíquo. Em relação ao capítulo 2 foi possível verificar que os implantes do tipo cone Morse apresentam melhor comportamento biomecânico na região de tecido ósseo cortical e parafuso de fixação em relação aos implantes de hexágono externo em relação as próteses fixas implantossuportadas parafusadas. As próteses cimentadas apresentam uma ligeira redução no tecido ósseo cortical, porém, com maior sobrecarga no parafuso de fixação dos implantes de hexágono externo. Os diferentes materiais restauradores não influenciam no comportamento biomecânico das estruturas. No capítulo 3 após a condução sistematizada das buscas, um total de cinco estudos foram incluídos para tabulação dos resultados. Após a realização da meta-análise foi observado que os implantes dentários devem ser considerados uma alternativa de tratamento viável para a reabilitação de pacientes com osteoporose, porém, cuidados clínicos são necessários aos profissionais para garantir a manutenção da estabilidade óssea periimplantar.

Palavras-chave: Prótese dentária; Implantes dentários; Análise de elementos finitos; Revisão.

Abstract

Lemos, CAA. Biomechanical analysis of implant-supported prostheses varying the connection, retention system, restorative material, type and level of bone tissue. Study by the methods of finite three-dimensional elements. [Thesis]. Araçatuba: UNESP - São Paulo State University; 2019.

Abstract

The aim of this thesis was to perform the analysis on the stress distribution for implant-supported fixed prostheses varying the implant-abutment connection system, the fixation system, restorative material, bone type, and the level of bone tissue around the dental implant using the finite element method. Furthermore, the aim was to perform a systematic review and meta-analysis about the effect of osteoporosis in terms of implants survival rate and marginal bone loss. In relation to the experimental methodology, 24 three-dimensional models were simulated with the aid of the Rhinoceros 3D 4.0 (NURBS Modeling for Windows, USA), SolidWorks 2011, and InVesalius (CTI, São Paulo, Brazil) softwares. Each model represented a bone section of the maxillary posterior area (bone type IV) (normal and osteoporotic), varying the level of bone resorption (at the level of the implant, loss of bone tissue in 1.5 mm, loss of bone tissue in 3.0 mm and loss of bone tissue in 4.5 mm). All models containing the presence of a dental implant with 4.0 mm in diameter and 10 mm in length with two different abutment-implant connection (external hexagon and Morse taper), restored with crowns (metaloceramic and/or monolithic) with different fixation system (cemented and/or screwed). The designs were exported to FEMAP v.11.2 pre-and post-processing software (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. USA) for mesh generation and loading application of 200N axial and 100N oblique (45° in the long axis of implant, suppressing lingual cusps) in the slopes each cusp of the crown. The analysis was performed in the NEiNastran 11 (Noran Engineering, Inc., USA) and the results will be imported to FEMAP 11.2 through von Mises stress maps (implants and components) and maximum principal stress and microdeformation (bone tissue). The results of chapter 1 showed that the progressive loss of the bone tissue showed an influence on the stress distribution in the bone tissue, implants and components. The quality of the bone tissue

(osteoporosis) affected only the microdeformation, mainly in the trabecular bone tissue. Morse taper implants showed lower stress concentrations in the bone tissue compared to external hexagon implants, only for models without bone loss. The external hexagon implants presented worse biomechanical behavior in the implants and screw fixation, especially in oblique loading. Regarding to chapter 2, it was possible to verify that Morse taper implants showed better biomechanical behavior area of cortical bone tissue and screw fixation compared to external hexagon implants for screwed prostheses. The cemented prostheses showed a slight reduction of stress in the cortical bone tissue; however, with greater stress in the fixation screw for the external hexagon implants. The type of restorative materials (metalc ceramic and/or monolithic) did not affect the biomechanical behavior of the structures. In chapter 3 after systematic review, a total of five studies were included for tabulation of the data. After performing the meta-analysis it was observed that dental implants should be considered as a viable treatment alternative for the rehabilitation of patients with osteoporosis; however, clinical care is necessary to guarantee the maintenance of peri-implant bone stability, due to high marginal bone loss was observed for patients with osteoporosis.

Keywords: Dental prosthesis; Dental implants; Finite element analysis; Review.

Lista e Sumário

Listas e Sumário

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1 -	Mapas de tensão máxima principal para distribuição das tensões no tecido ósseo trabeculado e cortical no carregamento axial e oblíquo.	76
Figura 2 -	Gráfico da distribuição de tensões máxima principal na região de tecido ósseo para todos os modelos analisados.	77
Figura 3 -	Mapas da distribuição de microdeformação no tecido ósseo trabeculado e cortical no carregamento axial e oblíquo.	77
Figura 4 -	Gráfico da distribuição de microdeformação na região de tecido ósseo para todos os modelos analisados.	78
Figura 5 -	Mapas da distribuição de tensão de von Mises na região de implantes e componentes no carregamento axial e oblíquo.	79
Figura 6 -	Gráfico das tensões de von Mises no parafuso de fixação para todos os modelos analisados.	79

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 1 - Mapas de tensão máxima principal para distribuição das tensões no tecido ósseo para o carregamento axial.	109
Figura 2 - Gráfico da distribuição de tensões máxima principal na região de tecido ósseo para todos os modelos analisados.	109
Figura 3 - Mapas de tensão máxima principal para distribuição das tensões no tecido ósseo para o carregamento oblíquo.	110
Figura 4 - Mapas da distribuição de microdeformação na região de tecido ósseo para o carregamento axial.	110
Figura 5 - Gráfico da distribuição de microdeformação região de tecido ósseo para todos os modelos analisados.	111
Figura 6 - Mapas da distribuição de microdeformação na região de tecido ósseo para o carregamento oblíquo.	111
Figura 7 - Mapas da distribuição de tensão de von Mises na região de implantes e componentes no carregamento axial.	112
Figura 8 - Gráfico da distribuição de tensões de von Mises na região do parafuso de fixação de todos os modelos analisados.	112
Figura 9 - Mapas da distribuição de tensão de von Mises na região de implantes e componentes no carregamento oblíquo.	113

Lista de Figuras

Lista de Figuras

Capítulo 3

- | | | |
|-------------------|---|------------|
| Figura 1 - | Fluxograma da estratégia de busca realizada na revisão sistemática. | 142 |
| Figura 2 - | Gráfico de floresta do desfecho de sobrevivência dos implantes dentários instalados em pacientes com e sem osteoporose. | 142 |
| Figura 3 - | Gráfico de floresta do desfecho de perda óssea marginal ao redor dos implantes dentários instalados em pacientes com e sem osteoporose. | 142 |

Lista de Tabelas

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Tabela 1-	Descrição dos modelos utilizados no estudo	75
Tabela 2 -	Propriedades mecânicas dos materiais	76

Capítulo 2

Tabela 1-	Descrição dos modelos utilizados no estudo	108
Tabela 2 -	Propriedades mecânicas dos materiais	108

Capítulo 3

Tabela 1-	Características dos estudos incluídos na presente revisão sistemática (n=5).	140
Tabela 2 -	Análise da qualidade do risco de viés dos estudos incluídos nesta revisão através da escala Newcastle Ottawa.	141

Lista de Abreviaturas e Siglas

Lista de Abreviaturas e Siglas

UCLA	-	Universal Castable Long Abutment
MPa	-	Mega Pascal
3D	-	Tridimensional
mm	-	Milímetros
NiCr	-	Nickel-Cromo
M	-	Modelos
PRISMA	-	Preferred Reporting Items Systematic Reviews and Meta-Analyses
PROSPERO	-	International prospective register of systematic reviews
MH	-	Mantel-Haenzel
RR	-	Relação de Risco
IV	-	Inversão de Variância
DM	-	Diferença média

Sumário

1 – INTRODUÇÃO GERAL	38
2 – CAPÍTULO 1 - Influência da perda e qualidade do tecido ósseo em implantes de conexão externa e interna. Análise biomecânica pelo método dos elementos finitos tridimensionais.	45
2.1 – RESUMO	45
2.2 – INTRODUÇÃO	47
2.3 – MATERIAL E MÉTODO	50
2.4 – RESULTADOS	54
2.5 – DISCUSSÃO	57
2.6 – CONCLUSÃO	66
2.7 – REFERÊNCIAS	67
3 – CAPÍTULO 2 - Efeito de diferentes sistemas de conexões e retenções protéticas em coroas metalocerâmicas e monolíticas. Análise pelo método dos elementos finitos tridimensionais.	81
3.1 – RESUMO	81
3.2 – INTRODUÇÃO	83
3.3 – MATERIAL E MÉTODO	86
3.4 – RESULTADOS	90
3.5 – DISCUSSÃO	93
3.6 – CONCLUSÃO	99
3.7 – REFERÊNCIAS	100
4 – CAPÍTULO 3 - Implantes dentários instalados em pacientes com osteoporose versus pacientes sem osteoporose. Uma revisão sistemática e meta-análise.	115
3.1 – RESUMO	115

3.2 – INTRODUÇÃO.....	117
3.3 – MATERIAL E MÉTODO.....	119
3.4 – RESULTADOS	124
3.5 – DISCUSSÃO.....	127
3.6 – CONCLUSÃO	132
3.7 – REFERÊNCIAS	133
ANEXO A – Normas do periódico selecionado para envio	144
ANEXO B – Referências da Introdução Geral	146

Introdução Geral

1. Introdução Geral

Os implantes osseointegráveis têm sido considerados atualmente uma opção favorável e de alta previsibilidade para a reabilitação de pacientes edêntulos totais ou parciais (Borges et al., 2011; Pennington et al., 2012). Devido à característica de osseointegração (contato íntimo da interface osso/implante) as cargas oclusais tendem a ser transferidas diretamente para o tecido ósseo (Skalak, 1983). Assim, em situações limítrofes, uma possível sobrecarga oclusal existente, ocasionada por diferentes fatores pode comprometer o tratamento reabilitador (Goodacre et al., 2003). Dentre os diferentes fatores que podem interferir para o aumento dessa sobrecarga, podemos destacar a influência das variáveis biomecânicas (Hauchard et al., 2011; Pellizzer et al., 2012).

O tipo de conexão do implante/prótese pode ser considerada uma variável importante para a sobrevida do tratamento reabilitador (Torcato et al., 2015; Zanardi et al., 2015; Almeida et al., 2014; Carvalho et al., 2014). Em relação aos diferentes sistemas de conexão utilizados, normalmente os implantes são divididos em dois grandes grupos, implantes de conexão externa e implantes de conexão interna (Tunes et al., 2015).

O exemplo clássico da conexão externa é o hexágono externo (HE), que apresenta como vantagens a reversibilidade quando comparado as conexões cônicas e compatibilidade entre diferentes marcas comerciais (Tunes et al., 2015; Maeda et al., 2006). No entanto, os implantes de conexão externa estão mais sujeitos à complicações mecânicas, principalmente na região de implante/componente, uma vez que apresentam maiores tensões de cisalhamento sobre o carregamento vertical (Asvanund et al. 2014), com

Introdução Geral

possibilidade de deformação na plataforma do implante/hexágono comprometendo a longevidade do tratamento (Gehrke et al. 2015). Outra complicação recorrente é a sobrecarga na região do parafuso de fixação (Torcato et al. 2014; Verri et al. 2014; Moraes et al. 2015) que pode levar a complicações recorrentes nesse tipo de conexão, como o afrouxamento e/ou fratura do parafuso (Aglietta et al., 2009), verificado por estudos laboratoriais (Asvanund et al., 2014; Freitas-Junior et al., 2012). Muitas vezes a falha mecânica nesse tipo de implante está ligada ao próprio design do hexágono do implante (largura e altura do hexágono) (Pellizzer et al. 2016; Gil et al. 2009).

Em relação à distribuição de tensões na região de tecido ósseo cortical alguns estudos tem relado comportamento biomecânico menos favorável para os implantes hexágono externo, possivelmente devido as maiores tensões localizadas na região da plataforma do implante que se encontra mais próxima do tecido ósseo cortical, contribuindo para o aumento das tensões nessa região (Torcato et al., 2015; Almeida et al., 2014). Entretanto, é muito comum de ser observada a perda de tecido ósseo periimplantar em implantes com essa plataforma (saucerização), pois a proximidade existente o tecido ósseo cortical e a plataforma do implante aumenta nas concentrações de tensões na região do tecido ósseo cortical.

As conexões internas surgiram com o intuito de superar algumas limitações observadas na conexão externa. A conexão interna cônica, representada pelos implantes cone Morse, tem sido utilizada com grande frequência devido as poucas complicações mecânicas e biológicas (Mangano et al., 2015). Alguns estudos têm demonstrado que estes implantes apresentam

Introdução Geral

melhor distribuição das tensões em comparação com as demais conexões (Almeida et al., 2014; Torcato et al., 2015), devido ao desenho desse tipo de conexão (Torcato et al., 2015). A conicidade interna do pilar permite melhor estabilidade, embricamento mecânico, contribuindo para a centralização das tensões no corpo do implante, e reduzindo assim as tensões na região de tecido ósseo cortical (Almeida et al., 2014; Torcato et al., 2015). Entretanto, existem estudos biomecânicos verificando que os implantes corne morse apresentam tensões similares, ou maiores tensões em comparação aos implantes de hexágono externo (Carvalho et al., 2014; Nishioka et al., 2011).

Da mesma forma, o sistema de retenção da prótese pode ser considerado outro fator de influência na longevidade das próteses sobre implantes, e muitas vezes a escolha do sistema é baseada na preferência e/ou facilidade no uso do profissional (Bonfante et al., 2015; Pellizzer et al., 2015). Alguns estudos relataram superioridade biomecânica das próteses cimentadas em comparação com as próteses parafusadas (Anchieta et al., 2015; Silva et al., 2014; Vasconcellos et al., 2014; Sotto-Maior et al., 2012; Tonella et al., 2011). Entretanto, podem ser observados na literatura estudos que não observaram diferenças entre os diferentes sistemas de retenções (Silva et al., 2015; Cicciu et al. 2014; Lee et al., 2013). Assim, a análise dos sistemas de retenção se faz necessária, procurando padronizar os mesmos componentes protéticos para ambos os sistemas de retenção, principalmente em situações clínicas complexas com o intuito de verificar qual a melhor indicação em relação ao determinado tipo de tratamento (Pellizzer et al. 2016).

Introdução Geral

O tipo do material restaurador utilizado também pode influenciar na distribuição das tensões na região de implantes/componentes (Lazari et al., 2014), bem como no tecido ósseo (Santiago Júnior et al., 2013). Atualmente, devido a busca por tratamentos estéticos, a opção de tratamento dentário pelas próteses cerâmicas livre de metal “*metal free*” tem sido considerada rotina na clínica diária para próteses convencionais (Sailer et al., 2015), bem como em próteses fixas sobre implantes (Esquivel-Upshaw et al. 2014; Karl et al., 2012), principalmente com a utilização de cerâmicas de zircônia monolíticas garantindo assim maior resistência, principalmente em região posterior (Lan et al., 2016). Entretanto, existe uma escassez de estudos que comparam biomecanicamente as próteses *metal free* monolíticas de zircônia em relaçãoas próteses metalocerâmicas, verificando as tensões incididas sobre a coroa, componentes protéticos, bem como na região de implante e tecido ósseo, o que faz necessária uma análise aprofundada a respeito dessas diferentes variáveis.

A região posterior é considerada para análises biomecânicas por apresentar maiores tensões devido ao osso de baixa densidade, e conseqüentemente maiores riscos de falhas (Kurniawan et al., 2013; Xiao et al., 2011; Misch et al., 2006). Além disso, a espessura do tecido ósseo cortical também influencia para a distribuição de tensões (Okumura et al., 2010). Assim, variáveis relacionadas ao tecido ósseo são grande importância para o estabelecimento de indicações clínicas mais precisas frente ao tratamento planejado.

A osteoporose é uma condição sistêmica caracterizada pela redução da massa/qualidade óssea aumentando a fragilidade do tecido ósseo (Høiberg et

Introdução Geral

al., 2016). Estudos relatam que uma a cada três mulheres, e um a cada seis homens sofrem algum tipo de fratura relacionada à osteoporose durante sua vida (Kanis et al., 2013). Não existe contraindicação da instalação de implantes dentários em pacientes com osteoporose (Gaetti-Jardim et al. 2011). Vários estudos tem sido relacionados com o intuito de verificar a influência da osteoporose na osseointegração e na longevidade do tratamento com implantes (Du et al., 2016; Ramalho-Ferreira et al., 2015; Li et al., 2014). Entretanto, existe um número reduzido de estudos que avaliam o comportamento biomecânico dos implantes osseointegrados em tecido ósseo com osteoporose (Xiao et al., 2013; Xiao et al., 2011). Assim, a resposta biomecânica da associação das variáveis em relação à diferentes tipos ósseos é importante para nortear o planejamento do tratamento reabilitador.

Apesar do controle de todas as variáveis sob o ponto de vista biomecânico, em algumas situações a perda óssea marginal é eminente independentemente do tipo de tratamento envolvido. Muitas vezes o processo de perda óssea marginal pode comprometer a taxa de sobrevivência dos implantes, como observado por Chrcanovic et al., 2014 que através de uma metanálise verificaram que pacientes com comprometimento periodontal apresentam maiores valores de perda óssea marginal, e conseqüentemente menores taxas de sobrevivência dos implantes, quando comparados à pacientes que não possuem histórico de doença periodontal.

Misch et al., 2008, estabeleceram que o implante apresenta sucesso quando apresenta uma perda óssea marginal < 2 mm; taxa de sobrevivência satisfatória quando esses valores se limitam a 2–4 mm; e taxa de sobrevivência

Introdução Geral

comprometida quando esses valores são > 4 mm, porém, menor que a metade do comprimento implante, pois quando a perda óssea ultrapassa a metade do comprimento do implante, este é considerado como falha.

Diante de perda óssea periimplantar, tratamentos para periimplantite têm sido desenvolvidos objetivando a preservação do implante instalado (Mahato et al., 2016; Ramanauskaite et al., 2016; Kushima et al., 2015). Entretanto, sobre o ponto de vista biomecânico, ainda não foi relatado até que nível essa perda óssea poderia influenciar significativamente a longevidade do tratamento proposto. Sabe-se que a perda da crista óssea afeta drasticamente a ancoragem biomecânica do implante, e isto pode comprometer o tratamento proposto (Leonard et al. 2009). O nível da perda coincidente com o nível mais baixo da câmara interna do parafuso de fixação foi relatado como fator significativo para a fratura do implante (Gerhke et al., 2014).

Assim, estudos para avaliação do comportamento biomecânico de implantes com diferentes níveis de tecido ósseo devem ser conduzidos (Romeed et al., 2013; Rodríguez-Ciurana et al., 2009; Kitamura et al., 2004), para o estabelecimento do melhor tipo de conexão implante/prótese e sistema de retenção, material restaurador, bem como a influência das propriedades do tecido ósseo, guiando assim o limite seguro do planejamento cirúrgico-protético em relação à essas variáveis.

Anexo B

Referências Introdução Geral

- Aglietta M, Siciliano VI, Zwahlen M, Brägger U, Pjetursson BE, Lang NP, Salvi GE. A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses with cantilever extensions after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(5):441–51.
- Almeida DAF, Pellizzer EP, Verri FR, Santiago JF Jr, de Carvalho PS. Influence of tapered and external hexagon connections on bone stresses around tilted dental implants: three-dimensional finite element method with statistical analysis. *J Periodontol.* 2014 Feb;85(2):261-9.
- Almeida EO, Freitas AC Jr, Bonfante EA, Marotta L, Silva NR, Coelho PG. Mechanical testing of implant-supported anterior crowns with different implant/abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013 Jan-Feb;28(1):103-8.
- Alvarez-Arenal A, Brizuela-Velasco A, DeLlanos-Lanchares H, Gonzalez-Gonzalez I. Should oral implants be splinted in a mandibular implant-supported fixed complete denture? A 3-dimensional-model finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2014 Sep;112(3):508-14.
- Anchieta RB, Machado LS, Hirata R, Bonfante EA, Coelho PG. Platform-Switching for Cemented Versus Screwed Fixed Dental Prostheses: Reliability and Failure Modes: An In Vitro Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015 Aug 4. doi: 10.1111/cid.12363. [Epub ahead of print]
- Anusavice KJ, Hojjatie B. Stress distribution in metal-ceramic crowns with a facial porcelain margin. *J Dent Res.* 1987;66(9):1493-8.

Anexo B

- Asvanund P. A strain gauge analysis comparing external and internal implant- abutment connections. *Implant Dent.* 2014 Apr;23(2):206-11.
- 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. *J Prosthet Dent.* 2008 Dec;100(6):422-31.
- Balik A, Karatas MO, Keskin H. Effects of different abutment connection designs on the stress distribution around five different implants: a 3-dimensional finite element analysis. *J Oral Implantol.* 2012 Sep;38 Spec No:491-6.
- Binon PP, McHugh MJ. The effect of eliminating implant/abutment rotational misfit on screw joint stability. *Int J Prosthodont* 1996; 9: 511-519.
- Bonfante EA, Almeida EO, Lorenzoni FC, Coelho PG. Effects of implant diameter and prosthesis retention system on the reliability of single crowns. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015 Jan-Feb;30(1):95-101.
- Borges T de F, Mendes FA, de Oliveira TR, Gomes VL, do Prado CJ, das Neves FD. Mandibular overdentures with immediate loading: satisfaction and quality of life. *Int J Prosthodont.* 2011;24(6):534-9.
- Bozkaya D, Muftu S, Muftu A. Evaluation of load transfer characteristics of five different implants in compact bone at different load levels by finite elementsanalysis. *J Prosthet Dent* 2004;92:523-30.
- Carvalho MA, Sotto-Maior BS, Del Bel Cury AA, Pessanha Henriques GE. Effect of platform connection and abutment material on stress distribution in single anterior implant-supported restorations: a nonlinear 3-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2014 Nov;112(5):1096-102.

Anexo B

- Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Periodontally compromised vs. periodontally healthy patients and dental implants: a systematic review and meta- analysis. *J Dent.* 2014 Dec;42(12):1509-27.
- Cicciu M, Bramanti E, Maticena G, Guglielmino E, Risitano G. FEM evaluation of cemented-retained versus screw-retained dental implant single-tooth crown prosthesis. *Int J Clin Exp Med.* 2014 Apr 15;7(4):817-25. eCollection 2014.
- Coelho PG, Bonfante EA, Silva NR, Rekow ED, Thompson VP. Laboratory simulation of Y-TZP all-ceramic crown clinical failures. *J Dent Res.* 2009 Apr;88(4):382-6.
- Du Z, Xiao Y, Hashimi S, Hamlet SM, Ivanovski S. The effects of implant topography on osseointegration under estrogen deficiency induced osteoporotic conditions: Histomorphometric, transcriptional and ultrastructural analysis. *Acta Biomater.* 2016 Jun 29. pii: S1742-7061(16)30312-9.
- Eraslan O, Sevimay M, Usumez A, Eskitascioglu G. Effects of cantilever design and material on stress distribution in fixed partial dentures – a finite element analysis. *J Oral Rehab.* 2005;32(4):273-8.
- Esquivel-Upshaw JF, Clark AE, Shuster JJ, Anusavice KJ. Randomized clinical trial of implant-supported ceramic-ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses: preliminary results. *J Prosthodont.* 2014 Feb;23(2):73-82.
- Freitas-Júnior AC, Rocha EP, Bonfante EA, Almeida EO, Anchieta RB, Martini AP, Assunção WG, Silva NR, Coelho PG. Biomechanical evaluation of internal and external hexagon platform switched implant-abutment connections:

Anexo B

An in vitro laboratory and three-dimensional finite element analysis. *Dent Mater.* 2012 Oct;28(10):e218-28.

- Frost HM. Bone's mechanostat: a 2003 update. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2003, 275:1081-1101.
- Gaetti-Jardim EC, Santiago-Junior JF, Goiato MC, Pellizzer EP, Magro-Filho O, Jardim Junior EG. Dental implants in patients with osteoporosis: a clinical reality?. *J Craniofac Surg.* 2011 May;22(3):1111-3.
- Gehrke SA, Souza Dos Santos Vianna M, Dedavid BA. Influence of bone insertion level of the implant on the fracture strength of different connection designs: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2014 Apr;18(3):715-20.
- Gehrke SA. Importance of Crown Height Ratios in Dental Implants on the Fracture Strength of Different Connection Designs: An In Vitro Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015 Aug;17(4):790-7.
- Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2001;85(6):585-98.
- Gil FJ, Aparicio C, Manero JM, Padros A. Influence of the height of the external hexagon and surface treatment on fatigue life of commercially pure titanium dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24: 583-590.
- Goiato MC, dos Santos DM, Santiago JF Jr, Moreno A, Pellizzer EP. Longevity of dental implants in type IV bone: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014 Sep;43(9):1108-16.
- Goiato MC, Filié Haddad M, Gennari Filho H, Marcelo Ribeiro Villa L, Dos Santos DM, Aldiéris AP. Dental implant fractures - aetiology, treatment and case

Anexo B

report. J Clin Diagn Res. 2014 Mar;8(3):300-4. doi: 10.7860/JCDR/2014/8074.4158. Epub 2014 Mar 15.

- Goodacre CJ, Bernal G, Runcharassaeng K, Kan JYK. Clinical complications with implants and implant prostheses. J Prosthet Dent. 2003;90(2):121-32.

- Green NT, Machtei EE, Horwitz J, Peled M (2002) Fracture of dental implants: literature review and report of a case. Implant Dent 11(2):137–143

- Guichet DL, Caputo AA, Choi H, Sorensen JA. Passivity of fit and marginal opening in screw- or cement-retained implant fixed partial denture designs. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15(2):239-46.

- Hanaoka M, Gehrke SA, Mardegan F, Gennari CR, Taschieri S, Del Fabbro M, Corbella S. Influence of implant/abutment connection on stress distribution to implant-surrounding bone: a finite element analysis. J Prosthodont. 2014 Oct;23(7):565-71. doi: 10.1111/jopr.12150. Epub 2014 Apr 18.

- Hauchard E, Fournier BP, Jacq R, Bouton A, Pierrisnard L, Naveau A. Splinting effect on posterior implants under various loading modes: a 3D finite element analysis. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2011;19(3):117-22.

- Holmgren EP, Seckinger RJ, Kilgren LM, Mante F. Evaluating parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis--a two-dimensional comparative study examining the effects of implant diameter, implant shape, and load direction. J Oral Implantol. 1998;24(2):80-8.

- Kanis JA, Borgstrom F, Compston J, Dreinhofer K, Nolte E, Jonsson L, Lems WF, McCloskey EV, Rizzoli R, Stenmark J (2013) SCOPE: a scorecard for osteoporosis in Europe. Archives of osteoporosis 8:144

Anexo B

- Karl M, Graef F, Wichmann M, Beck N. Microfractures in metal-ceramic and all-ceramic implant-supported fixed dental prostheses caused by superstructure fixation. *Dent Mater J.* 2012;31(3):338-45.
- Kitamura E, Stegaroiu R, Nomura S, Miyakawa O. Biomechanical aspects of marginal bone resorption around osseointegrated implants: considerations based on a three-dimensional finite element analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2004 Aug;15(4):401-12.
- Krennmair G, Seemann R, Schmidinger S, Ewers R, Piehslinger E. Clinical outcome of root-shaped dental implants of various diameters: 5-year results. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010 Mar-Apr;25(2):357-66.
- Kurniawan D, Nor FM, Lee HY, Lim JY. *Int J Oral Maxillofac Surg.* Finite element analysis of bone-implant biomechanics: refinement through featuring various osseointegration conditions. 2012 Sep;41(9):1090-6.
- Kushima SS, Nagasawa M, Shibli JA, Brugnera A Jr, Rodrigues JA, Cassoni A. Evaluation of Temperature and Roughness Alteration of Diode Laser Irradiation of Zirconia and Titanium for Peri-Implantitis Treatment. *Photomed Laser Surg.* 2016 May;34(5):194-9. doi: 10.1089/pho.2015.4026. Epub 2016 Apr 8.
- Lan TH, Liu PH, Chou MM, Lee HE. Fracture resistance of monolithic zirconia crowns with different occlusal thicknesses in implant prostheses. *J Prosthet Dent.* 2016 Jan;115(1):76-83.
- Lazari PC, Sotto-Maior BS, Rocha EP, de Villa Camargos G, Del Bel Cury AA. Influence of the veneer-framework interface on the mechanical behavior of

Anexo B

ceramic veneers: a nonlinear finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2014 Oct;112(4):857-63.

- Lee MY, Heo SJ, Park EJ, Park JM. Comparative study on stress distribution around internal tapered connection implants according to fit of cement- and screw-retained prostheses. *J Adv Prosthodont.* 2013 Aug;5(3):312-8.
- Lekholm U, Zarb GA. Tissue-integrated prostheses. In: Brånemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue Integrated Prostheses.* Chicago: Quintessence, 1985:199- 209.
- Lemos CA, Ferro-Alves ML, Okamoto R, Mendonça MR, Pellizzer EP. Short dental implants versus standard dental implants placed in the posterior jaws: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2016; 47:8-17. (B)
- Lemos CA, Mello CC, Dos Santos DM, Verri FR, Goiato MC, Pellizzer EP. Effects of platelet-rich plasma in association with bone grafts in maxillary sinus augmentation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016 Apr;45(4):517-25. (C)
- Lemos CAA, de Souza Batista VE, Almeida DAF, Santiago Júnior JF, Verri FR, Pellizzer EP. Evaluation of cement-retained versus screw-retained implant-supported restorations for marginal bone loss: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2016; 115(4):419-27. (A)
- Leonard G, Coelho PG, Polyzois I, Stassen L, Claffey N (2009) A study of the bone healing kinetics of plateau versus screw root design titanium dental implants. *Clinical Oral Implants Res* 20(3):232–239

Anexo B

- Li X, Li Y, Liao Y, Li J, Zhang L, Hu J. The effect of magnesium-incorporated hydroxyapatite coating on titanium implant fixation in ovariectomized rats. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Jan-Feb;29(1):196-202.
- Machado LS, Bonfante EA, Anchieta RB, Yamaguchi S, Coelho PG. Implant- abutment connection designs for anterior crowns: reliability and failure modes. *Implant Dent*. 2013 Oct;22(5):540-5.
- Maeda Y, Satoh T, Sogo M. In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant–abutment connections: a short communication. *J Oral Rehabil*. 2006;33(1):75–8.
- Mahato N, Wu X, Wang L. Management of peri-implantitis: a systematic review, 2010-2015. *Springerplus*. 2016 Feb 1;5:105. doi: 10.1186/s40064-016-1735-2. eCollection 2016.
- Mangano C, Iaculli F, Piattelli A, Mangano F. Fixed restorations supported by Morse-taper connection implants: a retrospective clinical study with 10-20 years of follow-up. *Clin Oral Implants Res* 2015; 26: 1229-1236.
- Mangano C, Mangano F, Shibli JA, Tettamanti L, Figliuzzi M, d'Avila S, Sammons RL, Piattelli A. Prospective evaluation of 2,549 Morse taper connection implants: 1- to 6-year data. *J Periodontol*. 2011 Jan;82(1):52-61.
- Misch CE, Perel ML, Wang HL, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, Steigmann M, Rebaudi A, Palti A, Pikos MA, Schwartz-Arad D, Choukroun J, Gutierrez-Perez JL, Marenzi G, Valavanis DK. Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dent*. 2008 Mar;17(1):5-15.

Anexo B

- Misch CE, Steingra J, Barboza E, Misch-Dietsh F, Cianciola LJ, Kazor C. Short dental implants in posterior partial edentulism: a multicenter retrospective 6-year case series study. *J Periodontol*. 2006 Aug;77(8):1340-7.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg*. 2010;8(5):336-41.
- Moraes SL, Pellizzer EP, Verri FR, Santiago JF Jr, Silva JV. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in retention screws of different crown- implant ratios. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2015;18(7):689-96.
- Nishioka RS, de Vasconcellos LG, de Melo Nishioka GN. Comparative strain gauge analysis of external and internal hexagon, Morse taper, and influence of straight and offset implant configuration. *Implant Dent*. 2011 Apr;20(2):e24-32.
- Okumura N, Stegaroiu R, Kitamura E, Kurokawa K, Nomura S. Influence of maxillary cortical bone thickness, implant design and implant diameter on stress around implants: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthodont Res*. 2010;54(3):133-42.
- Okumura N, Stegaroiu R, Kitamura E, Kurokawa K, Nomura S. Influence of maxillary cortical bone thickness, implant design and implant diameter on stress around implants: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthodont Res* 2010; 54: 133-142.
- Pellizzer EP, Lemos CAA, Verri FR, Batista VES. Sistemas de conexão e retenção em prótese sobre implante. In: Pellizzer EP, Kimpara ET, Miyashita E.

Anexo B

Prótese sobre implante – Baseado em evidências científicas – 1ª edição. São Paulo: Editora Napoleão, 2016: 136-159.

- Pellizzer EP, Verri FR, Falcón-Antenucci RM, Noritomi PY, Lemos CAA. Sistemas de conexão em prótese sobre implante. In: Perri PSP, Pellizzer EP. Fundamentos em implantodontia. Uma visão contemporânea - 2ª edição. São Paulo: Quintessence Editora, 2015: 171-186.
- Pellizzer EP, Verri FR, Falcón-Antenucci RM, Júnior JF, de Carvalho PS, de Moraes SL, Noritomi PY. Stress analysis in platform-switching implants: a 3-dimensional finite element study. *J Oral Implantol.* 2012;38(5):587-94.
- Pennington J, Parker S. Improving quality of life using removable and fixed implant prostheses. *Compend Contin Educ Dent.* 2012; 33(4):268-70, 272, 274-6.
- Pietrabissa R, Gionso L, Quaglini V, Di Martino E, Simion M. An in vitro study on compensation of mismatch of screw versus cement-retained implant supported fixed prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11:448-457.
- Pita MS, Anchieta RB, Barão VA, Garcia IR Jr, Pedrazzi V, Assunção WG. Prosthetic platforms in implant dentistry. *J Craniofac Surg.* 2011 Nov;22(6):2327-31.
- Polikeit A, Nolte LP, Ferguson SJ. The effect of cement augmentation on the load transfer in an osteoporotic functional spinal unit: finite-element analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003 May 15;28(10):991-6.
- Ramalho-Ferreira G, Faverani LP, Prado FB, Garcia IR Jr, Okamoto R. Raloxifene enhances peri-implant bone healing in osteoporotic rats. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015 Jun;44(6):798-805.

Anexo B

- Ramanauskaite A, Daugela P, Juodzbaly G. Treatment of peri-implantitis: Meta- analysis of findings in a systematic literature review and novel protocol proposal. *Quintessence Int.* 2016;47(5):379-93. doi: 10.3290/j.qi.a35131.
- Ramos Verri F, Santiago Junior JF, de Faria Almeida DA, de Oliveira GB, de Souza Batista VE, Marques Honório H, Noritomi PY, Pellizzer EP. 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.* 2015 Jan 2;48(1):138-45.
- Rekow ED, Harsono M, Janal M, Thompson VP, Zhang G. Factorial analysis of variables influencing stress in all-ceramic crowns. *Dent Mater.* 2006;22(2):125-32.
- Ricciardi Coppede A, de Mattos Mda G, Rodrigues RC, Ribeiro RF. Effect of repeated torque/mechanical loading cycles on two different abutment types in implants with internal tapered connections: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 624-632.
- Rocuzzo M, Aglietta M, Cordaro L. Implant loading protocols for partially edentulous maxillary posterior sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:147-57.
- Rodríguez-Ciurana X, Vela-Nebot X, Segalà-Torres M, Rodado-Alonso C, Méndez-Blanco V, Mata-Bugueroles M. Biomechanical repercussions of bone resorption related to biologic width: a finite element analysis of three implant-abutment configurations. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2009 Oct;29(5):479-87.

Anexo B

- Romeed SA, Malik R, Dunne SM. Marginal bone loss influence on the biomechanics of single implant crowns. *J Craniofac Surg*. 2013 Jul;24(4):1459-65.
- Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dent Mater*. 2015 Jun;31(6):603-23.
- Santiago JF Junior, de Souza Batista VE, Verri FR, Honório HM, de Mello CC, Almeida DA, Pellizzer EP. Platform-switching implants and bone preservation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2016 Mar;45(3):332-345.
- Santiago JF Junior, Verri FR, Almeida DA, de Souza Batista VE, Lemos CA, Pellizzer EP. Finite element analysis on influence of implant surface treatments, connection and bone types. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2016 Jun 1;63:292-300. Sertgöz A. Finite element analysis study of the effect of superstructure material on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. *Int J Prosthodont*. 1997;10(1):19-27.
- Santiago Junior JF, Pellizzer EP, Verri FR, de Carvalho PS. 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*. 2013 Dec 1;33(8):4700-14.
- Sevimay M, Turhan F, Kiliçarslan MA, Eskitascioglu G. Three-dimensional finite element analysis of the effect of different bone quality on stress distribution in an implant-supported crown. *J Prosthet Dent*. 2005;93(3):227-34.

Anexo B

- Silva GC, Cornacchia TM, de Magalhães CS, Bueno AC, Moreira AN. Biomechanical evaluation of screw- and cement-retained implant-supported prostheses: a nonlinear finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2014 Dec;112(6):1479-88.
- Silva GC, de Andrade GM, Coelho RC, Cornacchia TM, de Magalhães CS, Moreira AN. Effects of Screw- and Cement-Retained Implant-Supported Prostheses on Bone: A Nonlinear 3-D Finite Element Analysis. *Implant Dent.* 2015 Aug;24(4):464-71.
- Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *J Prosthet Dent.* 1983;49:843-8.
- Sotto-Maior BS, Senna PM, da Silva WJ, Rocha EP, Del Bel Cury AA. Influence of crown-to-implant ratio, retention system, restorative material, and occlusal loading on stress concentrations in single short implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012 May-Jun;27(3):e13-8.
- Sutter F, Weber H, Sorenson J, Belser U. The new restorative concept of the ITI dental implant system: design and engineering. *Int J Periodont Restor Dent.* 1993;13:408–431
- Tonella BP, Pellizzer EP, Ferraço R, Falcón-Antenucci RM, Carvalho PS, Goiato MC. Photoelastic analysis of cemented or screwed implant-supported prostheses with different prosthetic connections. *J Oral Implantol.* 2011;37(4):401-10.
- Torcato LB, Pellizzer EP, Verri FR, Falcón-Antenucci RM, Batista VE, Lopes LF. Effect of the parafunctional occlusal loading and crown height on stress distribution. *Braz Dent J.* 2014 Dec;25(6):554-60.

Anexo B

- Torcato LB, Pellizzer EP, Verri FR, Falcón-Antenucci RM, Santiago Júnior JF, de Faria Almeida DA. Influence of parafunctional loading and prosthetic connection on stress distribution: A 3D finite element analysis. *J Prosthet Dent*. 2015 Jul 14. pii: S0022-3913(15)00257-7.
- Tunes FSM, Coelho PG, Pegoraro LF, Hirata R, Fardin VP, Almeida ALPF, Bonfante EA. Implant-supported prostheses: Clinical implications of connection types and fixation modes. In: Rosseti PHO, Bonachela WC. 50 Years of osseointegration: reflections and perspectives. São Paulo: VM Cultural, 2015:101-111.
- Vasconcellos DK, Kojima AN, Mesquita AM, Bottino MA, Ozcan M. A microstrain comparison of passively fitting screw-retained and cemented titanium frameworks. *J Prosthet Dent*. 2014 Oct;112(4):834-8.
- Verri FR, Batista VE, Santiago JF Jr, Almeida DA, Pellizzer EP. Effect of crown- to-implant ratio on peri-implant stress: a finite element analysis. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2014 Dec;45:234-40.
- Verri FR, Santiago Júnior JF, Almeida DA, Verri AC, Batista VE, Lemos CA, Noritomi PY, Pellizzer EP. Three-Dimensional Finite Element Analysis of Anterior Single Implant-Supported Prostheses with Different Bone Anchorages. *Scientific World Journal*. 2015;2015:321528. doi: 10.1155/2015/321528. Epub 2015 Aug 13.
- Xiao JR, Kong L, Chen YX, Han XX, Li YF. Selection of optimal expansion angle and length of an expandable implant in the osteoporotic mandible: a three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013 Mar-Apr;28(2):e88-97. doi: 10.11607/jomi.2368.

Anexo B

- Xiao JR, Li YF, Guan SM, Song L, Xu LX, Kong L. The biomechanical analysis of simulating implants in function under osteoporotic jawbone by comparing cylindrical, apical tapered, neck tapered, and expandable type implants: a 3- dimensional finite element analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(7):273-81.
- Zanardi PR, Stegun RC, Sesma N, Costa B, Shibli JA, Laganá DC. Stress Distribution Around Dental Implants Placed at Different Depths. *J Craniofac Surg.* 2015 Oct;26(7):2163-6.