



Sidnei Antonio Moro

**Influência do volume do corpo do osso zigomático na ancoragem apical
durante o planejamento virtual de cirurgias de zigomático duplo**

CURITIBA
2025

Sidnei Antonio Moro

Influência do volume do corpo do osso zigomático na ancoragem apical durante
o planejamento virtual de cirurgias de zigomático duplo

Tese apresentada a Faculdade ILAPEO como parte
dos requisitos para obtenção de título de Doutor em
Odontologia

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Gasparini Kiatake
Fontão

CURITIBA
2025

Sidnei Antonio Moro

Influência do volume do corpo do osso na ancoragem apical durante o planejamento virtual de cirurgias de zigomático duplo

Presidente da Banca Orientadora: Profa. Dra. Flávia Gasparini Kiatake Fontão

BANCA EXAMINADORA

Profa Dra Eloana Thomé Marinoni,
Profa Dra Marcela Claudino da Silva Nardino,
Prof Dr Leandro Eduardo Kluppel
Prof Dr Luis Eduardo Marques Padovan

Aprovada em: 23-07-2025

Dedicatória

A Deus, por me guiar com sabedoria, conceder saúde, perseverança e iluminar meus passos ao longo de toda esta jornada.

À minha esposa, Daniela, pelo amor, compreensão e paciência inabaláveis. Obrigado por caminhar ao meu lado, mesmo nos momentos mais desafiadores, e por ser meu alicerce em todas as fases deste percurso.

Aos meus filhos, Pedro e Júlia, minha fonte inesgotável de inspiração, por me lembrarem todos os dias do verdadeiro significado de persistir com amor e propósito.

Agradecimentos

A Deus, por ser meu sustento em todos os momentos, pela força nas dificuldades, pela luz nos caminhos incertos e pela fé que me sustentou ao longo desta longa jornada.

À minha esposa, Daniela, por sua presença constante, por compreender minhas ausências e por seu amor e apoio incondicional. Obrigado por ser meu alicerce, minha motivação e por acreditar em mim mesmo nos dias mais difíceis.

Aos meus filhos, Pedro e Júlia, que são minha maior razão de viver e minha fonte inesgotável de inspiração. Este trabalho também é para vocês.

À minha família, pela base sólida que sempre me ofereceu. Agradeço pelo carinho, incentivo e apoio em todos os momentos da minha formação e da minha vida.

À Profa. Dra. Flávia Noemy Gasparini Kiatake Fontão, minha orientadora, por sua orientação precisa, generosa e inspiradora. Sua dedicação, paciência e confiança foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e para minha formação científica e humana. Tenho profunda admiração e gratidão pelo exemplo de profissionalismo e ética que representa.

Aos professores do curso de Doutorado, pelo conhecimento transmitido, pela dedicação ao ensino e pela contribuição essencial na minha formação acadêmica e científica. Sou grato pelos ensinamentos, pelas discussões enriquecedoras e pelo incentivo constante ao pensamento crítico e à excelência.

À Faculdade ILAPEO, pela estrutura, apoio acadêmico e oportunidade de realizar este doutorado em um ambiente de excelência.

Aos colegas e amigos da jornada científica e clínica, que compartilharam comigo aprendizados, desafios, reflexões e conquistas ao longo desse percurso. Em especial, ao amigo Dalton Suzuki, pelo apoio constante, pelas trocas de conhecimento e pela parceria nos momentos mais exigentes dessa caminhada.

Sumário

1. Artigo científico 1	7
2. Artigo científico 2.....	32

1. Artigo científico 1

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO.

INFLUÊNCIA DO VOLUME DO CORPO DO OSSO ZIGOMÁTICO NA ANCORAGEM APICAL DURANTE O PLANEJAMENTO VIRTUAL DE CIRURGIAS ZIGOMÁTICO DUPLO

Sidnei Antonio Moro¹
Flávia Fontão²

¹ Cursando Doutorado profissional em Odontologia na Faculdade ILAPEO

² Professora do Programa de Doutorado Profissional ILAPEO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade da reabilitação pela técnica Quad Zygoma, avaliando a possibilidade de instalação de dois, um ou nenhum implante zigomático (IZ) por hemiarco, com base em mensurações anatômicas em tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC). Foram analisadas 158 tomografias de pacientes totalmente desdentados, totalizando 316 ossos zigomáticos. Foi realizado o planejamento virtual da instalação de zigomático duplo (Quad Zygoma) por hemiarco, com diâmetro de 3,5 mm, porção coronária cilíndrica, corpo com superfície lisa para abordagem extramaxilar e ápice cônico com rosca trapezoidal, totalizando 632 implantes simulados, utilizando o software de navegação cirúrgica CoDiagnostiX®. Após a segmentação do osso zigomático, realizou-se uma análise descritiva das medidas de espessura e altura, do comprimento da ancoragem apical (B–Ju) nos terços superior e médio do osso zigomático, além do comprimento total do implante (A–Ju), ângulo de instalação dos IZ, tipo de concavidade maxilo-sinusal (rasa, média ou profunda) e técnica cirúrgica utilizada (Brånemark, Stella ou Exteriorização). Posteriormente, foi calculado o volume do osso zigomático nos terços superior e médio, e correlacionou-se esse volume com as demais variáveis morfológicas por meio do teste de correlação de Pearson. A análise revelou correlações estatisticamente significativas entre o volume total e a espessura e altura óssea nos terços superior e médio ($r = 0,56$ a $0,60$; $p < 0,001$), além de correlação com os comprimentos de ancoragem apical (B–Ju) e comprimento total do implante (A–Ju). No entanto, não houve correlação significativa entre o volume e o ângulo de instalação dos IZ ($p > 0,05$). Em seguida, foram realizadas análises de associação entre o volume do osso zigomático (categorizado pela mediana) e o tipo de concavidade, bem como entre o volume e a técnica cirúrgica, não sendo encontradas associações estatisticamente significativas ($p = 0,152$ e $p = 0,081$, respectivamente). No entanto, observou-se associação significativa entre a técnica cirúrgica e o tipo de concavidade maxilo-sinusal ($p < 0,001$), indicando que o planejamento cirúrgico pode ser influenciado pela anatomia da parede lateral do seio maxilar. O volume do osso zigomático nos terços superior e médio (calculado com base nas medidas de espessura e altura) também foi utilizado no estudo da viabilidade de instalação de 1 IZ por região na técnica do zigomático duplo. Com base nos resultados, 79,34% dos pacientes poderiam ser reabilitados com zigomático duplo por hemiarco; 99,52% com pelo menos um implante por hemiarco; e apenas 0,48% não apresentaram viabilidade para instalação de implantes zigomáticos, indicando alta taxa de reabilitação com a técnica do zigomático duplo.

Palavras-chave: Implantes zigomáticos; Zigoma; Quatro implantes zigomáticos; Maxilla atrófica; TCFC.

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the feasibility of rehabilitation using the Quad Zygoma technique, evaluating the possibility of installing two, one, or no zygomatic implants (ZI) per hemiarch based on anatomical measurements obtained from cone-beam computed tomography (CBCT) scans. A total of 158 CBCT scans from fully edentulous patients were analyzed, comprising 316 zygomatic bones. Virtual planning for the installation of double zygomatic implants (Quad Zygoma) per hemiarch was performed, using implants with a 3.5 mm diameter, cylindrical coronal portion, smooth body surface for the extramaxillary approach, and conical apex with trapezoidal threads, totaling 632 simulated implants, planned with the CoDiagnostiX® surgical navigation software. After segmentation of the zygomatic bone, a descriptive analysis was performed including bone thickness and height measurements, apical anchorage length (B–Ju) in the upper and middle thirds of the zygomatic bone, total implant length (A–Ju), implant installation angle, type of maxillary-sinus concavity (shallow, moderate, or deep), and the surgical technique applied (Brånemark, Stella, or Exteriorization). Subsequently, the volume of the zygomatic bone in the upper and middle thirds was calculated and correlated with the other morphological variables using Pearson's correlation test. The analysis revealed statistically significant correlations between total bone volume and bone thickness and height in both the upper and middle thirds ($r = 0.56$ – 0.60 ; $p < 0.001$), as well as correlations with apical anchorage length (B–Ju) and total implant length (A–Ju). However, no significant correlation was found between bone volume and implant installation angle ($p > 0.05$). Association analyses were then performed between zygomatic bone volume (categorized by median) and the type of sinus concavity, as well as between bone volume and surgical technique, with no statistically significant associations found ($p = 0.152$ and $p = 0.081$, respectively). Nevertheless, a significant association was observed between the surgical technique and the type of maxillary-sinus concavity ($p < 0.001$), indicating that surgical planning may be influenced by the anatomy of the lateral wall of the maxillary sinus. The zygomatic bone volume in the upper and middle thirds (calculated based on thickness and height) was also used to assess the feasibility of installing one ZI per region using the double zygomatic technique. Based on the results, 79.34% of patients could be rehabilitated with two zygomatic implants per hemiarch, 99.52% with at least one implant per hemiarch, and only 0.48% were not suitable for zygomatic implant placement, indicating a high rehabilitation success rate using the Quad Zygoma technique.

Keywords: Zygomatic Implants; Zygoma; Quad Zygomatic Implants; Atrophic Maxilla; CBCT.

INTRODUÇÃO

A reabilitação de pacientes com atrofia da maxila posterior representa um dos principais desafios da implantodontia contemporânea. Procedimentos convencionais de enxertia óssea[1,2,3], embora amplamente empregados, estão associados a maior morbidade, maior tempo de tratamento, custos elevados e taxas variáveis de reabsorção óssea, que podem influenciar a previsibilidade dos resultados [4,5].

Nesse contexto, técnicas alternativas de ancoragem, como os implantes zigomáticos, surgem como soluções eficazes para pacientes que desejam evitar procedimentos de enxertia. Desenvolvida por Brånemark, a técnica do zigomático duplo (Quad Zygoma) envolve a instalação de dois implantes zigomáticos em cada lado da maxila, proporcionando suporte protético mesmo em casos de perda óssea severa [6]. Estudos demonstram taxas elevadas de sucesso clínico e funcional com essa abordagem, com sobrevida dos implantes superior a 95% em acompanhamentos de longo prazo [7,8]. Assim, o zigomático duplo se apresenta como uma alternativa previsível e segura para a reabilitação de maxilas severamente atroficas, especialmente quando precedido por adequado planejamento virtual [9].

Apesar dos resultados clínicos favoráveis, o sucesso da técnica do zigomático duplo depende do conhecimento aprofundado da anatomia zigomático-maxilar, especialmente no que tange ao volume e à morfologia do osso zigomático. Nesse contexto, o protocolo ZAGA (Zygoma Anatomy Guided Approach) representa um avanço ao propor uma abordagem baseada na anatomia individual de cada paciente, guiando a trajetória dos implantes conforme a posição do rebordo alveolar, da parede lateral do seio maxilar e da região do corpo do osso zigomático [10].

A forma da parede lateral do seio maxilar, descrita por ZAGA como plana, côncava e muito côncava, é um dos principais determinantes na escolha da técnica cirúrgica dos implantes zigomáticos. Diante disto, houve uma evolução das diferentes abordagens cirúrgicas ao longo do tempo. A técnica original proposta por Brånemark utiliza uma trajetória intra-sinusal, sendo mais indicada em casos em que a parede lateral do seio apresenta morfologia plana [6]. Para casos onde a parede lateral é côncava, Stella e Warner propuseram, em 2000, a técnica do “sinus slot”, com uma abordagem parcialmente extra-sinusal. Essa modificação visa preservar a integridade da membrana sinusal, reduzir o risco de complicações e melhorar a orientação tridimensional do implante [11].

Já nos casos onde a parede lateral do seio apresenta concavidade acentuada (muito côncava), Migliorança et al. descreveram a técnica de exteriorização, na qual o implante é completamente posicionado fora do seio maxilar, garantindo maior previsibilidade e estabilidade [12]. Essa progressão culminou no desenvolvimento do protocolo Zaga [10], que sistematizou essas abordagens com base na anatomia individual, permitindo a personalização da trajetória do implante de acordo com a morfologia zigomático-maxilar de cada paciente.

Os implantes zigomáticos desenvolvidos por Brånemark apresentavam plataforma protética angulada com diâmetro de 4,5 mm e diâmetro de 4,0 mm na porção apical, rosca ao longo de todo o corpo e a plataforma protética posicionada na cortical palatina da crista óssea, o que resultava em próteses com maior volume palatino e impacto sobre a fonética e a higienização [1]. Com o aprimoramento das abordagens cirúrgicas e das demandas funcionais e protéticas, houve uma evolução no design desses implantes, passando de uma plataforma de hexágono externo para uma plataforma interna tipo cônica (Grand Morse), como o implante zigomático Zigoma S, com plataforma e corpo retos, diâmetro uniforme de 3,5 mm, comprimentos variando de 30 a 55 mm. O corpo cilíndrico possui superfície lisa na porção média e coronal, com rosca trapezoidal restrita à porção apical e extremidade ativa dotada de câmaras helicoidais. Indicado para técnicas extra-sinusais e abordagens exteriorizadas, esse implante é projetado para contato com tecidos moles. Sua plataforma protética localiza-se sobre a crista do rebordo alveolar, favorecendo um perfil de emergência mais anatômico e funcional, com melhor adaptação da prótese, conforto e fonética preservada [13].

Na técnica do zigomático duplo, os quatro implantes zigomáticos formam um arranjo em arco cruzado [14,15], proporcionando maior rigidez estrutural, melhor distribuição das cargas oclusais e maior previsibilidade protética a longo prazo. Já a técnica híbrida, com dois implantes zigomáticos posteriores e dois convencionais anteriores, adota um modelo tripoidal[16] biomecanicamente menos estável, especialmente em maxilas severamente

atróficas. Apesar dessas diferenças, estudos clínicos[16,17] indicam taxas de sobrevivência semelhantes: 96,7% para a técnica do zigomático duplo e 97,4% para a técnica híbrida, sem diferença estatisticamente significativa.

A literatura recente tem explorado como variáveis morfológicas, espessura, altura e ângulo de instalação, as quais influenciam a estabilidade e o posicionamento dos implantes [18,19,20]. O volume do osso zigomático tem sido apontado como um fator importante para a viabilidade da ancoragem apical e a longevidade dos implantes, sendo associado a medidas lineares e angulares do complexo zigomático [21]. No entanto, há escassez de estudos com amostras amplas que correlacionem essas variáveis morfológicas com o volume ósseo no contexto da técnica do zigomático duplo.

Nesse cenário, destaca-se a necessidade de investigações que explorem a relação entre o volume do osso zigomático e suas características morfológicas, como forma, espessura e topografia. Uma análise dessas correlações pode fornecer subsídios para o planejamento cirúrgico tridimensional, permitindo maior previsibilidade na instalação dos implantes e redução de complicações. Além disso, compreender a associação entre as técnicas cirúrgicas e a anatomia individualizada pode contribuir para a definição da trajetória dos implantes, sobretudo em maxilas atróficas com variações anatômicas.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo descrever quantos pacientes poderiam estar aptos a serem reabilitados por 2 IZ, 1 IZ ou nenhum IZ por hemiarco. E, para isso, avaliar os fatores anatômicos que se associam com o volume do osso zigomático, considerando os terços superiores e médio, com estruturas anatômicas relacionadas com a ancoragem apical, com o tipo da técnica cirúrgica, tipo de concavidade zigomático-maxilar, ângulo de inserção e comprimento do implante. Além disso, avaliar possível associação entre técnica cirúrgica e concavidade maxilo-sinusal. A hipótese do estudo é que variáveis como espessura óssea, altura e ângulo de instalação apresentam correlação com o volume do osso

zigomático, influenciando a viabilidade da ancoragem e a escolha da técnica cirúrgica. Busca-se, assim, contribuir com dados anatômicos de relevância clínica que auxiliem no planejamento cirúrgico e na otimização dos resultados com implantes zigomáticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo retrospectivo, observacional e transversal (cross-sectional) foi conduzido de acordo com as diretrizes do STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Neurologia de Curitiba (protocolo nº 2.040.11).

A amostra incluiu 158 tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) provenientes do departamento de Imaginologia da Faculdade ILAPEO, obtidas para planejamento de implantes dentários. As imagens foram adquiridas por meio do tomógrafo Galileos (Sirona, Bensheim, Alemanha) de pacientes totalmente desdentados na maxila, com idades entre 36 e 91 anos.

Foram excluídas tomografias que apresentavam patologias ósseas, histórico de trauma ou intervenção cirúrgica na região zigomática, bem como aquelas com field of view (FOV) inadequado, que dificultava ou impossibilitava a análise precisa da área implantável do osso zigomático.

Análise das imagens tomográficas

Planejamento Virtual em software

As tomografias foram obtidas por meio de um tomógrafo computadorizado de feixe cônico Galileos (Sirona, Bensheim, Germany), de forma padronizada: posição da cabeça do paciente com o plano oclusal paralelo ao solo e o plano mediano perpendicular ao solo. Os fatores de aquisição de imagem foram: 42 mAs, 85 kV, espessura de corte de 0,3 mm.

A simulação do planejamento virtual para cirurgia assistida dos implantes zigomáticos duplos foi realizada por meio de ferramentas do software coDiagnosticX (Dental Wings,

Montreal, Canadá), por um examinador devidamente calibrado, considerando que não há protocolo de cirurgia guiada para implantes zigomáticos. O posicionamento dos implantes zigomáticos virtuais do zigomático duplo foi realizado com base nas características anatômicas da maxila, do seio maxilar e do osso zigomático de cada paciente, sempre em busca de uma reabilitação protética favorável e de uma ancoragem adequada. Foi utilizado implante Zigoma S para a projeção tridimensional das trajetórias. A localização do ponto de entrada da perfuração do implante zigomático anterior (IZA) se deu no rebordo alveolar na região entre incisivo lateral e canino e do implante zigomático posterior (IZP) se deu no rebordo alveolar na região entre o segundo pré-molar e o primeiro molar[20,22] (Figura 1 A e B).

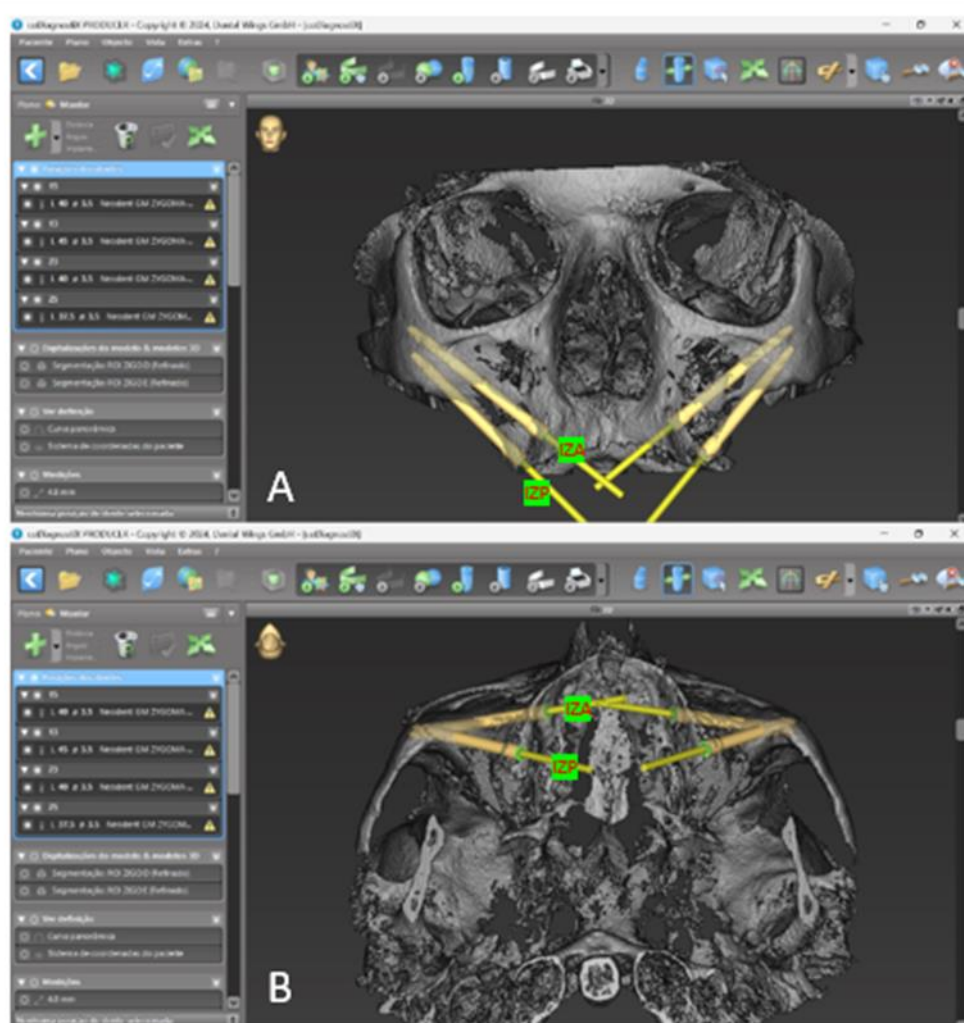


Figura 1: Visão frontal do posicionamento dos implantes zigomático duplo na reconstrução 3 D da TCFC da maxila (A). Visão oclusal do posicionamento das plataformas dos implantes zigomático duplo no rebordo alveolar (B).

A ancoragem apical do IZ anterior ocorreu na região do 1/3 superior de maior espessura do osso zigomático (Figura 2 A e B). Enquanto, a ancoragem apical do IZ posterior ocorreu na região do 1/3 médio de maior espessura do osso zigomático [18,19,23]. (Figura 3 A e B).

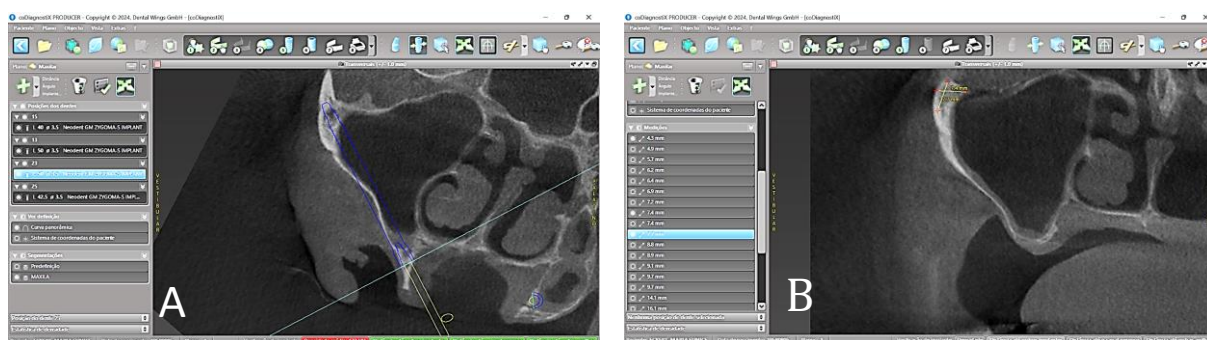


Figura 2: (A) Ancoragem apical do IZA no 1/3 superior osso zigomático. (B) Medidas de altura e espessura do 1/3 superior osso zigomático (região do IZA), em corte transversal da TCFC.

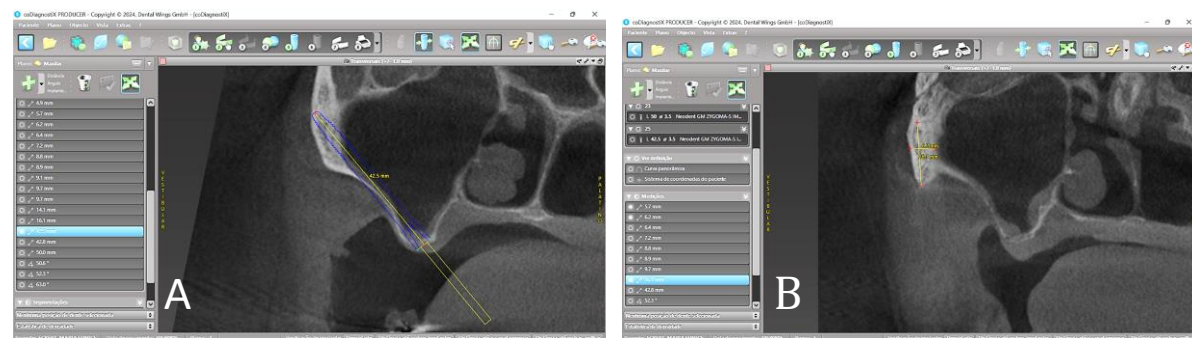


Figura 3: (A) Ancoragem apical do IZP no 1/3 médio osso zigomático. (B) Medidas de altura e espessura do 1/3 médio osso zigomático em corte transversal da TCFC.

Segmentação e Cálculo do Volume do osso zigomático

O cálculo do volume da zona implantar (ROI) do osso zigomático foi obtido por meio de metodologia padronizada. Após a instalação virtual dos zigomático duplo inseriu-se medidas de espessura (latero/lateral) e de altura (supero/inferior) no 1/3 superior e médio do osso zigomático, no corte transversal da TCFC. Com a ferramenta “editar segmentação” ativada, procedeu-se com os procedimentos para isolar o polígono do ROI, segmentá-lo e gerar o valor do volume. Na imagem da reconstrução 3D, demarcou-se os pontos antropométricos de referência **Ju (Jugale)**: ponto do vértice do ângulo formado pelas linhas que tangenciam a

margem vertical posterior e a margem horizontal superior do osso zigomático; **Zm** (**Zigomaxilare**): ponto mais inferior da sutura zigomaticomaxilar; **O** (**Orbital**) ponto mais inferior da borda da órbita e fez a união destes pontos traçando uma linha do ponto Ju ao ponto O, do ponto O ao ponto Zm, e do ponto Zm até cruzar a linha que desceu perpendicularmente ao ponto Ju (Figura 4 A e B), e sua segmentação (Figura 5 A e B). Em seguida obteve-se um modelo 3 D e o valor do volume da zona implantar do osso zigomático (ROI) do lado direito e esquerdo (Figura. 6 A e B).

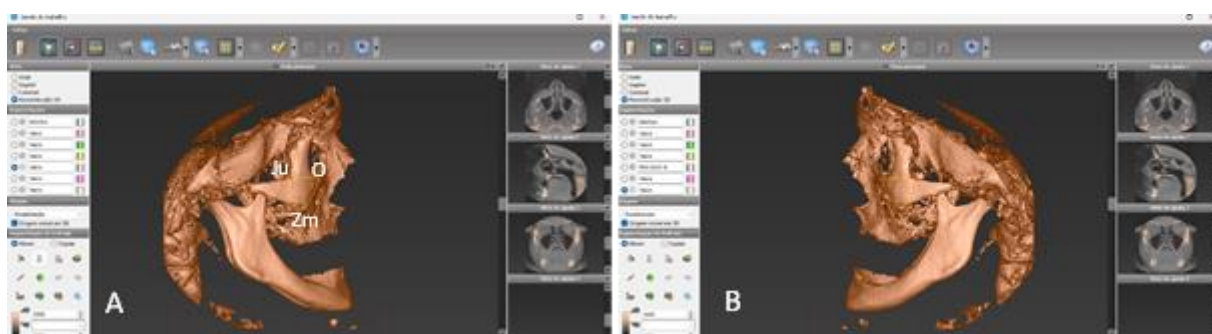


Figura 4: (A – B) – Demarcação dos pontos antropométricos de referências e sua união, gerando o polígono (ROI)

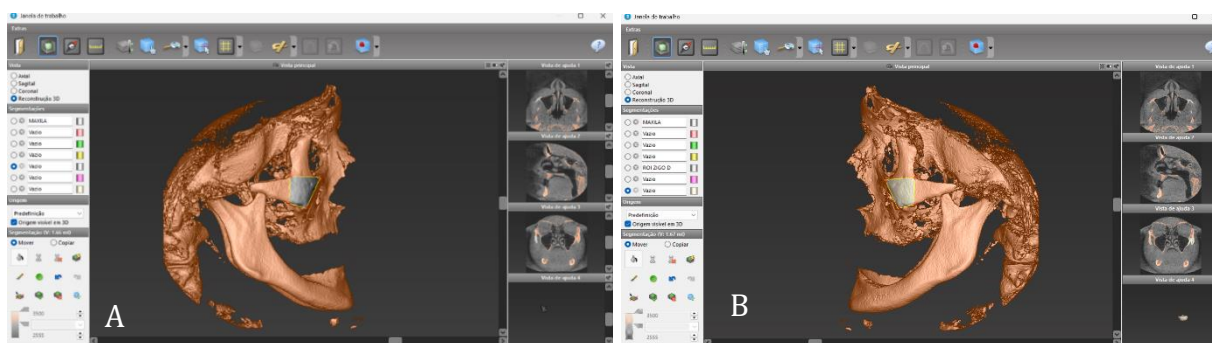


Figura 5 (A – B) - Segmentação da zona implantar (ROI) do osso zigomático direito e esquerdo

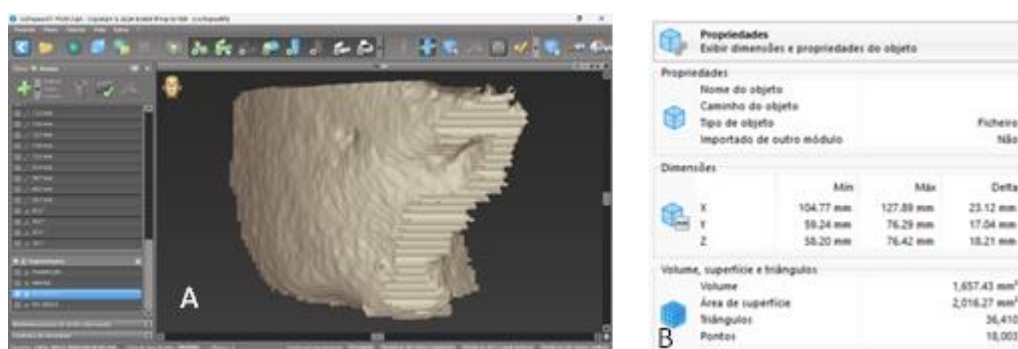


Figura: 6 A - B – Reconstrução 3 D da zona implantar (ROI) do osso zigomático segmentado e cálculo do volume.

Classificação dos tipos de concavidades zigomático-maxilar

Durante o trajeto de instalação dos implantes zigomáticos duplos, na parede lateral da maxila em direção ao osso zigomático, observou-se a presença de uma concavidade na região zigomático-maxilar. Essa concavidade foi classificada, de acordo com o protocolo ZAGA, como plana, côncava ou muito côncava [10] (Aparicio, 2011) (Figura 7 A – B - C).

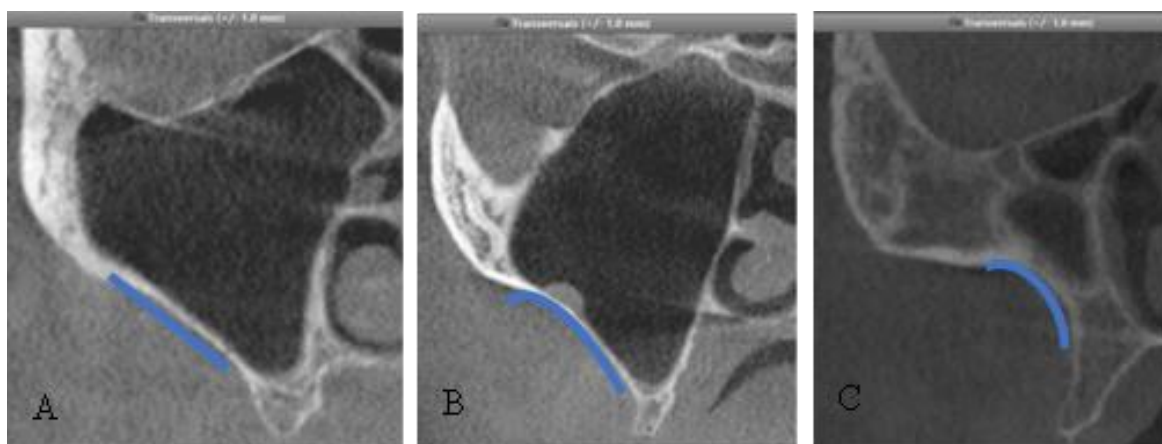


Figura 7: Exemplo de concavidades visualizadas nos cortes transversais da TCFC: plana (A), côncava (B) e muito côncava (C).

Medidas angulares e lineares

As medidas de comprimento da ancoragem apical (Bju) dos implantes zigomáticos duplos foram feitas levando em consideração o longo eixo do implante virtual, no corte transversal da TCFC (Figura 8 A e B) e visualizados em uma reconstrução 3D da segmentação do osso zigomático (Figuras 9 e 10)

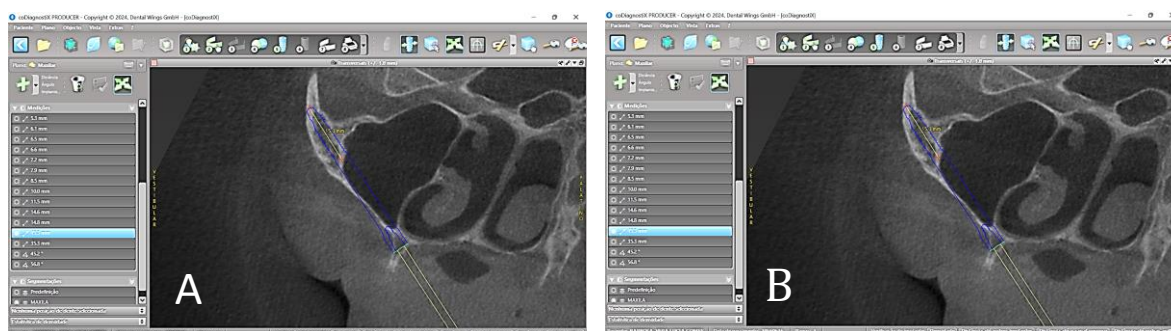


Figura 8: (A) medidas de comprimento da porção apical dos implantes zigomáticos anterior e (B) posterior direito obtidas no corte transversal da TCFC.

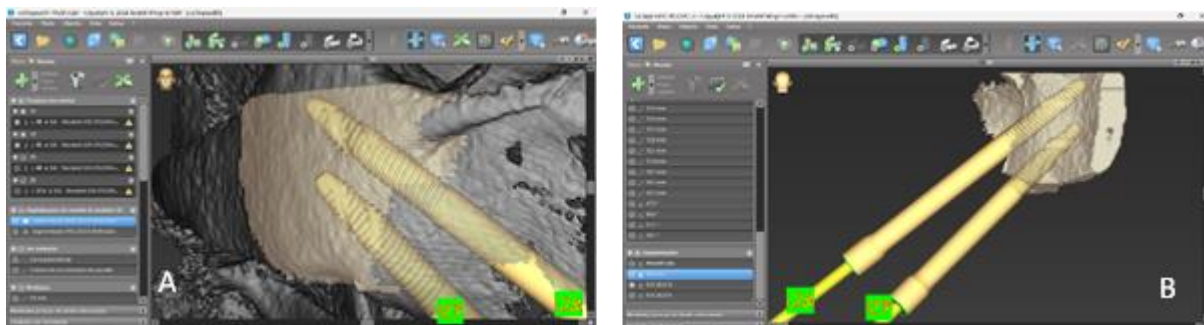


Figura 9: (A) vista facial do posicionamento dos IZ anterior e posterior em uma reconstrução 3D da maxila e osso zigomático segmentado. (B) Vista interna da porção apical dos implantes zigomáticos (lado direito).

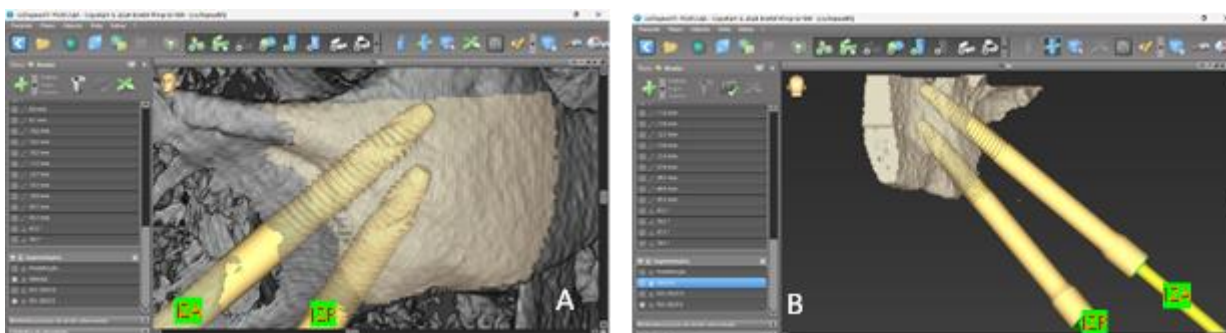


Figura 10: (A) vista facial do posicionamento dos IZ anterior e posterior em uma reconstrução 3D da maxila e osso zigomático segmentado. (B) Vista interna da porção apical dos implantes zigomáticos (lado esquerdo).

As medidas dos ângulos de inserção dos implantes zigomáticos duplos virtuais foram feitas tendo como referência o plano oclusal (Figura 11 A e B) e o comprimento dos implantes zigomáticos duplos virtuais (Aju) tendo como referência o seu longo eixo (Figura 12 A e B).

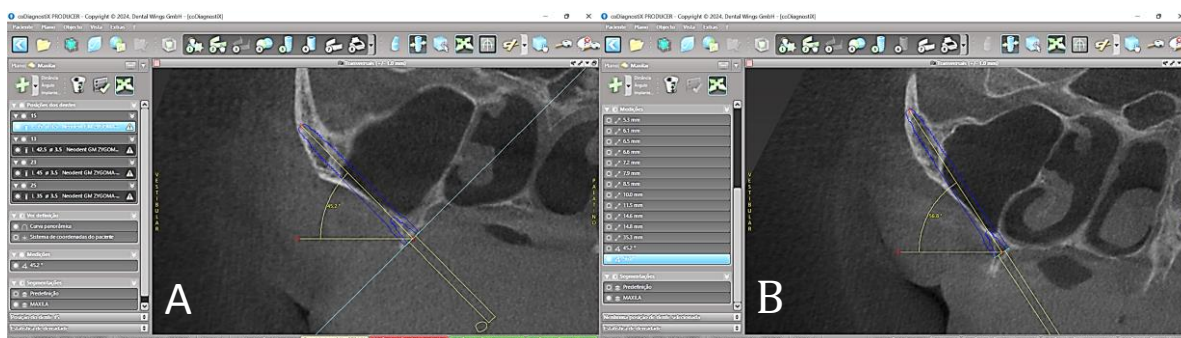


Figura 11: Medida dos ângulos de inserção dos implantes zigomático duplo posterior (A) e anterior (B).

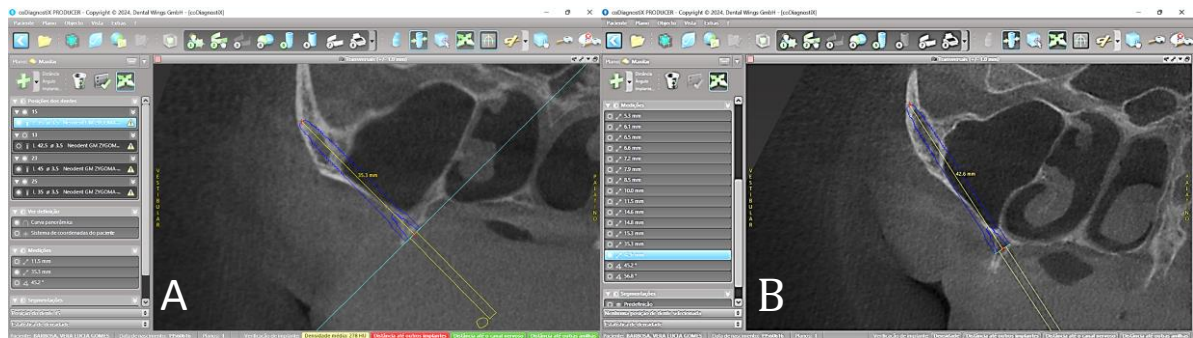


Figura 12: medida de comprimento do zigomático duplo posterior (A) e anterior (B).

Classificação das Variáveis

As variáveis do estudo foram organizadas em:

Variáveis de exposição

- **Lado anatômico:** direito e esquerdo.
- **Tipo de concavidade maxilo-sinusal:** rasa, média ou profunda.
- **Técnica cirúrgica simulada:** Brånemark, Stella ou Exteriorização.
- **Parâmetros anatômicos** relacionados ao trajeto dos implantes zigomáticos:
 - Comprimento da ancoragem apical (B–Ju)
 - Distância do rebordo alveolar ao zigoma (A–Ju)
 - Ângulo de inserção
 - Espessura e altura óssea nos terços superior e médio do osso zigomático

Variável de desfecho

- **Volume do osso zigomático**, segmentado nos terços superior e médio, bilateralmente, e sua relação com os tipos de concavidade zigomático-maxilar, técnicas cirúrgicas e medidas anatômicas (lineares e angulares).

Análise estatística

O cálculo amostral considerou a detecção de correlação mínima de $r=0,25$, com poder de 80% e nível de significância de 5%, indicando a necessidade de pelo menos 123 observações. Para regressão linear múltipla com até sete preditores e efeito médio ($f^2=0,15$), seriam necessários 103 casos. A amostra final incluiu 158 indivíduos (316 ossos), número superior ao requerido, garantindo poder adequado para as análises de correlação e regressão. Para a proporção de viabilidade anatômica ($\sim 79\%$), a amostra permitiu estimativa com precisão de $\pm 6,3$ pontos percentuais (IC95%), valor considerado aceitável para os objetivos do estudo.

Os dados obtidos foram organizados em planilha do Microsoft Excel® e analisados por meio do software IBM SPSS Statistics®, versão 29.0.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Inicialmente, realizou-se uma análise descritiva, com a apresentação das características gerais da amostra, incluindo o número total de ossos zigomáticos avaliados por lado (direito e esquerdo) e a quantidade de estruturas anatômicas submetidas à simulação zigomático duplo. Foram descritas as medidas de espessura e altura óssea nos terços superior e médio do osso zigomático dos 158 indivíduos da amostra, com suas respectivas médias e desvios padrão, assim como os volumes segmentados dos terços superior e médio para ambos os lados. As informações referentes ao comprimento da porção apical (B–Ju) dos implantes zigomáticos ancorados no osso zigomático foram expressas por meio da média e desvio padrão, diferenciando-se os implantes posicionados nas regiões anterior (13–23) e posterior (15–25). Para avaliar possíveis correlação entre variáveis lineares e angulares com o volume zigomático, foram estimados os coeficientes de correlação linear de Pearson. Além disso, realizaram-se análises de associação entre variáveis categóricas (volume $\times$ tipo de concavidade; volume $\times$ técnica cirúrgica; técnica cirúrgica $\times$ tipo de concavidade), utilizando-se o teste do qui-quadrado (χ^2), sendo a variável “volume” dicotomizada com base em sua mediana, a fim de possibilitar a análise com as demais variáveis anatômicas de natureza categórica.

O tamanho amostral obtido pode ser considerado elevado em comparação a outras publicações disponíveis na literatura, em virtude da alta frequência de indicação de implantes zigomáticos duplos na instituição onde o estudo foi conduzido, referência na área.

RESULTADOS

Descrição da amostra e medidas anatômicas

Foram analisadas 316 imagens de ossos zigomáticos, obtidas a partir de 158 indivíduos, totalizando a simulação de 632 implantes zigomáticos utilizando a técnica zigomático duplo. A espessura média do osso zigomático no terço superior foi de $8,5 \pm 1,9$ mm, com altura média de $15,9 \pm 2,3$ mm; já no terço médio, a espessura média foi de $4,6 \pm 1,0$ mm e a altura média de $11,8 \pm 2,1$ mm.

O cálculo volumétrico dos ossos zigomáticos foi segmentado em dois terços anatômicos: no 1/3 superior, correspondente à região de ancoragem apical dos implantes anteriores, o volume médio foi de 498 mm^3 no lado direito e 454 mm^3 no lado esquerdo; no 1/3 médio, correspondente à ancoragem dos implantes posteriores, os volumes médios foram de 282 mm^3 e 287 mm^3 nos lados direito e esquerdo, respectivamente (Tabela 1). O volume total médio foi de 1245 mm^3 no lado direito e 1251 mm^3 no lado esquerdo.

Tabela 1 – Volumes segmentados do osso zigomático por lado

região	Volume médio (mm ³)	DP	IC95%	Volume médio (mm ³)	DP	IC95%
	Direito			Esquerdo		
1/3 superior	498	26	446-550	454	15	404-505
1/3 médio	282	15	251-313	287	14	257-316
Total	1245	-	-	1251	-	-

Em relação ao comprimento de ancoragem apical (B–Ju), os implantes anteriores (regiões 13–23) apresentaram média de $10,6 \pm 3,8$ mm, enquanto os posteriores (regiões 15–

25) apresentaram média de $8,3 \pm 2,6$ mm, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A medida A–Ju, que representa a distância do rebordo alveolar até a cortical externa do osso zigomático no longo eixo do implante, foi de $47,9 \pm 4,1$ mm para os implantes anteriores, e $38,9 \pm 3,3$ mm para os implantes posteriores. O ângulo de instalação dos implantes, medido em relação ao plano sagital mediano, apresentou média de $57,1^\circ \pm 7,6^\circ$ para os implantes anteriores e de $46,1^\circ \pm 7,0^\circ$ para os posteriores. As concavidades maxilo-sinusais foram classificadas em rasas (27,8%), médias (60,7%) e profundas (11,4%). Quanto às técnicas cirúrgicas simuladas, 22,5% dos casos utilizaram a técnica de Brånemark, 65,5% a técnica de Stella, e 12,0% a técnica de Exteriorização.

Tabela 2: Viabilidade de instalação de 1 IZ por região na técnica do zigomático duplo
Critérios: Ancoragem apical B–Ju $\geq 5,0$ mm e espessura lateral $\geq 5,5$ mm (n = 158 maxilas).

Região do IZ	Viável para instalação de 1 IZ (n, %)	Não viável para IZ (n, %)
IZ 13	129 (79,14%)	34 (20,86%)
IZ 15	111 (68,10%)	52 (31,90%)
IZ 23	129 (79,14%)	34 (20,86%)
IZ 25	107 (65,64%)	56 (34,36%)

A Tabela 2 apresenta a análise da viabilidade anatômica para instalação de **um implante zigomático (IZ) por região**, de acordo com os critérios de **comprimento de ancoragem apical (B–Ju $\geq 5,0$ mm)** e **espessura óssea lateral $\geq 5,5$ mm**, em uma amostra de **158 maxilas**.

Na região do dente 13, 129 maxilas (79,14%) foram consideradas viáveis para instalação de IZ, enquanto 34 (20,86%) foram classificadas como não viáveis. A região do dente 15 apresentou 111 casos viáveis (68,10%) e 52 não viáveis (31,90%). Para a região do dente 23, observou-se o mesmo número de casos viáveis e não viáveis encontrados na região 13: 129 (79,14%) e 34 (20,86%), respectivamente. Já na região do dente 25, 107 maxilas (65,64%)

atenderam aos critérios de viabilidade, enquanto 56 (34,36%) não apresentaram condições anatômicas adequadas.

Análise de correlação

A correlação entre o volume total do osso zigomático e as variáveis anatômicas contínuas — incluindo a espessura e altura do 1/3 superior, espessura e altura do 1/3 médio, os comprimentos de ancoragem apical (B–Ju), as distâncias do rebordo alveolar ao zigoma (A–Ju) e os ângulos de instalação dos implantes — foi avaliada por meio do teste de correlação de Pearson, considerando-se $p < 0,05$ como estatisticamente significativo (Tabela 3).

Tabela 3: Volume total do osso zigomático e as variáveis anatômicas contínuas

Variáveis	n	Coefficiente correlação de Pearson	p*
Volume x medida â 15/25 zigom	316	-0,05	0,404
Volume x BJU 15/25 zigom	316	0,30	<0,001
Volume x AJU 15/25 zigom	316	0,21	<0,001
Volume x medida â 13/23 zigom	316	-0,03	0,664
Volume x BJU 13/23 zigom	316	0,14	0,012
Volume x AJU 13/23 zigom	316	0,16	0,004
Volume x espessura 1/3 superior	316	0,26	<0,001
Volume x espessura do 1/3 superior	316	0,26	<0,001
Volume x altura 1/3 superior	316	0,25	<0,001
Volume x espessura do 1/3 médio	316	0,33	<0,001
Volume x espessura 1/3 médio	316	0,32	<0,001

A Tabela 3 mostra que o volume total do osso zigomático apresentou correlação positiva significativa com o comprimento de ancoragem apical (B–Ju) nas regiões posteriores ($r = 0,30$; $p < 0,001$) e anteriores ($r = 0,14$; $p = 0,012$), bem como com a distância do rebordo alveolar ao

zigoma (A–Ju), tanto posterior ($r = 0,21$; $p < 0,001$) quanto anterior ($r = 0,16$; $p = 0,004$). Também houve correlação com a espessura e altura dos terços superior ($r = 0,26$ e $0,25$; $p < 0,001$) e médio ($r = 0,33$ e $0,32$; $p < 0,001$). Por outro lado, o ângulo de instalação dos implantes não se correlacionou de forma significativa com o volume ósseo ($p > 0,05$).

Análises de associação

Para avaliar a associação entre o volume total do osso zigomático e variáveis categóricas — concavidade zigomático-maxilar e técnica cirúrgica — utilizou-se o teste do qui-quadrado de Pearson (χ^2), considerando $p < 0,05$. Os resultados estão apresentados na Tabela 4A–B, não sendo observadas associações estatisticamente significativas ($p = 0,417$ e $p = 0,478$, respectivamente).

Tabela 4 A Associação entre volume total do osso zigomático e concavidade zigomático-maxilar				
Volume Zigomático	plana	côncava	muito côncava	Total
Abaixo da mediana	48 (30,4%)	95 (60,1%)	15 (9,5%)	158
Acima da mediana	40 (25,3%)	97 (61,4%)	21 (13,3%)	158
Total	88 (27,8%)	192 (60,7%)	36 (11,4%)	316

Tabela 4 B Associação entre volume total do osso zigomático e técnica cirúrgica				
Volume Zigomático	Brånemark	Stella	Extriorização	Total
Abaixo da mediana	38 (24,1%)	104 (65,8%)	16 (10,1%)	158
Acima da mediana	33 (20,9%)	103 (65,2%)	22 (13,9%)	158
Total	71 (22,5%)	207 (65,5%)	38 (12,0%)	316

Associação entre técnica cirúrgica e concavidade zigomático-maxilar

A associação entre a técnica cirúrgica empregada (Brånemark, Stella ou Exteriorização) e o tipo de concavidade zigomático-maxilar, conforme o protocolo ZAGA (plana, côncava ou muito côncava), foi analisada pelo teste do qui-quadrado de Pearson (χ^2), considerando $p < 0,05$. Verificou-se associação estatisticamente significativa entre as variáveis ($p < 0,001$), conforme demonstrado na Tabela 5. A técnica de Brånemark foi observada predominantemente em concavidades planas, a técnica de Stella em concavidades côncavas, e a técnica de Exteriorização esteve mais frequentemente associada a concavidades muito côncavas. Houve associação estatisticamente significativa ($p < 0,001$).

Tabela 5 <i>Associação entre técnica cirúrgica e concavidade maxilo-sinusal</i>				
Técnica cirúrgica	Rasa	Média	Profunda	Total
Brånemark	46 (29,1%)	0 (0%)	0 (0%)	46
Stella	0 (0%)	94 (59,4%)	0 (0%)	94
Exteriorização	0 (0%)	0 (0%)	18 (11,3%)	18

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi descrever quantos pacientes apresentavam viabilidade anatômica para reabilitação com dois, um ou nenhum implante zigomático por hemiarco. Adicionalmente, buscou-se avaliar fatores anatômicos relacionados ao volume do osso zigomático — considerando os terços superior e médio, estruturas associadas à ancoragem apical, técnica cirúrgica, concavidade zigomático-maxilar, ângulo de instalação e comprimento do implante — bem como investigar possível associação entre técnica cirúrgica e concavidade.

A hipótese inicial foi de que variáveis anatômicas, como espessura e altura óssea, comprimento de ancoragem apical (B–Ju), distância alveolar-zigomática (A–Ju) e ângulo de instalação, apresentariam correlação com o volume do osso zigomático. Os achados

corroboraram parcialmente essa hipótese, evidenciando correlações significativas entre as medidas morfológicas e o volume ósseo, mas sem associação entre volume e tipo de concavidade ou técnica cirúrgica.

As análises de correlação de Pearson mostraram associação significativa entre o volume do osso zigomático e variáveis morfológicas, destacando-se a correlação positiva com o comprimento de ancoragem apical (B–Ju). Quanto maior o volume, maior tende a ser o B–Ju, o que pode favorecer a estabilidade primária dos implantes zigomáticos.

No presente estudo, o volume foi segmentado em terços superior e médio, correspondendo às regiões de ancoragem dos implantes anteriores e posteriores, respectivamente. Essa abordagem revelou diferenças significativas nos comprimentos de B–Ju, com valores médios superiores nos implantes anteriores, sugerindo influência direta da distribuição volumétrica na profundidade de ancoragem.

Até o momento, não foram identificados na literatura estudos que correlacionem estatisticamente o volume segmentado do osso zigomático com o comprimento de ancoragem apical em humanos submetidos à técnica do zigomático duplo.

Observou-se correlação positiva entre o volume do osso zigomático e a distância A–Ju, indicando que pacientes com maior volume ósseo tendem a apresentar trajetos mais longos até o ponto de ancoragem. No presente estudo, a distância A–Ju foi significativamente maior nos implantes anteriores em comparação aos posteriores, o que pode ser explicado pelo trajeto mais extenso até o zigoma na região anterior, associado à inclinação da maxila e à morfologia do osso zigomático.

Esses achados estão em concordância com a literatura, que descreve trajetos distintos para implantes anteriores e posteriores na técnica do zigomático duplo. Aparicio [10,24] destacou que variações anatômicas individuais influenciam diretamente o caminho e a posição dos implantes, exigindo adaptação do planejamento cirúrgico. De forma semelhante, Rossi et

al. [20] demonstraram em estudo anatômico que as linhas de inserção e os pontos de entrada diferem entre os implantes anteriores e posteriores, resultando em comprimentos distintos e trajetos mais longos nos anteriores.

Medidas lineares como a espessura e a altura nos terços superior e médio também mostraram correlação significativa com o volume ósseo segmentado, reforçando a importância dessas áreas como zonas-chave de ancoragem. Tais achados corroboram os resultados de Hung et al. [18], que identificaram os pontos A1 (terço superior) e B1 (terço médio) como regiões de maior espessura, especialmente o ponto B1, considerado ideal para ancoragem apical de implantes posteriores.

De forma semelhante, Wang et al. [25] observaram que, mesmo em pacientes com displasia ectodérmica associada à oligodontia, as regiões A1 e B1 mantinham espessuras comparáveis às de indivíduos normais, embora a porção inferior do zigoma apresentasse desenvolvimento reduzido.

Bertos et al. [15] também descreveram correlação positiva entre altura óssea e volume zigomático em pacientes com maxilas atróficas, reforçando a importância da avaliação tridimensional integrada de espessura, altura e volume no planejamento cirúrgico.

O uso de implantes zigomáticos de menor diâmetro (3,5 mm) pode favorecer a instalação em regiões críticas de espessura, ampliando a aplicabilidade da técnica em maxilas severamente atróficas. Embora não tenham sido comparados diferentes modelos de implante, essa característica provavelmente contribuiu para a maior viabilidade observada.

Para garantir a osseointegração e a estabilidade primária, é recomendado que haja pelo menos 2 mm de espessura óssea ao redor do implante, totalizando 5,5 mm como valor ideal. Esse critério é respaldado por Frodel (1993) [26], que destacou que espessuras inferiores a 2 mm podem comprometer a integração óssea, sobretudo em áreas de menor qualidade óssea. A correlação observada neste estudo entre o volume zigomático e as medidas de espessura nos

terços superior e médio reforça a relevância da avaliação tridimensional no planejamento da técnica de implantes zigomáticos duplos, uma vez que volumes ósseos maiores tendem a oferecer melhores condições de ancoragem, resultando em suporte mais estável e seguro, além de um prognóstico clínico potencialmente mais favorável a longo prazo.

Por outro lado, neste estudo não foi observada correlação estatisticamente significativa entre o volume do osso zigomático e o ângulo de instalação dos implantes, sugerindo que esse parâmetro está mais relacionado à morfologia individual do rebordo alveolar e à inclinação natural do zigoma. Na técnica de implantes zigomáticos duplos, o controle preciso do ângulo de instalação é fundamental para a segurança cirúrgica, uma vez que desvios excessivos podem resultar em complicações graves, como perfuração da cavidade orbitária ou invasão da fossa infratemporal. Os valores encontrados neste estudo estão em conformidade com os dados previamente relatados na literatura [20,27], reforçando a necessidade de um planejamento tridimensional individualizado.

Foram analisadas as associações entre o volume do osso zigomático, o tipo de concavidade zigomático-maxilar e a técnica cirúrgica aplicada. O volume foi categorizado pela mediana [28], mas não se observaram associações significativas com a concavidade ou com a técnica cirúrgica ($p > 0,05$). Esses achados sugerem que a disponibilidade óssea não está diretamente relacionada a esses parâmetros, e sim a outros fatores anatômicos, como a morfologia lateral do complexo zigomático-maxilar. Embora a literatura discuta a influência da anatomia na escolha da técnica cirúrgica [10,24], não há estudos que tenham investigado especificamente a interação entre volume, concavidade e técnica de forma tão detalhada.

A associação entre a técnica cirúrgica e o tipo de concavidade zigomático-maxilar foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Concavidades planas foram relacionadas à técnica de Brånemark [6], concavidades côncavas à técnica de Stella [11] e concavidades muito côncavas à técnica de Exteriorização [12]. Esses achados reforçam que a escolha da técnica depende

diretamente da morfologia lateral do seio maxilar, em concordância com relatos prévios da literatura [10, 29].

Uma limitação deste estudo é o delineamento transversal com uso de modelos simulados, o que impossibilita avaliar diretamente o impacto funcional das técnicas cirúrgicas. Estudos longitudinais com acompanhamento clínico são necessários para validar e complementar os achados morfológicos, contribuindo para refinar as diretrizes de indicação dos implantes zigomáticos duplos.

Os achados deste estudo demonstram que a técnica de zigomático duplo é viável na maioria dos casos de maxilas atroficas, permitindo a instalação de dois implantes por hemiarco em cerca de 80% dos pacientes. Entretanto, em aproximadamente 20% não houve condições anatômicas suficientes, reforçando a necessidade de planejamento virtual individualizado para evitar complicações intraoperatórias e aumentar a previsibilidade clínica. Assim, o zigomático duplo se apresenta como alternativa eficaz na reabilitação de maxilas severamente atroficas, desde que indicado de forma criteriosa e baseado em avaliação tridimensional detalhada.

CONCLUSÃO

A análise tridimensional de 316 ossos zigomáticos de 158 indivíduos edêntulos indicou que o volume mínimo necessário por lado para instalação de dois implantes zigomáticos duplos, com ao menos 5 mm de ancoragem apical e espessura óssea $\geq 5,5$ mm, é de aproximadamente 740 mm³. Esse valor pode servir como referência anatômica no planejamento pré-operatório de cirurgias assistidas em maxilas atroficas. A espessura e o volume ósseo, especialmente nos terços médio e superior, foram determinantes para a viabilidade da técnica.

O achado mais relevante foi que 79,34% dos pacientes apresentaram viabilidade anatômica para instalação de zigomático duplo por hemiarco, enquanto 20,86% não apresentaram condições suficientes, percentual que não pode ser negligenciado. Embora a

maioria dos pacientes possa se beneficiar da técnica de implantes zigomáticos duplos, uma parcela significativa requer planejamento virtual tridimensional detalhado, e em alguns casos a utilização de técnicas de enxertia óssea pode ser considerada como alternativa, a fim de aumentar a previsibilidade e reduzir riscos intraoperatórios.

Este estudo se limitou à análise tomográfica virtual, sem validação clínica e sem considerar variáveis funcionais, como densidade óssea e vetores de carga. Futuras pesquisas devem contemplar validação clínica longitudinal, análises biomecânicas tridimensionais, comparações entre macrogeometrias e superfícies de implantes, bem como a investigação de variações étnicas e sexuais. Esses desdobramentos são essenciais para ampliar a previsibilidade e a segurança do planejamento com implantes zigomáticos e consolidar a aplicação clínica dos achados aqui apresentados.”

REFERÊNCIAS

1. Starch-Jensen T, Jensen JD. Maxillary Sinus Floor Augmentation: a Review of Selected Treatment Modalities. *J Oral Maxillofac Res.* 2017 Sep 30;8(3):e3.
2. Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: a systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2015 Mar 1;20(2):e251-8.
3. Wessing B, Lettner S, Zechner W. Guided Bone Regeneration with Collagen Membranes and Particulate Graft Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018 January/February;33(1):87–100.
4. Esposito M, et al. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants: (II) Etiopathogenesis. *Eur J Oral Sci.* 2008. PMID: 9881653
5. Cricchio G, Lundgren S. Donor site morbidity in two different approaches to anterior iliac crest bone harvesting. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2003;5(3):161-9.
6. Brånemark PI, Gröndahl K, Öhrnell LO, Nilsson P, Petruson B, Svensson B, Engstrand P, Nannmark U. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2004;38(2):70-85.
7. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Survival and complications of zygomatic implants: a systematic review. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019;31(2):295–312.
8. Lan K, Wang F, Huang W, Davó R, Wu Y. Quad Zygomatic Implants: A Systematic Review and Meta-analysis on Survival and Complications. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021;36(1):21–29.
9. Al Navas B, Aghaloo T, Aparicio C, Bredossian E, Brecht L, Brennand-Roger M, et al. ITI consensus report on zygomatic implants: indications, evaluation of surgical techniques and long-term treatment outcomes. *Int J Implant Dent.* 2023 Sep 12;9(1):28.
10. Aparicio C. A proposed classification for zygomatic implant patients based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): a cross-sectional survey. *Eur J Oral Implantol.* 2011;4(3):269-275.
11. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomaticus dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15(6):889–893.
12. Miglioranza RM, Ilg JP, Serrano AS, Souza RP, Zamperlini MS. Sinus exteriorization of the zygoma fixture: a new surgical protocol. *ImplantNews.* 2006;3(1):30-35.
13. Lengua CA, Delgado DJ, Avila HA, Miyasawa EM, Padovan LE. Biomechanical behaviour of quad zygoma technique using a smooth body zygomatic implant and angled abutments. *Ann. Maxillofac. Surg.* 2025;20(20):1-6.

14. Davó R, David L. Quad Zygoma: Technique and Realities. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019 May;31(2):285-297.
15. Davó R, David L. Quad Zygoma Protocol. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2021 Sep;29(2):243-251.
16. Aboul-Hosn Centenero S, Lázaro A, Giralt-Hernando M, Hernández-Alfaro F. Zygoma Quad Compared With 2 Zygomatic Implants: A Systematic Review and Meta-analysis. *Implant Dent.* 2018 Apr;27(2):246-253.
17. Wang F, Monje A, Lin GH, Wu Y, Monje F, Wang HL, Davó R. Reliability of four zygomatic implant-supported prostheses for the rehabilitation of the atrophic maxilla: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015 Mar-Apr;30(2):293-8.
18. Hung KF, Ai QY, Fan SC, Wang F, Huang W, Wu YQ. Measurement of the zygomatic region for the optimal placement of quad zygomatic implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017 Oct;19(5):841-848. doi: 10.1111/cid.12524. Epub 2017 Aug 1. PMID: 28766912
19. Rigolizzo MB, Camilli JA, Francischone CE, Padovani CR, Brånemark PI. Zygomatic bone: anatomic bases for osseointegrated implant anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005 May-Jun;20(3):441-7. PMID: 15973956
20. Rossi M, Langer A, Ruschel H, et al. Surgical technique for the placement of zygomatic implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2010;30(4):409–15.
21. Bertos Quílez J, Guijarro-Martínez R, Aboul-Hosn Centenero S, Hernández-Alfaro F. Virtual quad zygoma implant placement using cone beam computed tomography: sufficiency of malar bone volume, intraosseous implant length, and relationship to the sinus according to the degree of alveolar bone atrophy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018 Feb;47(2):252-261.
22. Uchida Y, Nogami S, Goto M, Yamashita Y, Hanihara T, Akiyoshi T. Measurement of zygomatic bone thickness for zygomatic implants using dry skulls. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014;16(6):926–31.
23. Takamaru N, Nagai H, Ohe G, Tamatani T, Sumida K, Kitamura S, Miyamoto Y. Measurement of the zygomatic bone and pilot hole technique for safer insertion of zygomatic implants. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016 Jan;45(1):104-9.
24. Aparicio C, Polido WD, Chow J, David L, Davo R, De Moraes EJ, Fibishenko A, Ando M, McLellan G, Nicolopoulos C, Pikos MA, Zarrinkelk H, Balshi TJ, Peñarrocha M. Identification of the Pathway and Appropriate Use of Four Zygomatic Implants in the Atrophic Maxilla: A Cross-Sectional Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021 Jul-Aug;36(4):807-817.
25. Wang H, Hung K, Zhao K, Wang Y, Wang F, Wu Y. Anatomical analysis of zygomatic bone in ectodermal dysplasia patients with oligodontia. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019 Apr;21(2):310-316.
26. Frodel JL Jr, Funk GF, Capper DT, Fridrich KL, Blumer JR, Haller JR, Hoffman HT. Osseointegrated implants: a comparative study of bone thickness in four vascularized bone flaps. *Plast Reconstr Surg.* 1993 Sep;92(3):449-55; discussion 456-8.

27. Balaji S, Premkumar KK, Pandyan DA, Chandran S, Narasimman D, Rajendran B, Stephenson GS. Radioanatomical characteristics of zygoma for planning of quad zygoma implants: a cross sectional study. *Oral Maxillofac Surg.* 2025 Mar 11;29(1):64.
28. Altman DG. *Practical statistics for medical research.* London: Chapman and Hall; 1991.
29. Chrcanovic BR, Pedrosa AR, Neto Custódio AL. Zygomatic implants: a critical review of the surgical techniques. *Oral Maxillofac Surg.* 2013 Mar;17(1):1-9.

2. Artigo científico 2

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO.

REABILITAÇÃO DE MAXILA ATRÓFICA COM TÉCNICA HÍBRIDA: IMPLANTES ZIGOMÁTICOS POSTERIORES E CONVENCIONAIS ANTERIORES – RELATO DE CASO

Sidnei Antonio Moro¹
Flávia Gasparini Kietake Fontão²

¹ Doutorando do Programa Stricto Sensu Doutorado Profissional na Faculdade ILAPEO

² Professora do Programa Stricto Sensu Doutorado Profissional na Faculdade ILAPEO

RESUMO

A reabilitação de maxilas atróficas severas representa um desafio na implantodontia, especialmente quando se busca evitar enxertos ósseos. A técnica híbrida, que associa implantes zigomáticos posteriores a implantes convencionais anteriores, surge como alternativa viável e previsível, favorecendo a instalação em carga imediata e o restabelecimento da função mastigatória. Este relato descreve o planejamento cirúrgico e protético da reabilitação de uma maxila posterior severamente atrófica, com concavidade profunda na parede lateral do seio maxilar, utilizando implantes zigomáticos bilaterais posicionados segundo a técnica de exteriorização, em associação com três implantes convencionais na região anterior. O planejamento tridimensional foi realizado com o software Codiagnostic X, permitindo simulação precisa da trajetória dos implantes conforme os princípios da abordagem ZAGA. A estabilidade primária foi satisfatória, permitindo instalação em carga imediata com prótese parafusada. A associação entre tecnologia de planejamento virtual, ancoragem quadricortical dos implantes zigomáticos e o uso da técnica híbrida mostrou-se eficaz na distribuição de tensões, controle da inclinação dos implantes e prevenção de complicações sinusais. O caso clínico corrobora os dados da literatura quanto à previsibilidade e eficácia biomecânica da técnica. A técnica híbrida representa uma solução segura e previsível para reabilitação de maxilas atróficas, especialmente quando integrada ao planejamento digital e à seleção criteriosa da trajetória dos implantes, como evidenciado no presente caso.

Palavras-chave: Implantes zigomáticos; Técnica híbrida; Atrofia maxilar; Planejamento cirúrgico; Reabilitação oral.

ABSTRACT

The rehabilitation of severely atrophic maxillae represents a challenge in implant dentistry, especially when bone grafting is to be avoided. The hybrid technique, combining posterior zygomatic implants with anterior conventional implants, emerges as a viable and predictable alternative, favoring immediate loading and restoration of masticatory function. This case report describes the surgical and prosthetic planning for the rehabilitation of a severely atrophic posterior maxilla with a deep concavity in the lateral

wall of the maxillary sinus, using bilateral zygomatic implants placed according to the extra-sinus technique, in association with three conventional implants in the anterior region. Three-dimensional planning was performed using Codiagnostic X software, allowing precise simulation of implant trajectories following the principles of the ZAGA approach. Primary stability was satisfactory, enabling immediate loading with a screw-retained prosthesis. The combination of virtual planning technology, quadricortical anchorage of the zygomatic implants, and the hybrid technique proved effective in stress distribution, implant angulation control, and prevention of sinus complications. This clinical case supports the literature data regarding the predictability and biomechanical efficacy of the technique. The hybrid technique represents a safe and predictable solution for the rehabilitation of atrophic maxillae, especially when integrated with digital planning and careful selection of implant trajectories, as demonstrated in the present case.

Keywords: Zygomatic implants; Hybrid technique; Maxillary atrophy; Surgical planning; Oral rehabilitation.

INTRODUÇÃO

A reabilitação de pacientes com atrofia maxilar severa representa um dos maiores desafios na implantodontia. Diversas abordagens têm sido propostas com o objetivo de restabelecer a função e a estética nesses casos, incluindo técnicas de enxertia óssea como o levantamento do seio maxilar para ganho de altura na região posterior (1), enxertos em bloco na região anterior e posterior (2), e a regeneração óssea guiada (3). Embora eficazes, esses procedimentos geralmente envolvem maior morbidade, prolongado tempo de tratamento, aumento dos custos e risco de reabsorção ou insucesso do enxerto (4,5).

Como alternativa, técnicas de ancoragem em ossos remanescentes têm ganhado destaque, como o uso de implantes inclinados, implantes pterigoides e implantes zigomáticos (6,7,8). Essas abordagens evitam a necessidade de enxertos ósseos, reduzem o tempo total de tratamento e possibilitam a reabilitação com carga imediata, promovendo melhorias na função, estética e autoestima dos pacientes (9,10).

A técnica dos implantes zigomáticos foi desenvolvida no final da década de 1980 pelo professor Per-Ingvar Branemark e sua equipe, na Suécia, como uma solução inovadora para a reabilitação de pacientes com grande atrofia óssea maxilar. Inicialmente, essa técnica foi idealizada para tratar pacientes com perdas ósseas extensas decorrentes de traumas e ressecções tumorais (8,11).

Os implantes zigomáticos foram inicialmente indicados para reabilitação de maxilas atróficas, especialmente nas regiões posteriores, onde a disponibilidade óssea é insuficiente para a instalação de implantes convencionais (12). Na região anterior, por outro lado, geralmente há osso suficiente para a instalação de dois a quatro implantes convencionais (13). Nesses casos, adota-se a técnica híbrida, que combina implantes convencionais na região anterior com implantes zigomáticos na posterior (14). Essa abordagem aproveita a densidade e resistência do osso zigomático (15), elimina a necessidade de enxertos ósseos extensos e permite a instalação de próteses com carga imediata. Além disso, ao ampliar a base de suporte protético, a técnica melhora a estabilidade, durabilidade da reabilitação e reduz significativamente o tempo total de tratamento (13,14).

As principais complicações associadas aos implantes zigomáticos incluem a sinusite, invasão da fossa infratemporal, perfuração da órbita, parestesia dos nervos zigomaticofacial e infraorbitário, o que impacta a qualidade de vida do paciente (16,17). Essas complicações reforçam a necessidade de conhecimento anatômico detalhado e planejamento cuidadoso para minimizar riscos e garantir o sucesso do tratamento.

Na técnica híbrida (18,14), que combina implantes zigomáticos na região posterior com implantes convencionais na região anterior da maxila atrófica, o arranjo biomecânico pode variar conforme o número de implantes anteriores disponíveis. Quando são utilizados apenas dois implantes convencionais anteriores, o sistema forma um arranjo tripodal, no qual os três pontos de apoio (dois posteriores zigomáticos e um ponto anterior com dois implantes) proporcionam estabilidade funcional mínima eficaz, desde que haja correto paralelismo e passividade da infraestrutura. Já quando se instalam três ou mais implantes na região anterior, o sistema passa a configurar um arranjo poligonal (ou quadrilátero de suporte), que permite maior dispersão das cargas oclusais e redução dos momentos de flexão sobre os implantes (19,20). Estudos clínicos e revisões sistemáticas (21) demonstram que a reabilitação de maxilas

severamente atroficas com implantes zigomáticos, associados ou não a implantes convencionais, é biomecanicamente viável e confiável, desde que respeitados os princípios de estabilidade primária e distribuição de carga. Em ambos os casos, a técnica híbrida representa uma alternativa eficaz para a reabilitação de maxilas atroficas sem a necessidade de enxertos ósseos, desde que o planejamento tridimensional respeite a anatomia e a inclinação ideal dos implantes.

O objetivo deste relato de caso é descrever o planejamento cirúrgico e protético de uma reabilitação maxilar utilizando a técnica híbrida, com implantes zigomáticos posteriores associados a implantes convencionais anteriores, em um paciente com atrofia severa da maxila posterior e concavidade profunda na parede lateral do seio maxilar. O relato enfatiza a abordagem trans-sinusal com técnica exteriorizada, o controle da inclinação dos implantes, os critérios anatômicos utilizados para a ancoragem zigomática e a integração com a reabilitação protética final.

RELATO DE CASO

Paciente L.C.M., sexo masculino, 61 anos, sem comorbidades sistêmicas, apresentou-se com queixa principal de dificuldade mastigatória e insatisfação estética. Relatava uso prolongado de prótese total superior, com adaptação insatisfatória e episódios recorrentes de desconforto funcional.

Exame clínico intraoral revelou uso de prótese total na maxila, com mucosa bucal íntegra, normocrômica e sem sinais de inflamação ou infecção (Figura 1). Na mandíbula, observou-se dentes naturais na região anterior e próteses fixas suportadas por implantes nas regiões posteriores bilaterais (Figura 2 A, B e C).



Figura 1: Aspecto clínico da vista oclusal da maxila edêntula.



Figura 2: A – Aspecto clínico da vista lateral direita; B – Vista oclusal; C – Vista lateral esquerda

Inicialmente, foi solicitado um exame radiográfico panorâmico para avaliação geral da maxila e mandíbula, no qual observou-se a perfeita adaptação das próteses fixas sobre os implantes. Contudo, o implante posterior, do lado direito, apresentava grande perda óssea ao redor (Figura 3).

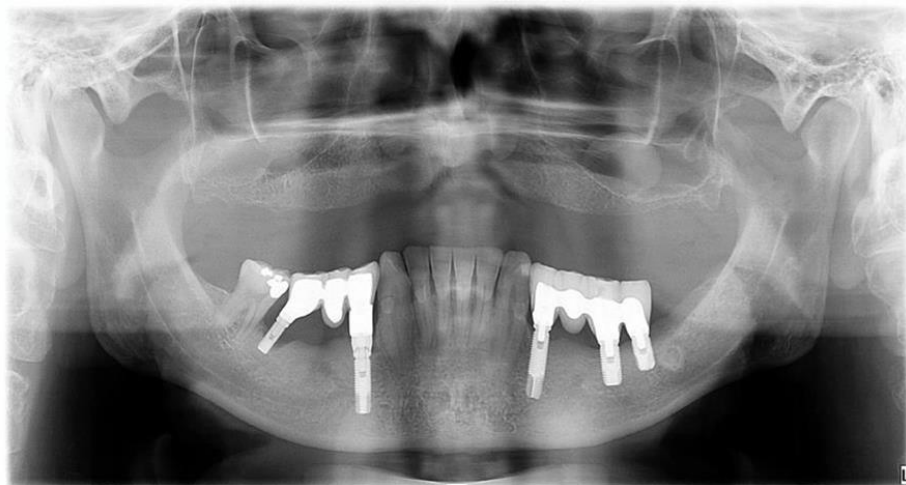


Figura 3: Rx Panorâmico

Para uma análise minuciosa da anatomia óssea da maxila, foi realizada tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). As imagens obtidas foram exportadas em formato DICOM e processadas no software de planejamento cirúrgico coDiagnostiX® (Dental Wings, Montreal, Canadá), possibilitando reconstruções multiplanares e tridimensionais. Essa etapa foi essencial para o delineamento preciso da trajetória dos implantes zigomáticos e para o posicionamento ideal dos implantes convencionais na região anterior da maxila, respeitando as estruturas anatômicas adjacentes. As reconstruções tridimensionais permitiram a avaliação detalhada das relações entre o rebordo alveolar atrófico, o seio maxilar e o corpo do osso zigomático, garantindo previsibilidade ao planejamento cirúrgico (Figura 4).

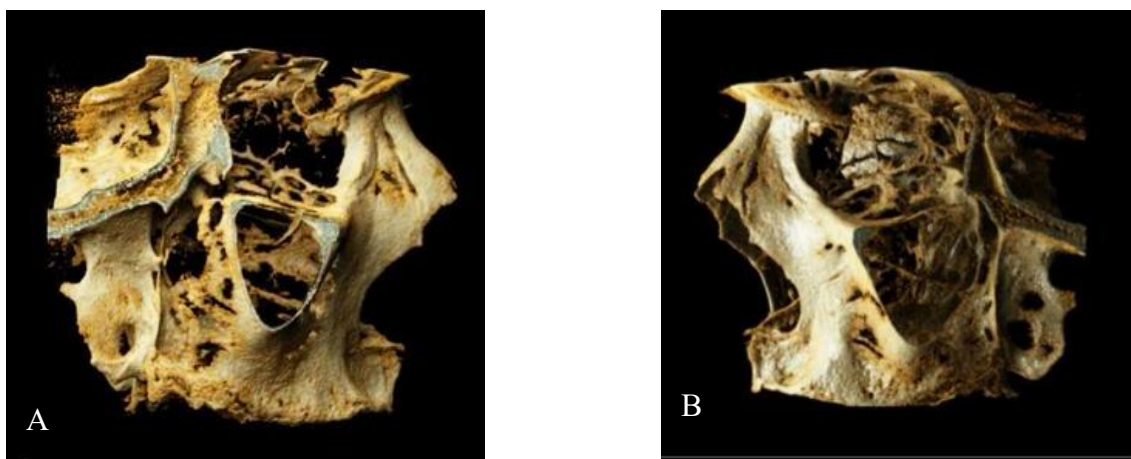


Figura 4: TCFC pré-operatória: Reconstrução 3D – A – lado direito; B – lado esquerdo

Com base na avaliação clínica e radiográfica, optou-se pela aplicação da técnica híbrida, combinando implantes zigomáticos nas regiões posteriores da maxila e implantes convencionais na região anterior. A decisão terapêutica levou em consideração a preferência do paciente por evitar procedimentos de enxertia óssea, como o levantamento do seio maxilar, favorecendo uma abordagem minimamente invasiva com reabilitação por meio de carga imediata. Essa estratégia permitiu a redução do tempo cirúrgico, das comorbidades associadas e dos custos do tratamento. O planejamento virtual foi determinante para a definição precisa da

trajetória dos implantes zigomáticos e para o posicionamento ideal dos implantes convencionais, respeitando os limites anatômicos e assegurando previsibilidade ao procedimento cirúrgico.

O procedimento cirúrgico foi realizado em ambiente ambulatorial, sob sedação consciente assistida por profissional anestesta, com medicação pré-operatória administrada em solução de soro fisiológico. A sedação foi associada à anestesia local com articaina a 4% com epinefrina 1:100.000, proporcionando conforto ao paciente e controle adequado da dor intraoperatória. Essa combinação permitiu a execução da técnica cirúrgica previamente planejada.

Foi realizada uma incisão linear ao longo da crista do rebordo alveolar da maxila, associada a incisões relaxantes na região da crista infrazigomática bilateral(8), permitindo amplo descolamento mucoperiosteal e adequada exposição da parede lateral do seio maxilar e da porção anterior do osso zigomático (Figura 5).

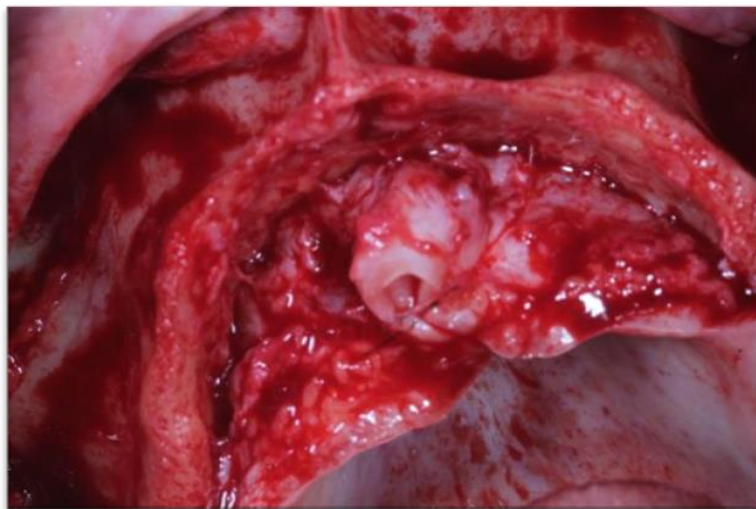


Figura 5: Exposição da região anterior da maxila, da parede lateral do seio maxilar e do osso zigomático após descolamento mucoperiosteal.

Após a exposição da região posterior da maxila e do osso zigomático, observou-se que a parede lateral do seio maxilar apresentava aspecto côncavo(22,23,24), fator que influenciou

a escolha da técnica cirúrgica. Neste caso, foi adotada a técnica cirúrgica de Stella (25), que favorece a inserção dos implantes em posição mais apical, aumentando a área de contato osso-implante (BIC), fator essencial para garantir uma estabilidade primária robusta e segura. Ademais, essa técnica contribui para a redução do risco de sinusite pós-operatória, preservando a integridade da mucosa sinusal ao evitar a invasão direta do seio maxilar.

Inicialmente, foi realizada a fresagem para instalação dos implantes zigomáticos, utilizando brocas sequenciais específicas, sob irrigação abundante com soro fisiológico estéril, conforme a trajetória previamente definida no planejamento 3D. A perfuração inicial foi executada na região posterior da crista alveolar, entre o segundo pré-molar e o primeiro molar (26,27), com angulação direcionada ao corpo do osso zigomático, transpassando a parede lateral do seio maxilar, sem violar a mucosa sinusal (Figura 6 A e B).

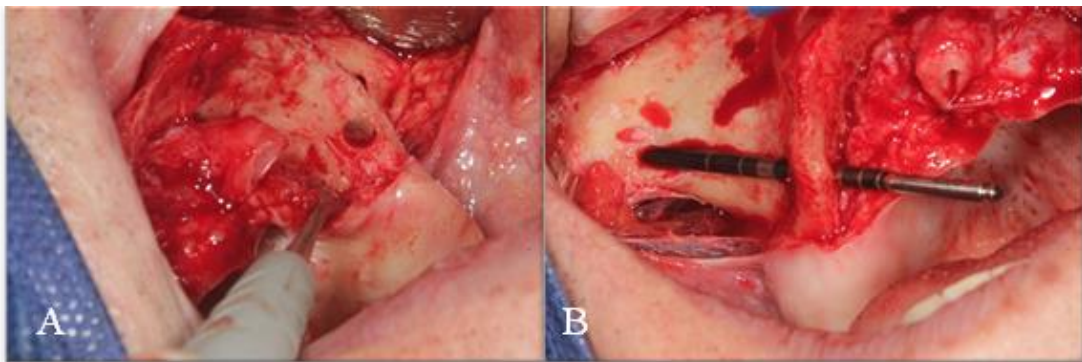


Figura 6: A – imagem da localização da perfuração na crista do rebordo; B Fresagem cirúrgica com inclinação da broca na crista alveolar posterior, entre o segundo pré-molar e o primeiro molar, em direção ao corpo do osso zigomático.

Após o término da fresagem, foram instalados implantes zigomáticos de plataforma interna cônica, com dimensões de $4,0 \times 47,5$ mm na região superior direita e $4,0 \times 50$ mm na região superior esquerda, indicados para maxilas atroficas. Os implantes apresentavam corpo com roscas em “V” e ápice cônico com sulcos apicais, características que favorecem a estabilidade primária. O torque de inserção foi de 60 Ncm (Figura 7 A e B e C).

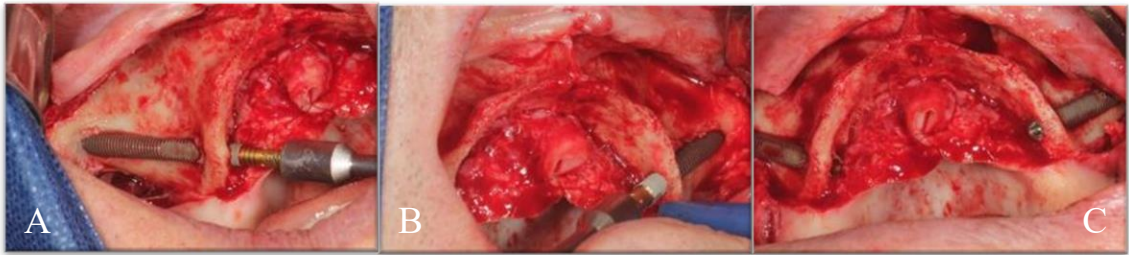


Figura 7: A - B - imagem da instalação dos implantes zigomático na região do 16 e 26; C – implantes zigomáticos instalados e sua relação com a crista do rebordo

Após a instalação dos implantes zigomáticos na região posterior, foram instalados três implantes convencionais na região anterior da maxila: dois implantes de plataforma interna cônica, com $3,5 \times 16$ mm, posicionados nas regiões dos pilares caninos direito (dente 13) e esquerdo (dente 23), além de um implante de $3,5 \times 13,0$ mm na linha média, precedido do esvaziamento do feixe neurovascular nasopalatino, conforme Figura 8.

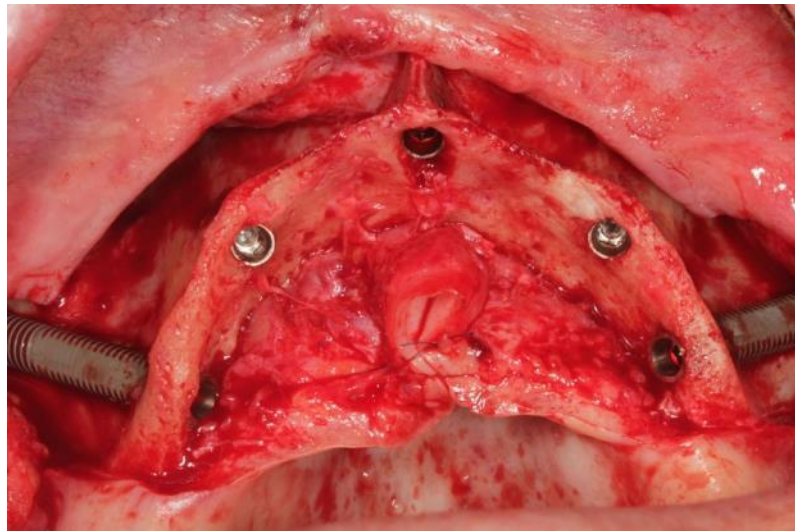


Figura 8: imagem oclusal mostrando a distribuição tridimensional dos implantes zigomáticos, região posterior, e dos implantes convencionais, região anterior.

Além da instalação dos implantes zigomáticos na região posterior e dos implantes convencionais na região anterior, foi realizado um enxerto na porção anterior da maxila com o objetivo de aumentar o volume ósseo vestibular e, consequentemente, otimizar o suporte labial. Para isso, utilizou-se um bloco ósseo xenógeno esponjoso, caracterizado por elevada porosidade e alta hidrofiliabilidade, favorecendo a rápida absorção sanguínea e a integração ao

tecido receptor. O bloco foi fixado com parafusos específicos para enxertos ósseos, garantindo estabilidade durante o período de incorporação. Sobre o enxerto, posicionou-se uma membrana reabsorvível que oferece resistência mecânica adequada e excelente adaptação à anatomia da área enxertada, contribuindo para a manutenção do volume e para a proteção contra invasão de tecido mole.

Concluída a instalação dos implantes zigomáticos e convencionais, foram selecionados e instalados minipilares cônicos compatíveis com a altura da mucosa peri-implantar. Em seguida, adaptaram-se cilindros provisórios de titânio e realizou-se a captura da prótese provisória do paciente, em resina acrílica, para reabilitação em carga imediata. Para o controle do posicionamento dos implantes e documentação pós-operatória, foi realizada uma radiografia panorâmica. O exame também evidenciou a presença do enxerto ósseo em bloco na região anterior da maxila, bem como a substituição de um implante na região posterior direita da mandíbula (Figura 9).

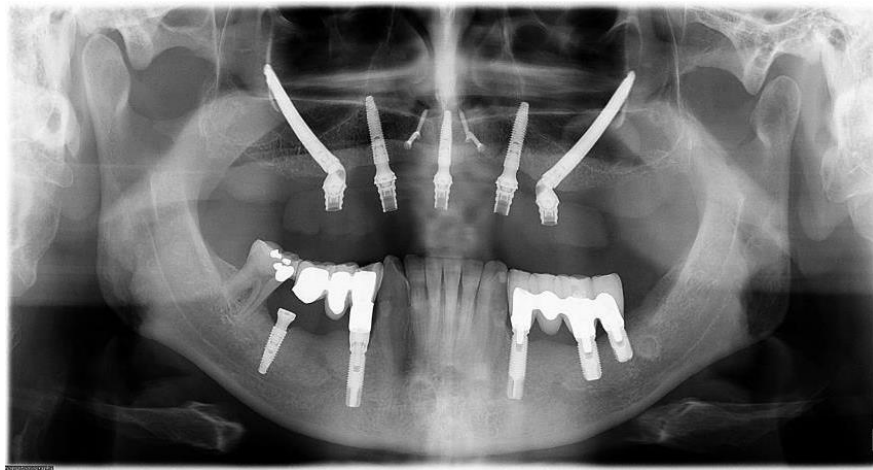


Figura 9: Rx Panorâmico pós-operatório

Após seis meses, a prótese provisória em resina acrílica é removida para avaliar a osseointegração e a saúde dos tecidos moles. Em seguida, realizou-se a moldagem funcional, seguida da prova e ajustes laboratoriais (Figura 10 A e B), culminando na instalação da prótese protocolo em Zircônia (Figura 11).



Figura 10: (A) imagem oclusal da montagem dos dentes e da saída dos parafusos protéticos; (B) foto frontal da montagem dos dentes.



Figura 11: Instalação da prótese protocolo em Zircônia definitiva do paciente, após o período de reabilitação com carga imediata.

DISCUSSÃO

A reabilitação de maxilas atroficas representa um dos maiores desafios da implantodontia contemporânea, especialmente quando se busca evitar procedimentos de enxertia óssea. Nesse contexto, a técnica híbrida com implantes zigomáticos e convencionais tem se mostrado uma alternativa viável, segura e previsível, ao proporcionar ancoragem em osso basal e permitir a distribuição favorável das cargas mastigatórias. O caso apresentado ilustra a aplicabilidade dessa abordagem em um paciente com atrofia maxilar severa, permitindo reabilitação em carga imediata com estabilidade primária adequada e recuperação funcional precoce.

Estudos clínicos e meta-análises envolvendo mais de 1.800 implantes zigomáticos indicam uma taxa de sobrevivência de 94% em cinco anos (21), resultado comparável aos implantes convencionais (95,3%) (28). A instalação em carga imediata tem sido associada a

maior taxa de sucesso (96,7%) em comparação ao carregamento tardio (91,4%), em virtude da estabilização cruzada entre os implantes (21). O posicionamento extra-sinusal, conforme a abordagem ZAGA (Zygoma Anatomy-Guided Approach), contribui para a redução da incidência de sinusite (de 14,2% para 5,8%) (29). Apesar da elevada previsibilidade, complicações biológicas como sinusite e peri-implantite ainda representam desafios clínicos, com prevalência relatada de até 14,2% e 35,7%, respectivamente (30). Tais eventos estão frequentemente associados à perfuração da membrana sinusal e à higiene oral deficiente. Protocolos estruturados de manutenção, com acompanhamento clínico regular e exames radiográficos seriados, têm se mostrado eficazes na redução dessas complicações em até 42% (6).

Complementando os dados da literatura, o caso clínico apresentado seguiu os princípios da técnica híbrida com implantes zigomáticos e convencionais, demonstrando resultados compatíveis com os achados científicos. A instalação em carga imediata foi viabilizada pela adequada estabilidade primária, o que reforça os benefícios relatados quanto à maior taxa de sucesso nesse protocolo (96,7%) em comparação ao carregamento tardio. Os implantes zigomáticos foram posicionados fora do interior do seio maxilar, respeitando os contornos ósseos conforme os critérios da técnica ZAGA, abordagem que reduz significativamente a incidência de sinusite (5,8%). Até o momento, o paciente evolui com cicatrização satisfatória, sem sinais de inflamação peri-implantar ou complicações sinusais, o que reforça a previsibilidade clínica da técnica híbrida na reabilitação de maxilas atróficas severas.

Estudos com análise de elementos finitos demonstram que a técnica híbrida, com implantes zigomáticos associados a implantes convencionais anteriores, promove uma distribuição mais uniforme das tensões mastigatórias no osso maxilar, reduzindo o risco de sobrecarga e falhas (31,32). Em modelos simulando cargas oclusais de 200 N, foram observados picos de tensão de 12,4 MPa nos implantes zigomáticos e 9,8 MPa nos

convencionais — valores abaixo do limite de resistência da cortical óssea (35–40 MPa)(30). Esse desempenho biomecânico é atribuído à ancoragem quadricortical dos implantes zigomáticos, que envolve duas corticais maxilares e duas zigomáticas, favorecendo a estabilidade mesmo em casos de atrofia avançada (33). No caso apresentado, essa configuração permitiu adequada estabilidade primária e viabilizou a instalação em carga imediata, com segurança biomecânica compatível com os achados da literatura.

“Avanços no planejamento cirúrgico virtual e no design de implantes têm contribuído significativamente para aumentar a previsibilidade clínica em reabilitações com implantes zigomáticos, sobretudo em casos de atrofia maxilar severa. O uso de softwares de planejamento 3D permite uma avaliação minuciosa da anatomia zigomático-sinusal, viabilizando a simulação precisa da trajetória dos implantes e a seleção ideal de comprimento, angulação e ponto de emergência, respeitando os limites das corticais ósseas (34). No presente caso clínico, o CoDiagnostiX foi utilizado para o planejamento virtual dos implantes, possibilitando a escolha do trajeto extra-sinusal conforme a anatomia individual e os princípios da técnica ZAGA. Esses recursos tecnológicos reforçam os dados da literatura ao evidenciar, na prática clínica, a eficácia da integração entre diagnóstico por imagem, planejamento virtual e execução cirúrgica guiada no sucesso das reabilitações com a técnica híbrida.

A análise integrada do presente caso clínico com os dados da literatura reforça a eficácia da técnica híbrida (18) com implantes zigomáticos em maxilas severamente atróficas, especialmente quando associada a planejamento tridimensional personalizado (35,37). A combinação de estabilidade biomecânica, distribuição favorável das tensões oclusais (36) e redução das complicações sinusais por meio da abordagem extra-sinusal evidencia a previsibilidade do protocolo (21). O uso de ferramentas digitais, como o software CoDiagnostiX, permite não apenas maior precisão na seleção da trajetória dos implantes, mas também maior segurança na execução cirúrgica, minimizando riscos intraoperatórios. Dessa

forma, o conhecimento anatômico aprofundado, aliado à tecnologia e à seleção criteriosa da técnica cirúrgica, torna-se essencial para o sucesso a longo prazo em reabilitações com implantes zigomáticos. Tais achados destacam a importância de um planejamento individualizado e da adoção de condutas baseadas em evidências na prática clínica.

CONCLUSÃO

A técnica híbrida, com implantes zigomáticos posteriores e convencionais anteriores, demonstrou-se eficaz na reabilitação de maxila severamente atrofica. O planejamento cirúrgico e protético individualizado, com apoio de tecnologia 3D e abordagem exteriorizada, permitiu instalação segura, estabilidade primária e reabilitação em carga imediata, com bons resultados funcionais e estéticos.

REFERÊNCIAS

- 1.Starch-Jensen T, Jensen JD. Maxillary Sinus Floor Augmentation: a Review of Selected Treatment Modalities. J Oral Maxillofac Res. 2017 Sep 30;8(3):e3.
- 2.Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: a systematic review. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2015 Mar 1;20(2):e251-8.
- 3.Wessing B, Lettner S, Zechner W. Guided Bone Regeneration with Collagen Membranes and Particulate Graft Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. Int J Oral Maxillofac Implants. 2018 January/February;33(1):87–100.
- 4.Esposito M, et al. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants: (II) Etiopathogenesis. Eur J Oral Sci. 2008. PMID: 9881653 OK
- 5.Cricchio G, Lundgren S. Donor site morbidity in two different approaches to anterior iliac crest bone harvesting. Clin Implant Dent Relat Res. 2003;5(3):161-9.
- 6.Maló P, Rangert B, Nobre M. "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. Clin Implant Dent Relat Res. 2003;5 Suppl 1:2-9.

7. Araujo RZ, Santiago Júnior JF, Cardoso CL, Benites Condezo AF, Moreira Júnior R, Curi MM. Clinical outcomes of pterygoid implants: Systematic review and meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg*. 2019 Apr;47(4):651-660.
8. Brånemark PI, Gröndahl K, Öhrnell LO, Nilsson P, Petruson B, Svensson B, Engstrand P, Nannmark U. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2004;38(2):70-85.
9. Sartori EM, Padovan LE, Sartori IAM, Ribeiro PD, Carvalho ACGS, Goiano MC. Evaluation of satisfaction of patients rehabilitated with zygomatic fixture. *J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Feb;70(2):314-19.
10. Padovan LE, Ribeiro-Junior PD, Sartori IAM, Thomé G, Sartori EM, Uhlendorf J. Multiple zigomatic implants as an alternative for rehabilitation of the extremely atrophic maxilla: a case letter with 55 months of follow-up. *J Oral Implantol*. 2015 Feb;41(1):97-100.
11. Aparicio C, Manresa C, Francisco K, Claros P, Alánde J, González-Martín O, Albrektsson T. Zygomatic implants: indications, techniques and outcomes, and the zygomatic success code. *Periodontol 2000*. 2014 Oct;66(1):41-58.
12. Felice P, Bonifazi L, Pistilli R, Trevisiol L, Pellegrino G, Nocini PF, Barausse C, Tayeb S, Bersani M, D'Agostino A. Zygomatic implants in the rehabilitation of severe maxillary atrophy: A retrospective study of 274 zygomatic implants with a mean follow-up period of 7.5 years. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2024 Nov 19;17(4):401-408. PMID: 39559940.
13. Rosenstein J, Dym H. Zygomatic Implants: A Solution for the Atrophic Maxilla. *Dent Clin North Am*. 2020 Apr;64(2):401-409.
14. Polido WD, Machado-Fernandez A, Lin WS, Aghaloo T. Indications for zygomatic implants: a systematic review. *Int J Implant Dent*. 2023 Jul 1;9(1):17.
15. Nkenke E, Hahn M, Lell M, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Stech B, et al. Anatomic site evaluation of the zygomatic bone for dental implant placement. *Clin Oral Implants Res*. 2003 Feb;14(1):72-9.
16. Wadde K, Kokitkar S, Venkatakrishnan L, Ranganath S, Khair S. Comparative Evaluation of Sinus Complication and Survival Rates of Quad Zygoma versus Bizygoma in Combination with two Regular Implants in Atrophic Maxilla: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Maxillofac Oral Surg*. 2024 Jun;23(3):710-718.
17. Gutiérrez Muñoz D, Obrador Aldover C, Zubizarreta-Macho Á, González Menéndez H, Lorrio Castro J, Peñarocha-Oltra D, Montiel-Company JM, Hernández Montero S. Survival Rate and Prosthetic and Sinus Complications of Zygomatic Dental Implants for the Rehabilitation of the Atrophic Edentulous Maxilla: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology (Basel)*. 2021 Jun 29;10(7):601.
18. Lorusso F, Conte R, Inchingolo F, Festa F, Scarano A. Survival Rate of Zygomatic Implants for Fixed Oral Maxillary Rehabilitations: A Systematic Review and Meta-Analysis

Comparing Outcomes between Zygomatic and Regular Implants. *Dent J (Basel)*. 2021 Apr 1;9(4):38.

19. Bedrossian E, Brunski J, Al-Nawas B, Kämmerer PW. Zygoma implant under function: biomechanical principles clarified. *Int J Implant Dent*. 2023 Jun 22;9(1):15.

20. Aboul-Hosn Centenero S, Lázaro A, Giralt-Hernando M, Hernández-Alfaro F. Zygoma Quad Compared With 2 Zygomatic Implants: A Systematic Review and Meta-analysis. *Implant Dent*. 2018 Apr;27(2):246-253.

21. Brennand Roper M, Vissink A, Dudding T, Pollard A, Gareb B, Malevez C, Balshi T, Brecht L, Kumar V, Wu Y, Jung R. Long-term treatment outcomes with zygomatic implants: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent*. 2023 Jul 5;9(1):21. doi: 10.1186/s40729-023-00479-x. PMID: 37405545; PMCID: PMC10322814. OK

22. Aparicio C. A proposed classification for zygomatic implant patients based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): a cross-sectional survey. *Eur j Oral Implantol*. 2011;4(3):269-275.

23. Moro SA, Thomé G, Padovan LEM, da Silva RD, Tiossi R, Fontão FNGK. A Zygomatic Bone Study Using Virtual Dental Implant Planning Software. *J Oral Implantol*. 2022 Jun 1;48(3):171-176.

24. Corvello PC, Caldas RJ, Vidigal GM Jr. Classification of the anterior maxillary sinus wall morphology for zygomatic implant placement: a new approach. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010;25(3):588–92.

25. Stella JP, Warner MR. Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomatic dental implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;15(6):889–893. OK

26. Rossi M, Duarte LR, Mendonça R, Fernandes A. Anatomical bases for the insertion of zygomatic implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2008 Dec;10(4):271-5. doi: 10.1111/j.1708-8208.2008.00091.x. Epub 2008 Apr 1. PMID: 18384404.

27. Uchida Y, Nogami S, Goto M, Yamashita Y, Hanihara T, Akiyoshi T. Measurement of zygomatic bone thickness for zygomatic implants using dry skulls. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014;16(6):926–31.

28. Gutiérrez Muñoz D, Obrador Aldover C, Zubizarreta-Macho Á, González Menéndez H, Lorrio Castro J, Peñarrocha-Oltra D, Montiel-Company JM, Hernández Montero S. Survival Rate and Prosthetic and Sinus Complications of Zygomatic Dental Implants for the Rehabilitation of the Atrophic Edentulous Maxilla: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology (Basel)*. 2021 Jun 29;10(7):601. doi: 10.3390/biology10070601. PMID: 34209770; PMCID: PMC8301194. OK

29. Aparicio C, Polido WD, Chehade A, Shenouda M, Simon M, Simon P, Al-Nawas B. Round and flat zygomatic implants: effectiveness after a 3 year follow up non interventional study. *Int J Implant Dent*. 2024 Jun 10;10(1):30. doi: 10.1186/s40729-024-00548-9. PMID: 38856876; PMCID: PMC11164844. OK

30. Al-Nawas B, Aghaloo T, Aparicio C, Bedrossian E, Brecht L, Brennand-Roper M, Chow J, Davó R, Fan S, Jung R, Kämmerer PW, Kumar VV, Lin WS, Malevez C, Morton D, Pijpe J, Polido WD, Raghoobar GM, Stumpel LJ, Tuminelli FJ, Verdino JB, Vissink A, Wu Y, Zarrine S. ITI consensus report on zygomatic implants: indications, evaluation of surgical techniques and long-term treatment outcomes. *Int J Implant Dent*. 2023 Sep 12;9(1):28. doi: 10.1186/s40729-023-00489-9. PMID: 37698775; PMCID: PMC10497463. OK
31. Acar G, Ari I, Tosun E. Biomechanical evaluation of implant options for unilateral maxillary defects: a finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2024 Nov 1;24(1):1338. doi: 10.1186/s12903-024-05100-0. PMID: 39487496; PMCID: PMC11529234. OK
32. Rathod DK, Chakravarthy C, Suryadevara SS, Patil RS, Wagdargi SS. Stress Distribution of the Zygomatic Implants in Post-mucormycosis Case: A Finite Element Analysis. *J Maxillofac Oral Surg*. 2023 Apr 9;22(3):1-7. doi: 10.1007/s12663-023-01914-7. Epub ahead of print. PMID: 37362879; PMCID: PMC10098241. OK
33. Bedrossian E, Brunski J, Al-Nawas B, Kämmerer PW. Zygoma implant under function: biomechanical principles clarified. *Int J Implant Dent*. 2023 Jun 22;9(1):15. doi: 10.1186/s40729-023-00483-1. PMID: 37347335; PMCID: PMC10287889. OK
34. Fan S, Sáenz-Ravello G, Diaz L, Wu Y, Davó R, Wang F, Magic M, Al-Nawas B, Kämmerer PW. The Accuracy of Zygomatic Implant Placement Assisted by Dynamic Computer-Aided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2023 Aug 21;12(16):5418. doi: 10.3390/jcm12165418. PMID: 37629460; PMCID: PMC10455221. OK
35. Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flügge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*. 2020 Sep 10;20(1):251. doi: 10.1186/s12903-020-01208-1. PMID: 32912273; PMCID: PMC7488021. OK
36. Acar G, Ari I, Tosun E. Biomechanical evaluation of implant options for unilateral maxillary defects: a finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2024 Nov 1;24(1):1338. doi: 10.1186/s12903-024-05100-0. PMID: 39487496; PMCID: PMC11529234. OK
37. González Rueda JR, Galparsoro Catalán A, de Paz Hermoso VM, Riad Deglow E, Zubizarreta-Macho Á, Pato Mourelo J, Montero Martín J, Hernández Montero S. Accuracy of computer-aided static and dynamic navigation systems in the placement of zygomatic dental implants. *BMC Oral Health*. 2023 Mar 15;23(1):150. doi: 10.1186/s12903-023-02856-9. PMID: 36918837; PMCID: PMC10015906.