



FACULDADE
ILAPEO

**Comportamento Mecânico da Técnica all-on-4 Híbrido com Implantes
Zigomáticos Lisos e Implantes Extra-longos com Ancoragem Transnasal:
uma Análise de Elementos Finitos**

CURITIBA
2024

Marcio Elias Francês Brito

Comportamento Mecânico da Técnica all-on-4 Híbrido com Implantes
Zigomáticos Lisos e Implantes Extra-longos com Ancoragem Transnasal: uma
Análise de Elementos Finitos

Dissertação apresentada a Faculdade ILAPEO
como parte dos requisitos para obtenção de
título de Mestre em Odontologia com área de
concentração em Implantodontia

Orientador: Prof. Dr. Leandro Eduardo Kluppel
Co-orientador: Prof. Dr.
Erton Massamitsu Miyasawa

CURITIBA
2024

Marcio Elias Francês Brito

Comportamento Mecânico da Técnica all-on-4 Híbrido com Implantes Zigomáticos Lisos e Implantes Extra-longos com Ancoragem Transnasal: uma Análise de Elementos Finitos

Presidente da Banca Orientador: Prof. Dr. Leandro Eduardo Kluppel

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Tatiana Deliberador

Profa. Dra. Erton Massamitsu Miyasawa

Aprovada em: 18-12-2024

Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus, pela força e sabedoria que me guiaram durante toda a minha trajetória acadêmica.

Aos meus pais, por seu amor incondicional e pelos valores que me ensinaram, que foram fundamentais para alcançar meus objetivos.

À minha esposa, colega de profissão e fonte constante de inspiração, cuja motivação e apoio foram cruciais para que eu perseverasse e concluísse este mestrado.

Aos meus filhos, Mateus e Jasmine e à minha nora, Ana Carolina, que me enchem de orgulho com suas jornadas na odontologia e cujos esforços me inspiram a cada dia.

Ao meu neto, cuja presença ilumina meus dias e me recorda da importância dos legados que deixamos.

E aos meus colegas do mestrado, cuja amizade e parceria foram inestimáveis, transformando desafios em oportunidades de aprendizado e crescimento.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram de maneira significativa para a conclusão deste mestrado.

Primeiramente, agradeço aos meus professores, cuja orientação e conhecimento foram fundamentais para meu desenvolvimento acadêmico e profissional. Sua dedicação e expertise foram inspirações constantes ao longo da minha jornada.

À Instituição ILAPEO, por fornecer uma estrutura de alto nível que facilitou meu aprendizado e permitiu que eu explorasse plenamente as oportunidades de pesquisa e prática clínica. A infraestrutura de excelência e os recursos oferecidos foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

Aos meus colegas de mestrado, com quem construí uma grande amizade ao longo deste período. A colaboração, troca de conhecimento e apoio mútuo enriqueceram minha experiência, proporcionando um verdadeiro "curso à parte" que ampliou horizontes e fomentou um ambiente de crescimento intelectual e pessoal.

Finalmente, aos funcionários da ILAPEO, que com seu empenho e dedicação garantiram o pleno funcionamento das atividades da clínica. Seu trabalho incansável e comprometimento foram fundamentais para a realização de nossas atividades práticas.

A todos, meu sincero agradecimento por suas contribuições e apoio ao longo desta jornada.

Sumário

1. Artigo científico 1	7
2. Artigo científico 2	23

1. Artigo científico 1

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO.

COMPORTAMENTO MECÂNICO DA TÉCNICA ALL-ON-4 HÍBRIDO COM IMPLANTES ZIGOMÁTICOS LISOS E IMPLANTES EXTRA-LONGOS COM ANCORAGEM TRANSNASAL: UMA ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS.

Marcio Elias Francês Brito¹
Erton Massamitsu Miyasawa²
Leandro Eduardo Kluppel²

¹ DDS, MsC Student in Dentistry at Ilapeo College, Curitiba, Brazil

² DDS, MsC, PhD, Professor at Ilapeo College, Curitiba, Brazil

RESUMO

A reabilitação de pacientes com maxila severamente atrofica é um desafio e a técnica all-on-4 híbrido surge como uma alternativa para o tratamento desses pacientes. Esse estudo teve por objetivo avaliar o comportamento mecânico da reabilitação de maxila edêntula total severamente atrofica utilizando implantes zigomáticos lisos e implantes extralongos transnasal. A análise de elementos finito foi conduzida na seguinte configuração: dois implantes Zygo-S® 3.75x45 mm instalados utilizando a técnica da canaleta. Componentes Mini Pilar Cônico de 60 e 52 graus com altura gengival 1.5 mm foram posicionados nas regiões dos dentes 16 e 26 respectivamente. Dois Helix Long GM® 3.75x20 mm e Componentes Mini Pilar Cônico reto com altura gengival 1.5 mm foram instalados na região anterior utilizando a técnica transnasal. Uma barra protética foi modelada e retida por 4 parafusos com um cantiléver de 12 mm. O pico de tensões no osso, implante, componente protético e parafusos estava abaixo dos limites de resistência dos materiais. Além disso, tensões maiores foram encontradas nos implantes zigomáticos. De forma oposta, tensões maiores foram encontradas na região de rosca dos componentes protéticos associados aos implantes extra-longos. O presente estudo revelou que a reabilitação de maxilas severamente atroficas pela técnica all-on-4 híbrida utilizando dois implantes zigomáticos e dois implantes extra-longos com ancoragem transnasal é biomecanicamente favorável e confiável.

Palavras-chave: Implante transnasal; All-on-4 híbrido; Implante zigomático; Maxila severamente atrofica.

ABSTRACT (TIMES NEW ROMAN 11. NEGRITO)

The rehabilitation of patients with severely atrophic maxilla is a challenge, and the hybrid all-on-4 technique emerges as an alternative for the treatment of these patients. This study aimed to evaluate the mechanical behavior of severely atrophic edentulous maxilla rehabilitation using smooth zygomatic

implants and extra-long transnasal implants. The finite element analysis was conducted in the following configuration: two Zygoma-S® implants 3.75x45 mm placed using the slot technique. Mini Conical Abutments of 60 and 52 degrees with a gingival height of 1.5 mm were positioned in the regions of teeth 16 and 26, respectively. Two Helix Long GM® 3.75x20 mm and straight Mini Conical Abutments with a gingival height of 1.5 mm were installed in the anterior region using the transnasal technique. A prosthetic bar was modeled and retained by four screws with a 12 mm cantilever. The peak stresses in the bone, implant, prosthetic component, and screws were below the material resistance limits. Furthermore, higher stresses were found in the zygomatic implants. Conversely, higher stresses were found in the thread region of the prosthetic components associated with extra-long implants. The present study revealed that rehabilitating severely atrophic maxillas by the hybrid all-on-4 technique using two zygomatic implants and two extra-long implants with transnasal anchorage is biomechanically favorable and reliable.

Keywords: Transnasal implant; Hybrid all-on-4; Zygomatic implant; Severely atrophic maxilla.

INTRODUÇÃO

A reabilitação de maxilas severamente atróficas é um desafio devido a alterações que acontecem nesses casos, como por exemplo, pneumatização dos seios maxilares e quantidade de osso na maxila insuficiente para ancoragem de implantes convencionais(1). Procedimentos de enxertia óssea para tentar devolver volume ósseo a este paciente tem diversas desvantagens como risco de morbidade na área doadora, altos custos e longa duração do tratamento(2).

Como alternativa, diferentes técnicas vêm sendo desenvolvidas envolvendo ancoragem de implantes em estruturas anatômicas adjacentes à maxila(3). Implantes zigomáticos são utilizados há anos como alternativa aos implantes convencionais em casos de maxila atrófica. Existem diferentes técnicas de instalação de implantes zigomáticos, dentre elas a combinação de implantes zigomáticos com um a três implantes convencionais anteriormente (all-on-4 híbrido). Entretanto, na falta de disponibilidade óssea para instalação dos implantes convencionais por essa técnica, a instalação de dois implantes extra-longos com ancoragem transnasal é uma opção(4).

A análise de elementos finitos (AEF) é um método computacional para prever o comportamento mecânico de modelos através de funções matemáticas aplicadas em geometrias contendo malhas de elementos(5). Essa simulação é utilizada em diversas áreas do conhecimento e é aplicada na implantodontia há décadas. É um método confiável e que pode

fornecer entendimento para questões clínicas. Existem poucos estudos na literatura que avaliam o comportamento mecânico de implantes zigomáticos associados com implantes transnasais em maxila severamente atrófica. Desta forma, esse estudo teve por objetivo avaliar o comportamento mecânico da reabilitação de maxila edêntula total severamente atrófica utilizando implantes zigomáticos liso e implantes extralongos transnasal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Modelagem

Modelos tridimensionais (3D) da maxila, osso zigomático, implantes, componentes protéticos e superestrutura foram utilizados para avaliar a quantidade e a distribuição de tensões nos implantes e no tecido ósseo subjacente. Os modelos 3D da maxila e do osso zigomático foram desenvolvidos simulando um paciente totalmente edêntulo com reabsorção óssea severa. Esse modelo foi criado utilizando os softwares Invesalium, MeshMixer, SpaceClaim, e Autodesk Inventor. As geometrias dos implantes, componentes protéticos e parafusos foram fornecidas pelo fabricante Neodent® (Curitiba, Paraná, Brasil).

A AEF foi conduzida na seguinte configuração: dois implantes Zygo-S® 3.75x45 mm (Neodent, Curitiba, Brasil) instalados utilizando a técnica da canaleta(6). Componentes Mini Pilar Cônico de 60 e 52 graus com altura gengival 1.5 mm (Neodent, Curitiba, Brasil) foram posicionados nas regiões dos dentes 16 e 26 respectivamente. Dois Helix Long GM® 3.75x20 mm (Neodent, Curitiba, Brasil) e Componentes Mini Pilar Cônico reto com altura gengival 1.5 mm foram instalados na região anterior utilizando a técnica transnasal. Uma barra protética foi modelada com dimensões de 5 mm na região de menor altura por 7 mm de largura e retida por 4 parafusos com um cantiléver de 12 mm (Figura 1).

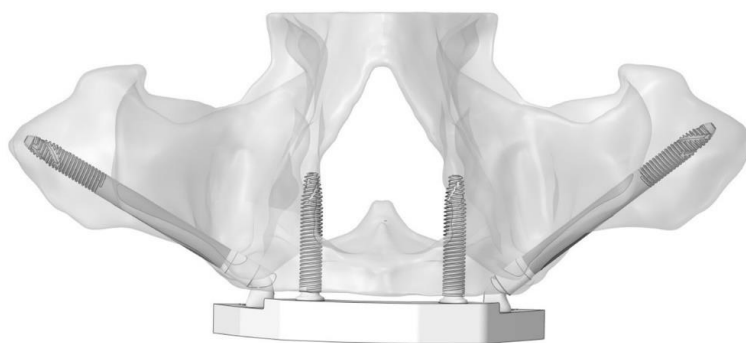


Figura 1 – Modelo tridimensional da maxilla totalmente edêndula com 2 implantes Zygoma-S[®], dois implantes Helix Long GM[®] e componentes Mini Pilar Cônico angulados.

Os modelos matemáticos foram criados dividindo modelos geométricos em elementos simples e pequenos chamadas malhas. Elementos hexaédricos foram utilizados na região do corpo do parafuso e elementos tetraédricos foram utilizados nas demais áreas do modelo. No total 1.734.873 nós e 1.121.174 elementos foram criados (Figura 2).



Figura 2 – Modelo matemático mostrando a malha gerada para a simulação.

A interface implante-osso foi considerada perfeitamente colada para simular a osseointegração completa. Para as demais interfaces foram considerados contatos do tipo atrito. As regiões mostradas na Figura 3 também foram fixadas simulando a conexão com o crânio e estabilizando o modelo durante a aplicação de força. Essa escolha restringe o movimento em todas as três direções (x, y, z) e suas correspondentes rotações.

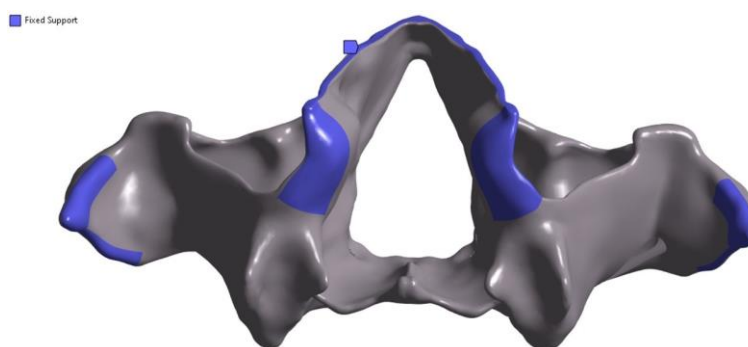


Figura 3 – Representação das áreas de fixação e restrição que estabilizam o modelo durante a aplicação de forças.

Análise de Elementos Finitos

Os modelos previamente construídos utilizando software CAD foram processados e exportados para o software para realização da análise de elementos finitos (ANSYS 2023, Workbench, Canonsburg, PA, USA). Após importação dos modelos, a condição de carregamento como mordida bilateral isométrica e a magnitude da força aplicada foi de 100N, na região de cantiléver.

Na análise de elementos finitos, três tipos de materiais foram considerados: osso tipo II, titânio grau IV para os implantes, e titânio liga Ti6Al4V-ELI para a barra metálica, componentes Mini Pilar Cônico e parafusos (Tabela 1). As propriedades mecânicas de cada componente utilizado foram definidas baseado na literatura científica e normas (Tabela 1). As propriedades mecânicas necessárias foram módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson de cada material, assumindo um comportamento mecânico isotrópico, homogêneo e linear elástico.

Tabela 1 – Propriedades dos materiais incluídos na análise de elementos finitos

Propriedades dos materiais				
Material	Módulo de elasticidade – (MPa) - Rigidez	Limite elástico (MPa)	Coefficiente de Poisson (ν)	Referências
Osso tipo II	5500	170 (compressão)	0,3	Tada et al. (2003)(7)

				Almeida et al. (2010)(8)
Titânio grau IV	110000	483 (mínimo)*	0,35	ASTM F 67 Menacho-Mendoza et al. (2022)(9)
Ti6Al4V-ELI (titânio liga)	110000	795 (mínimo)*	0,35	ASTM F 163 Zhang & Wang (2023)(10) Wang, Fu & Deng (2015)(11)

Interface

Materials	Natureza da interface	Coefficiente de atrito	Referências
Osso x implante	Colado	-	Eskitascioglu et al. (2004)(12)
Implante x componente protético x parafuso protético x barra protética	Atrito	0,2	Haack et al. (1995)(13) Lang et al. (2003)(14)

*Valores mínimos definidos em norma. Na prática, as matérias-primas usadas pelos fabricantes podem atingir valores muito maiores.

RESULTADOS

Através da metodologia dos elementos finitos é possível analisar a distribuição de tensões no tecido ósseo, implantes, componentes e parafusos. Essa distribuição é avaliada pelas tensões de von Mises.

A distribuição de tensão no tecido ósseo atingiu um pico de 31,197 MPa localizada na região de interface com o colar do Implante Zigomático associado ao Mini Pilar Cônico de 60° na posição 16 (Figuras 4A e B). A tensão máxima no tecido ósseo adjacente ao Implante Zigomático associado ao Mini Pilar Cônico de 52° na posição 26 foi de 20.959 MPa (Figura 4C). É possível observar que a tensão máxima no tecido ósseo adjacente aos implantes transnasais (9,110 MPa e 6,900 MPa) foi pelo menos 3 vezes menor do que no adjacente aos implantes zigomáticos, localizadas também na região de interface com o colar do implante (Figuras 4D e E).

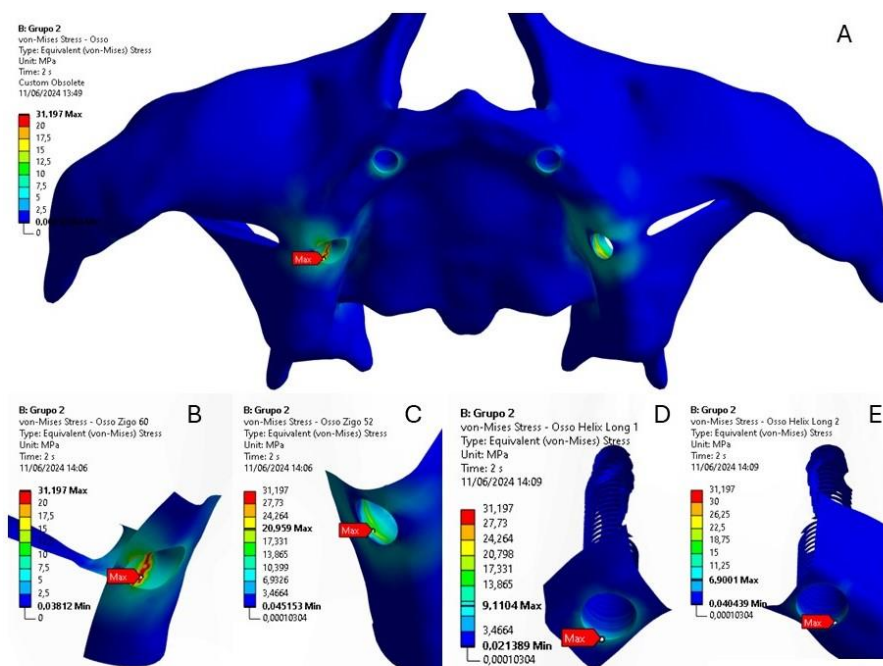


Figura 4 – Distribuição de tensões no osso cortical durante o carregamento. As áreas vermelhas significam maiores valores e as azuis, menores. A) Visão palatina da maxila; B) Visão aproximada do implante Zygoma-S associado ao Mini Pilar Cônico 60° na posição 16; C) Visão aproximada do implante Zygoma-S associado ao Mini Pilar Cônico 52° na posição 26; D) Visão aproximada do implante Helix Long na posição 13; E) Visão aproximada do implante Helix Long na posição 23.

Ao analisar a distribuição de tensões nos implantes do sistema, é possível identificar um pico máximo de tensão de 250,53 MPa localizado na região palatina do cone do Implante Zigomático associado ao Mini Pilar Cônico de 60° na posição 16 (Figuras 5A e B). O Implante Zigomático associado ao Mini Pilar Cônico de 52° na posição 26 apresentou uma tensão máxima inferior (212,48 MPa) ao outro implante zigomático e com tensão máxima na mesma região palatina do cone do implante (Figura 5C). Já as tensões máximas nos implantes transnasais foram similares de 150,78 MPa e 152,47 MPa nos implantes das regiões 13 e 23 respectivamente (Figuras 5D e E).

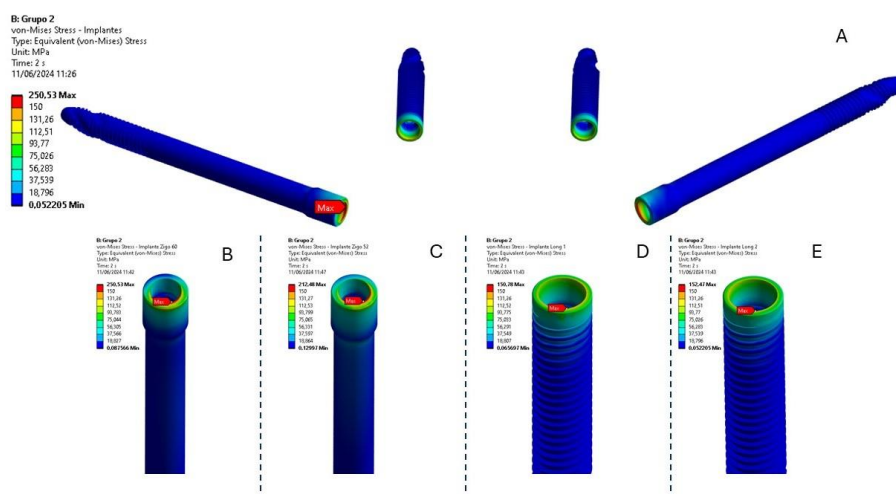


Figura 5 - Distribuição de tensões nos implantes. As áreas vermelhas significam maiores valores e as azuis, menores. A) Visão geral com todos os implantes em posição de instalação; B) Visão aproximada do implante Zygoma-S associado ao Mini Pilar Cônico 60° na posição 16; C) Visão aproximada do implante Zygoma-S associado ao Mini Pilar Cônico 52° na posição 26; D) Visão aproximada do implante Helix Long na posição 13; E) Visão aproximada do implante Helix Long na posição 23.

A tensão máxima encontrada nos componentes protéticos foi de 237,95 MPa na região da rosca do Mini Pilar Cônico reto associado ao implante transnasal na região 13 (Figuras 6A e D). Tensão similar de 228,83 MPa foi encontrada também na rosca do Mini Pilar Cônico reto associado ao implante transnasal na região 23 (Figura 6E). Com relação aos componentes protéticos associados aos implantes zigomáticos, as tensões máximas foram de 150,22 MPa e 148,34 MPa localizadas na localizadas na região do cotovelo do componente e na região do assentamento do parafuso nos Mini Pilares Cônicos de 60° e 52°, respectivamente (Figuras 6B e C).

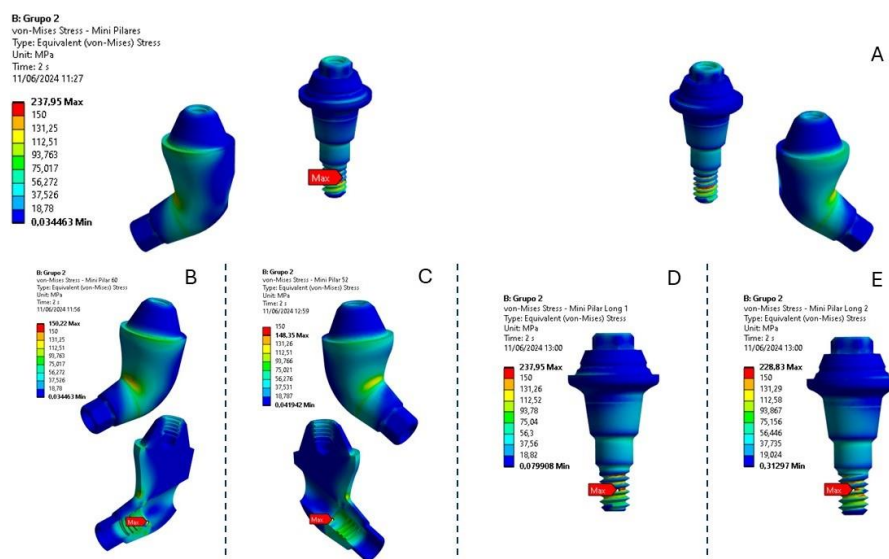


Figura 6 - Distribuição de tensões nos componentes protéticos. As áreas vermelhas significam maiores valores e as azuis, menores. A) Visão geral de todos os componentes protéticos em posição de instalação; B) Visão aproximada do Mini Pilar Cônico 60° associado ao implante Zygoma-S na posição 16; C) Visão aproximada do Mini Pilar Cônico 52° associado ao implante Zygoma-S na posição 26; D) Visão aproximada do Mini Pilar Cônico reto associado implante Helix Long na posição 13; E) Visão aproximada do Mini Pilar Cônico reto associado ao implante Helix Long na posição 23.

A distribuição de tensões nos parafusos dos Mini Pilares Cônicos angulados foi similar, sendo ligeiramente maior no parafuso do componente de 60° com tensão máxima de 129,77 MPa (Figura 7). Já com relação aos parafusos protéticos, tensões máximas foram todas na mesma região da interface entre a cabeça do parafuso e o corpo variando de 134,26 a 202,28 MPa (Figura 8).

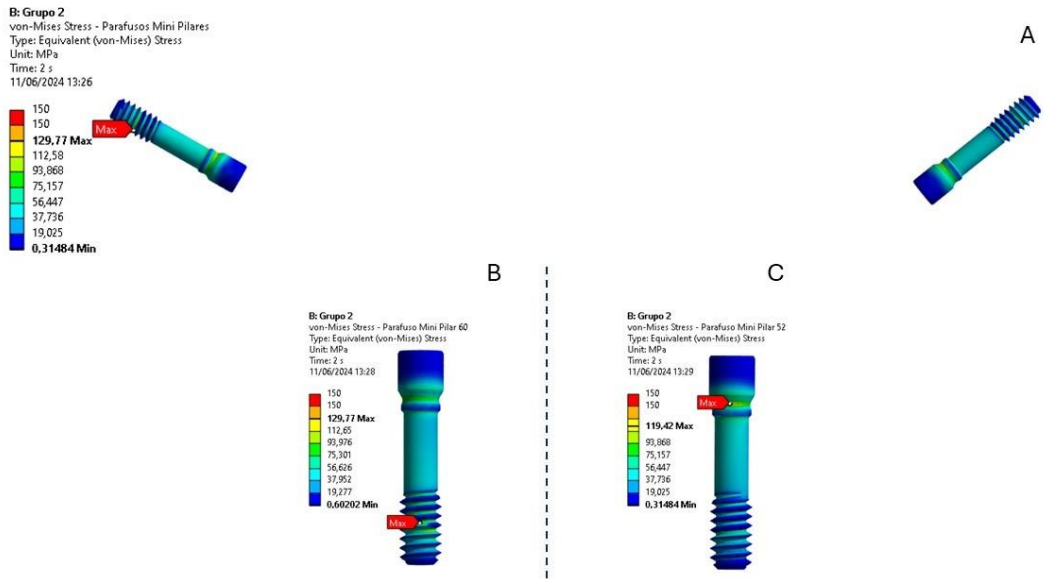


Figura 7 - Distribuição de tensões nos parafusos dos componentes protéticos angulados. As áreas vermelhas significam maiores valores e as azuis, menores. A) Visão geral de todos os parafusos dos componentes protéticos angulados em posição de instalação; B) Visão aproximada do parafuso do Mini Pilar Cônico reto associado implante Helix Long na posição 13; C) Visão aproximada do parafuso do Mini Pilar Cônico reto associado ao implante Helix Long na posição 23.

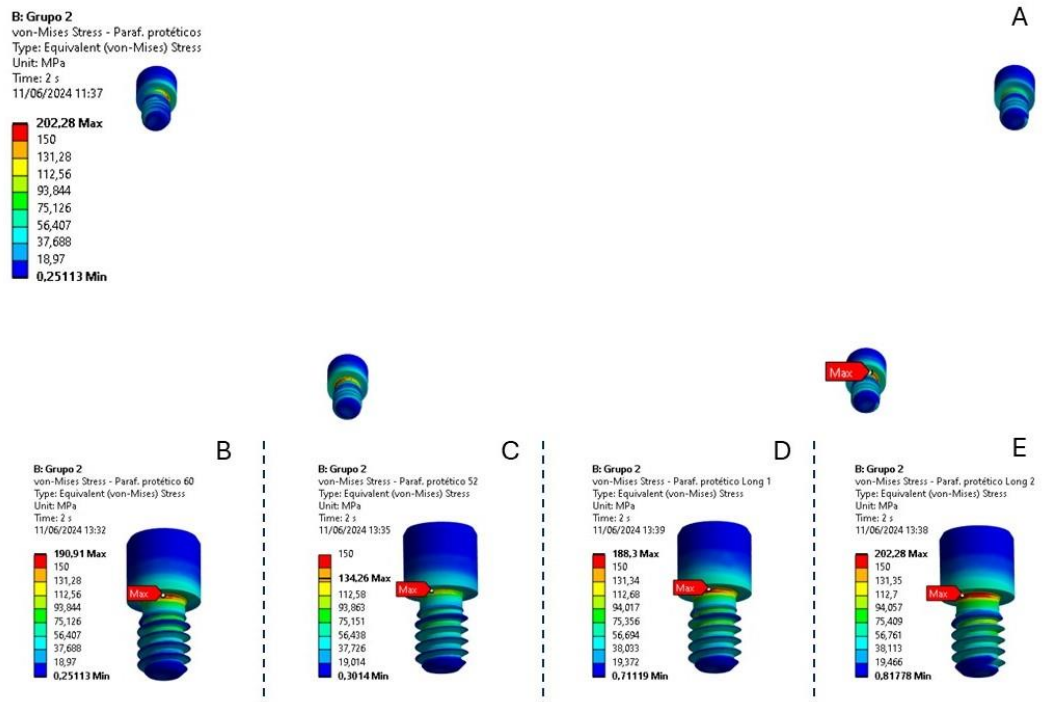


Figura 8 - Distribuição de tensões nos parafusos protéticos. As áreas vermelhas significam maiores valores e as azuis, menores. A) Visão geral com todos os parafusos protéticos em posição de instalação; B) Visão aproximada do parafuso protético associado ao implante Zygoma-S associado ao Mini Pilar Cônico 60° na posição 16; C) Visão aproximada do parafuso protético associado ao implante Zygoma-S associado ao Mini Pilar Cônico 52° na posição 26; D) Visão aproximada do parafuso protético associado ao implante Helix Long na posição 13; E) Visão aproximada do parafuso protético associado ao implante Helix Long na posição 23.

Por fim, as maiores tensões geradas na barra protética estão localizadas na região dos implantes zigomáticos, com valor máximo de 123,32 MPa (Figura 9).

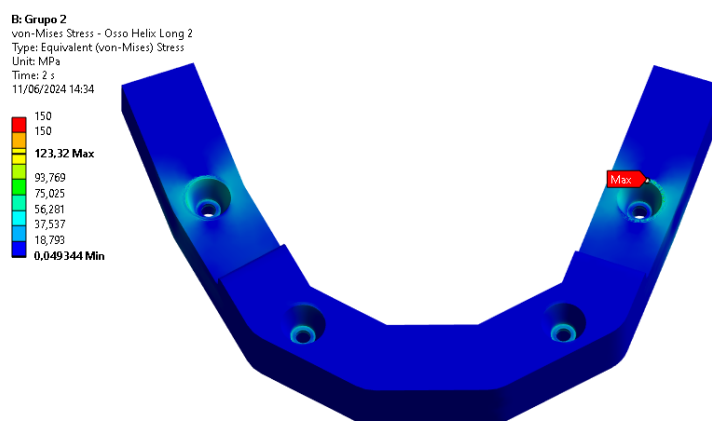


Figura 9 - Distribuição de tensões na barra protética.

Os valores máximos de von Mises em cada elemento do modelo estão descritos na Tabela 2. Maiores valores foram encontrados nos implantes zigomáticos do que nos implantes transnasais. Ao contrário é visto nos componentes protéticos, onde os componentes associados aos implantes transnasais apresentaram maiores tensões do que os componentes associados aos implantes zigomáticos.

Tabela 2 – Tabela de tensões de von Mises máxima em cada elemento do modelo.

Implante [angulação] [posição]	Tensões (Mpa)					
	Osso	Implante	Componente protético	Parafuso (componente protético)	Parafuso protético	Barra protética
Zigomático [60°] [16]	31,18	250,53	150,22	129,77	190,91	123,32
Zigomático [52°] [26]	20,96	212,48	148,35	119,42	134,26	
Helix Long [0°] [13]	9,11	150,78	237,95	-	188,30	
Helix Long [0°] [23]	6,90	152,47	228,83	-	202,28	

DISCUSSÃO

Nesse estudo avaliamos o comportamento mecânico da técnica all-on-4 híbrida associando implantes zigomáticos lisos com implantes extra-longos transnasal através da distribuição de tensões geradas pelo método de elementos finitos. A análise de elementos finitos é um método não invasivo que pode ser realizado sempre que necessário sem custo extra e rapidamente. Quando associado com dados clínicos, ajuda a confirmar a segurança e performance de diferentes técnicas de instalação de implantes dentários.

A técnica de quad-zigoma é uma alternativa para pacientes sem osso suficiente na região anterior para ser tratado pela técnica do all-on-4 híbrido com implantes convencionais. Entretanto, essa técnica é mais arriscada e exige maior experiência do operador. Desta forma, como opção, pode-se utilizar a técnica all-on-4 híbrido com implantes extra-longo com ancoragem transnasal(4).

Para facilitar o planejamento da reabilitação de maxilas atroficas, estudos dividem teoricamente a maxila em regiões para facilitar a visualização das estruturas anatômicas e uma dessas regiões é conhecida como “ponto Z”. Esse “ponto Z” é a região entre as paredes laterais do seio nasal e maxilar no nível do corneto inferior. Os implantes extra-longos podem ser ancorados nessa região desde que exista um mínimo de 3 mm de osso para a ancoragem. Além disso, é necessária uma altura mínima de osso de 4 mm entre a crista da maxila e a cavidade nasal para garantir estabilidade primária suficiente para carga imediata e deve-se evitar instalar implantes transnasais em pacientes com fossa nasal muito largas(15).

A técnica ainda não é muito difundida na literatura, mas alguns casos clínicos demonstrando a viabilidade e segurança da técnica já foram publicados. Nunes et al. (2024) tratou três pacientes com a técnica all-on-4 híbrida usando dois implantes zigomáticos e dois implantes extra-longos com ancoragem transnasal. A sobrevivência dos implantes foi de 100%. Não ocorreu nenhuma complicação biológica e somente uma coroa de acrílico fraturou em uma prótese temporária. Em outros dois relatos de caso o mesmo procedimento foi realizado sem

complicações(15,16). Um estudo de análise de elementos finitos avaliando essa técnica pode complementar o entendimento da mecânica envolvida. Diante disso, Almeida et al. (2021)(16) sugeriu a realização de estudos de análise de elementos finitos com o propósito de analisar as tensões geradas pelos implantes transnasais extralongos nos tecidos ósseos adjacentes, componentes protéticos e parafusos protéticos.

As tensões máximas encontradas em cada elemento do modelo avaliado, não excedem o limite de resistência dos materiais que é de 170 MPa para o tipo de osso estudado, 483 MPa para o titânio grau 4 e 795 MPa para titânio liga, de acordo com a tabela 1 citada anteriormente. Indicando que o sistema resiste às tensões aplicadas sobre ele.

As tensões maiores encontradas nos implantes zigomáticos podem ser explicadas pela aplicação de forças no cantiléver. Neste estudo foram aplicados 100N de força bilateralmente no cantiléver. Essa aplicação gera um movimento de alavanca que comprime os implantes posteriores (zigomáticos) e tensiona os anteriores (Helix long), desta forma, a distribuição de tensões no implante zigomático é mais expressiva. Além disso, pode ser observada uma maior distribuição de tensões na região palatina dos implantes zigomáticos. Em implantes inclinados, as forças oclusais incidem paralelamente, aumentando as tensões laterais e o momento de(17) levando a uma concentração de tensão na região palatina do implante, enquanto em implantes retos, como o transnasais, a tensões se distribuem uniformemente na região do cone do implante.

É possível observar que as tensões foram maiores nos componentes protéticos associados aos implantes transnasais. Como o braço de alavanca gerado pelo cantiveler traciona os implantes transnasais, a região da rosca do componente protético sofre maior esforço para manutenção da conexão componente-implante. Desta forma, as tensões máximas nos componentes protéticos dos implantes transnasais são mais expressivas do que as tensões dos componentes associados aos implantes zigomáticos. Já a distribuição de tensões foi similar

entre os componentes protéticos de 52 e 60° e as tensões mais elevadas localizaram-se na região do cotovelo do componente e na região do assentamento do parafuso. Essa tensão mais elevada na região do assentamento do parafuso se deve à pré-carga que estes parafusos recebem com a aplicação de torque na instalação e na região do cotovelo é devido à mudança brusca de geometria.

As limitações desse estudo são as mesmas de qualquer estudo de elementos finitos, não mimetizar 100% o que acontece na prática clínica. Os autores recomendam que estudos clínicos sejam realizados para comprovar a segurança e desempenho da técnica all-on-4 híbrido utilizando implantes zigomáticos e implantes extra-longos com ancoragem transnasal. Adicionalmente, neste estudo não foram consideradas as forças oblíquas provenientes dos movimentos laterais durante a mastigação.

CONCLUSÃO

O presente estudo revelou que a reabilitação de maxilas severamente atroficas pela técnica all-on-4 híbrida utilizando dois implantes zigomáticos e dois implantes extra-longos com ancoragem transnasal é biomecanicamente favorável e confiável. Adicionalmente, as tensões máximas encontradas em cada elemento do modelo avaliado, não excedem o limite de resistência dos materiais, indicando que o sistema resiste às tensões aplicadas sobre ele.

REFERÊNCIAS

1. Ali SA, Karthigeyan S, Deivanai M, Kumar A. Implant rehabilitation for atrophic maxilla: a review. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2014;14:196–207.
2. Andre A, Dym H. Zygomatic implants: a review of a treatment alternative for the severely atrophic maxilla. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2021;29(2):163–72.
3. Şahin O. Treatment of severely atrophic maxilla by using zygomatic, pterygoid, and transnasal implants. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2024;35(2):e145–6.

4. Nunes M, de Araújo Nobre M, Camargo V. All-on-4 Hybrid with Extra-Long Transnasal Implants: Descriptions of the Technique and Short-Term Outcomes in Three Cases. *J Clin Med*. 2024;13(11):3348.
5. Zupancic Cepic L, Frank M, Reisinger A, Pahr D, Zechner W, Schedle A. Biomechanical finite element analysis of short-implant-supported, 3-unit, fixed CAD/CAM prostheses in the posterior mandible. *Int J Implant Dent*. 2022;8(1):8.
6. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomaticus dental implants: a technical note. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2000;15(6).
7. Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, Miyakawa O, Kusakari H. Influence of implant design and bone quality on stress/strain distribution in bone around implants: a 3-dimensional finite element analysis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2003;18(3).
8. De Almeida EO, Rocha EP, Freitas Jr AC, Martin Jr M. Finite element stress analysis of edentulous mandibles with different bone types supporting multiple-implant superstructures. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2010;25(6).
9. Menacho-Mendoza E, Cedamanos-Cuenca R, Díaz-Suyo A. Stress analysis and factor of safety in three dental implant systems by finite element analysis. *Saudi Dent J*. 2022;34(7):579–84.
10. Zhang C, Wang Y. Biomechanical Analysis of Axial Gradient Porous Dental Implants: A Finite Element Analysis. *J Funct Biomater*. 2023;14(12):557.
11. Wang C, Fu G, Deng F. Difference of natural teeth and implant-supported restoration: A comparison of bone remodeling simulations. *J Dent Sci*. 2015;10(2):190–200.
12. Eskitascioglu G, Usumez A, Sevimay M, Soykan E, Unsal E. The influence of occlusal loading location on stresses transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: A three-dimensional finite element study. *J Prosthet Dent*. 2004;91(2):144–50.
13. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995;10(5):529–36.
14. Lang LA, Kang B, Wang RF, Lang BR. Finite element analysis to determine implant preload. *J Prosthet Dent*. 2003;90(6):539–46.
15. Oh S, Zelig D, Aalam AA, Kurtzman GM. Case report: utilization of Z-Point fixture “Trans-nasal” implants. *Annals of Medicine and Surgery*. 2023;85(5):1959–65.
16. Almeida PHT, Cacciaccane SH, Junior AA. Extra-long transnasal implants as alternative for Quad Zygoma: Case report. *Annals of Medicine and Surgery*. 2021;68:102635.

17. Duan Y, Chandran R, Cherry D. Influence of Alveolar Bone Defects on the Stress Distribution in Quad Zygomatic Implant–Supported Maxillary Prosthesis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2018;33(3).

2. Artigo científico 2

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO.

PROPOSTA DE FLUXO DIGITAL PARA DIAGNÓSTICO PROTÉTICO E INSTALAÇÃO GUIADA DE IMPLANTES EM MAXILA

Marcio Elias Francês Brito¹
Ivete Aparecida de Mattias Sartori²
Tatiana Miranda Deliberador²
Leandro Eduardo Kluppel²

¹ DDS, MsC Student in Dentistry at Ilapeo College, Curitiba, Brazil

² DDS, MsC, PhD, Professor at Ilapeo College, Curitiba, Brazil

RESUMO

Este relato de caso tem como objetivo descrever um caso clínico de um paciente de 50 anos com perda da dimensão vertical de oclusão, redução do volume labial e comprometimento da fonética, no qual foi realizada a reabilitação maxilar utilizando o fluxo digital para diagnóstico protético e instalação guiada de implantes em maxila. Para tanto foram utilizados como meios de diagnóstico e planejamento radiografia periapical e tomografia. Um JIG foi confeccionado para observação da face e do lábio da paciente em repouso e oclusão. Foi realizado o escaneamento para registro de mordida seguido do enceramento virtual. Foi realizada a prova do enceramento com a aprovação de todos os envolvidos. Em seguida, a partir de um planejamento virtual foram instalados seis implantes Grand Morse Helix Acqua na maxila (Neodent, Curitiba, Brasil) de forma guiada. A prótese foi instalada após 2 dias do procedimento cirúrgico. Como consideração final pode-se afirmar que essa sinergia entre tecnologias digitais e métodos analógicos é crucial na otimização do diagnóstico protético e execução de reabilitações orais complexas de arco total, destacando a importância do JIG extenso em resina acrílica e do uso do template overlay e demais ferramentas do fluxo de trabalho digital para aprimorar a precisão e eficácia do tratamento.

Palavras-chave: Dimensão vertical de oclusão; Planejamento virtual; Planejamento protético.

ABSTRACT

This case report aims to describe a clinical case of a 50-year-old patient with loss of vertical occlusion dimension, reduced lip volume, and impaired phonetics. In this patient, maxillary rehabilitation was performed using digital flow for prosthetic diagnosis and guided placement of implants in the maxilla. Periapical radiography and tomography were used as diagnostic and planning tools. A JIG was prepared to observe the patient's face and lip at rest and occlusion. Scanning was performed to record the bite, followed by virtual waxing. The waxing test was performed with the approval of all involved parties. Then, based on virtual planning, six Grand Morse Helix Acqua implants (Neodent, Curitiba, Brazil) were placed in the maxilla in a guided manner. The prosthesis was installed 2 days after the surgical procedure. As a final consideration, it can be stated that this synergy between digital technologies and analog methods is crucial in optimizing prosthetic diagnosis and executing complex full-arch oral rehabilitations, highlighting the importance of the extensive JIG in acrylic resin and the use of the

overlay template and other digital workflow tools to improve the precision and effectiveness of the treatment.

Keywords: Vertical occlusion dimension; Virtual planning; Prosthetic planning.

INTRODUÇÃO

A odontologia contemporânea tem sido profundamente transformada pela integração de tecnologias digitais, que têm revolucionado o diagnóstico, planejamento e execução de tratamentos restauradores, especialmente no campo dos implantes dentários(1,2). Os implantes representam uma solução robusta para a reabilitação do edentulismo, restaurando a função mastigatória e a estética, no entanto, para que atinjam esses objetivos necessitam serem bem instalados.

A evolução dos materiais dentários e a adoção da tecnologia CAD/CAM desempenham um papel crucial no diagnóstico e personalização das próteses(3,4). Essas inovações otimizam as propriedades mecânicas e estéticas das próteses, atendendo às necessidades específicas de cada paciente. Em particular, a manufatura aditiva, ou impressão 3D, tem permitido a criação de próteses personalizadas com precisão sem precedentes(5), melhorando a eficácia do tratamento.

O uso de todo arsenal disponível mostra-se benéfico principalmente em casos complexos, onde a perda da dimensão vertical de oclusão (DVO) e alterações estéticas e fonéticas são prevalentes(6,7). Nestes casos, é crucial um planejamento clínico meticuloso para restaurar a harmonia facial e a eficiência mastigatória. A possibilidade de imprimir o encerramento virtual traz uma novidade em termos de teste clínico(8).

O objetivo deste relato é descrever o passo a passo aplicado utilizando o fluxo digital para diagnóstico protético e instalação guiada de implantes em maxila.

RELATO DE CASOS

Paciente de 50 anos apresentou-se à Faculdade ILAPEO com o objetivo de melhorar sua função mastigatória e a estética do sorriso. A avaliação inicial de saúde geral da paciente não indicou contraindicações sistêmicas para o tratamento odontológico proposto. Exames de imagem incluindo radiografia panorâmica (Figura 1) e tomografia computadorizada foram realizados para um diagnóstico preciso e planejamento detalhado.



Figura 1 – Radiografia panorâmica inicial

O exame clínico revelou que a paciente utilizava uma prótese parcial removível (PPR) superior, a qual se encontrava em condições desfavoráveis devido à perda de coroas em elementos dentais específicos. Estes elementos haviam sido incorporados à PPR como uma solução temporária por questões estéticas. Além disso, foi observada a perda da DVO, redução do volume labial e comprometimento da fonética (Figura 2).

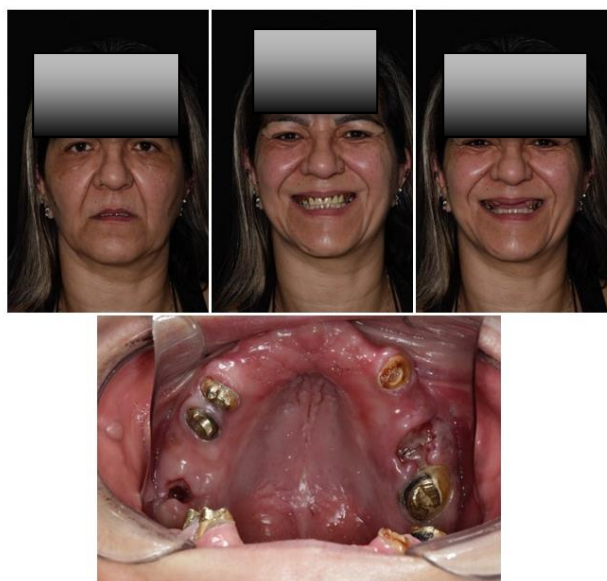


Figura 2 – Visão extra e intraoral inicial.

Com base na avaliação clínica e nos exames de imagem, propôs-se um plano de tratamento para o restabelecimento da DVO e a melhoria funcional e estética. O plano incluiu a utilização de fluxos de trabalho digitais com objetivo de diagnóstico. Para diagnóstico clínico foi confeccionado um JIG funcional estético em resina acrílica apoiado nos dentes e remanescentes presentes na maxila. Após a confecção dos apoios em dentes, foi estabelecida a DVO pretendida nessas regiões dos apoios. Após a confirmação do espaço funcional livre (EFL), foi confeccionada a parte anterior, como se fosse um ajuste de plano de cera. Foi determinado o comprimento relacionado ao lábio superior, o suporte labial e a curvatura incisal estando a oclusão nos apoios já determinado. Na avaliação clínica esse JIG permitiu avaliar o ganho de volume labial e definir o nível de exposição dos dentes (Figura 3).



Figura 3 – JIG instalado na paciente para definição do ganho de volumelabial e nível de exposição dos dentes.

Com o JIG em posição, foram realizadas observações da face e do lábio da paciente em repouso e em oclusão (Figura 4), evidenciando a recuperação dos aspectos harmônicos desejados. O escaneamento intraoral foi conduzido utilizando o escâner Virtuo Vivo (Straumann, Basel, Suíça), seguindo a sequência determinada, primeiramente a maxila com o JIG (pré-tratamento), seguida pela mandíbula, o registro de mordida e, por fim, a maxila sem o JIG.

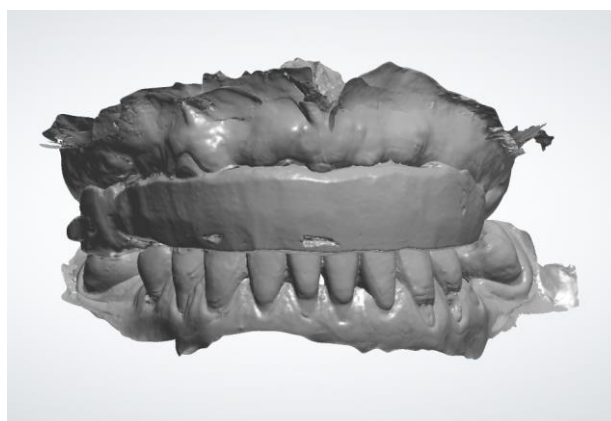


Figura 4 – Escaneamento intraoral com o JIG em repouso e oclusão.

O stl do escaneamento em oclusão foi alinhado à fotografia frontal do paciente em oclusão sorrindo com o JIG em posição. Isso permitiu a montagem virtual dos dentes seguindo as informações contidas no JIG utilizando o software Exocad (Exocad GmbH, Darmstadt, Alemanha). O enceramento virtual foi apresentado à equipe clínica e paciente (Figura 5). Após a aprovação, os dados do enceramento foram enviados à impressora para produção do template overlay. Na segunda consulta foi possível instalar esse template em boca (Figura 6), recebendo a aprovação de todos os envolvidos.

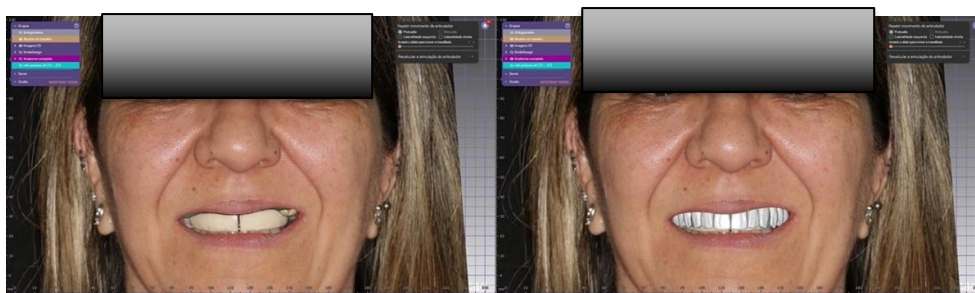


Figura 5 – Enceramento virtual apresentado à paciente.



Figura 6 – Prova do enceramento.

O enceramento aprovado foi encaminhado ao “digital planner” a fim de produzir o planejamento para cirurgia guiada e confecção do guia cirúrgico. Esse foi alinhado ao arquivo Dicom da tomografia. A instalação virtual dos implantes foi realizada utilizando o software coDiagnostiX (Dental Wings GmbH, Chemnitz, Alemanha). Foram planejados a instalação de 06 implantes Helix GM (Neodent, Curitiba, Brasil), quatro implantes 3.5x13 mm nas regiões 11, 13, 21 e 23 e dois implantes 4.0x8 mm nas regiões 15 e 25 (Figura 7). Após aprovação do projeto foi idealizado o guia cirúrgico.

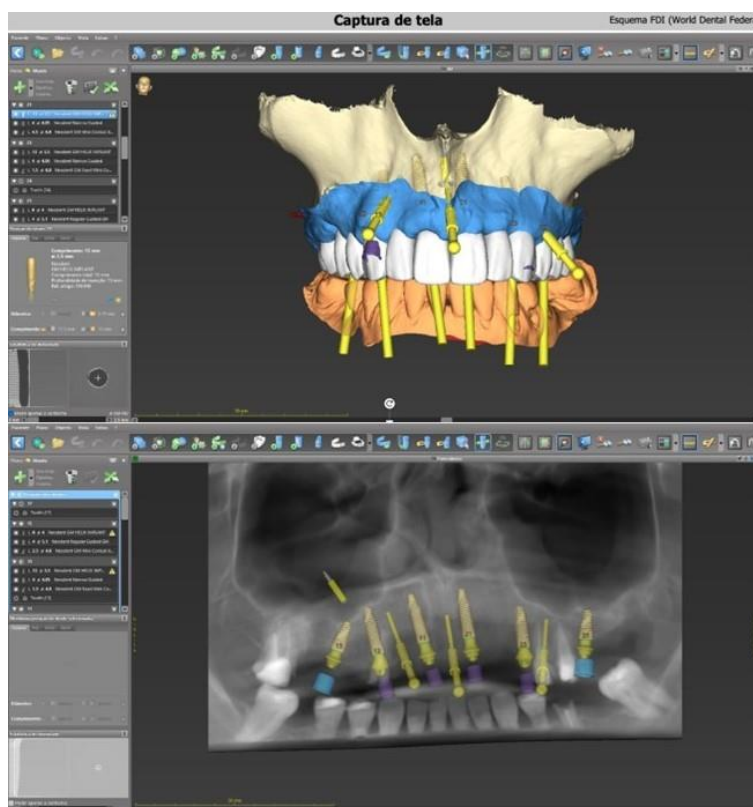


Figura 7 – Planejamento virtual com a instalação de seis implantes Helix GM.

Para o procedimento cirúrgico, após a antissepsia intra e extrabucal, anestesia local infiltrativa e bloqueio infraorbitário, foi verificada a adaptação do guia no rebordo e fixado com parafusos estabilizadores. Os seis implantes foram instalados de acordo com o planejamento e recomendação do fabricante. Todos apresentaram torque de inserção igual ou superior a 45 N.cm, o que permitiu a adoção da técnica de carga imediata. Após a instalação dos implantes e remoção do guia cirúrgico, foi feita uma incisão na região dos dentes 16, 17, 13, 23, 24 e 27 e rebatido retalho de espessura total para extração dos dentes remanescentes e regularização óssea com alveolótomo.

Foi feita a seleção e instalação dos intermediários seguida da sutura com pontos simples utilizando fio de nylon 5.0. Para moldagem e registro foi utilizado o guia multifuncional. O modelo foi obtido, escaneado no laboratório (Dlabdigital, Curitiba, Brasil) com escâner de bancada (3-shape série E, 3-shape, Dinamarca) e o arquivo alinhado com o stl do enceramento virtual prévio. Assim pôde ser produzida uma prótese provisória fresada em PMMA com

reforço metálico. A prótese foi instalada após 2 dias do procedimento cirúrgico (Figura 8). A paciente ficou satisfeita com a estética e vem sendo acompanhada no período de osseointegração. A oclusão foi conferida e, quando necessário, refinamentos de pontos de contato oclusal foram estabelecidos assim como conferência das guias de desocclusão. Após o período de osseointegração será realizada a reabilitação protética em cerâmica monolítica.



Figura 8 – Visão intra e extraoral do prótese instalada.

DISCUSSÃO

A integração de tecnologias digitais no planejamento e execução de reabilitações orais tem se mostrado uma abordagem promissora na odontologia moderna. O presente relato de caso ilustra como a aplicação de fluxos de trabalho digitais e analógicos podem ser eficientes na resolução de casos complexos, como a perda da dimensão vertical de oclusão (DVO), alterações estéticas e fonéticas. A utilização de um JIG extenso em resina acrílica para restabelecer a DVO e avaliar o ganho de volume labial, seguido pelo uso de um escâner intraoral e software de planejamento implantar, exemplifica a sinergia entre tecnologia e prática clínica para alcançar resultados otimizados com redução do número de atendimentos(3,4).

A importância do JIG no processo de diagnóstico e planejamento protético em reabilitação oral não pode ser subestimada. Este dispositivo não só facilita a determinação

precisa da dimensão vertical de oclusão, mas também permite uma avaliação visual e funcional do ganho de volume labial e da exposição dentária desejada. A ideia é uma adaptação da técnica descrita em pacientes dentados(7), há muito tempo utilizada na reabilitação oral. A experiência coletada na resolução deste caso clínico pode confirmar a importância mencionada para esse dispositivo (ferramenta essencial na comunicação entre o cirurgião-dentista, o laboratório de prótese e o paciente). O uso que era analógico agora pode ser adaptado ao digital com o advento dos escâneres.

A ideia de imprimir o enceramento ao invés de imprimir o modelo, confeccionar matriz e transferir o enceramento para a boca através de resinas bisacrílicas é uma prática nova, recentemente descrita(8). As vantagens colocadas como melhor visualização, uso clínico facilitado, possibilidade de ajustes e validações visuais puderam ser confirmadas neste caso clínico. Este aspecto pareceu crucial para garantir que as expectativas estéticas e funcionais do paciente fossem plenamente atendidas. Também é interessante salientar que a técnica descrita(8), demonstrou a eficácia do template overlay como ferramenta no planejamento de reabilitações orais complexas, como era o caso relatado.

A reabilitação oral com implantes dentários aqui descrita não apenas atendeu às expectativas funcionais e estéticas da paciente, mas também contribuiu para uma melhoria na sua qualidade de vida. Este caso reforça a ideia de que a integração de tecnologias digitais no planejamento e execução de reabilitações orais complexas é não apenas viável, mas também desejável para alcançar resultados superiores. A inclusão do JIG como parte integrante deste processo destaca sua relevância não apenas como ferramenta de diagnóstico, mas também como componente crítico na otimização da interface entre a odontologia tradicional e as soluções digitais avançadas, garantindo assim uma abordagem holística e centrada no paciente para a reabilitação oral.

CONCLUSÃO

Este relato de caso ilustra a sinergia crucial entre tecnologias digitais e métodos analógicos na otimização do diagnóstico protético e execução de reabilitações orais complexas de arco total, destacando a importância do JIG extenso em resina acrílica e do uso do template overlay e demais ferramentas do fluxo de trabalho digital para aprimorar a precisão e eficácia do tratamento.

REFERÊNCIAS

1. Michelinakis G, Apostolakis D, Kamposiora P, Papavasiliou G, Özcan M. The direct digital workflow in fixed implant prosthodontics: a narrative review. *BMC Oral Health*. 2021;21:1–24.
2. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental materials*. 2012;28(1):3–12.
3. Joda T, Brägger U. Complete digital workflow for the production of implant-supported single-unit monolithic crowns. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(11):1304–6.
4. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J*. 2011;56:97–106.
5. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental materials*. 2012;28(1):3–12.
6. Yadfout A, El Aoud J, Merzouk N, Slaoui Hasnaoui J. Increasing Vertical Dimension of Occlusion (VDO). *Clin Cosmet Investig Dent*. 2024;135–42.
7. Flavio A. THE ESTHETIC JIG: An Original Dental Appliance for Esthetic Rehabilitation of Occlusal Vertical Dimension. *Journal of Cosmetic Dentistry*. 2019;34(4).
8. Azpiazu-Flores FX, Lee DJ, Jurado CA, Nurrohman H. 3D-printed overlay template for diagnosis and planning complete arch implant prostheses. In: *Healthcare*. MDPI; 2023. p. 1062.