



Guilherme Bulgarelli Starling

Efeitos da associação da proteína derivada da matriz do esmalte e terapia de fotobiomodulação na formação óssea peri-implantar: estudo microtomográfico.

CURITIBA
2025

Guilherme Bulgarelli Starling

Efeitos da associação daproteína derivada da matriz do esmalte e terapia de fotobiomodulação na formação óssea peri-implantar: estudo microtomográfico.

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. Valdir Gouveia Garcia

Co-orientadora: Profa. Dra. Letícia Helena Theodoro

CURITIBA
2025

Guilherme Bulgarelli Starling

Efeitos da associação da proteína derivada da matriz do esmalte e terapia de fotobiomodulação na formação óssea peri-implantar: estudo microtomográfico.

Presidente da Banca Orientador(a): Prof. Dr. Valdir Gouveia Garcia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jânderson de Medeiros Cardoso
Prof. Dr. Rubens Moreno de Freitas

Aprovada em: 04 de novembro de 2025

Dedicatória

Dedico este trabalho, com profundo carinho e gratidão, aos meus amados pais, Geraldo e Venusia, cuja incansável dedicação e estímulo ao aprendizado e à excelência profissional foram a base da minha jornada. Estendo esta homenagem à minha querida noiva, Carolina, cujo amor, apoio e presença constante em todos os momentos foram fundamentais para minha perseverança. Por fim, dedico este esforço à minha família e amigos, cuja incondicional solidariedade e incentivo me sustentaram ao longo deste caminho acadêmico.

Agradecimentos

Com reverente gratidão, dirijo meu primeiro agradecimento a Deus, fonte suprema de sabedoria e fortaleza que guiou cada passo desta jornada. Agradeço de maneira especial ao meu orientador, Prof. Dr. Valdir Gouveia Garcia, cuja orientação dedicada, vasto conhecimento e paciência foram fundamentais para a concretização desta dissertação.

Agradeço profundamente ao Prof. Dr. Edilson Ervolino e sua equipe pelo imprescindível apoio, pela cessão do laboratório e pela dedicação durante a realização das cirurgias e estudos, que foram fundamentais para o êxito deste trabalho.

Minha gratidão se estende a todos os professores da Faculdade ILAPEO, cujas valiosas lições enriqueceram minha formação, e à instituição, que ofereceu um ambiente propício ao desenvolvimento acadêmico.

Aos meus colegas da turma de Mestrado de 2023, guardo gratidão pelos momentos compartilhados que marcaram minha trajetória, especialmente ao meu trio, Andrei Corrêa Guandalini e Anderson Kovaleski, pelo companheirismo, ricas conversas e apoio mútuo que tornaram esta experiência memorável. Aos meus pais, Geraldo e Venusia, expresso um agradecimento profundo por seu amor incondicional e incentivo constante, que me sustentaram em todos os desafios. À minha noiva, Carolina, dedico meu eterno reconhecimento por estar ao meu lado com afeto e compreensão, sendo minha inspiração diária e alicerce emocional em todos os momentos. Por fim, à minha família e amigos, agradeço pela crença inabalável em meu potencial, que me impulsionou a alcançar esta meta.

Sumário

1. Artigo científico 1	7
2. Artigo científico 2.....	26

1. Artigo científico 1

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO, para futura publicação no periódico **J Clin Exp Dent.**

EFEITOS DA ASSOCIAÇÃO DA PROTEÍNA DERIVADA DA MATRIZ DO ESMALTE E TERAPIA DE FOTOBIMODULAÇÃO NA FORMAÇÃO ÓSSEA PERI-IMPLANTAR: estudo microtomográfico.

Guilherme Bulgarelli Starling¹
Valdir Gouveia Garcia²

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

² Professor do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

RESUMO

A osseointegração é um processo crítico para o sucesso de implantes dentários, especialmente em áreas com baixa densidade óssea. Nesta condição, vários biomateriais tem sido estudados com o propósito de contribuir para que este processo ocorra favoravelmente no entanto, as evidências ainda são inconclusivas. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da associação da proteína derivada da matriz do esmalte (EMD) e da terapia de fotobiomodulação (FBM) na formação óssea perimplantar. Foram utilizados 42 ratos machos (*Rattus norvegicus, albinus, Wistar*), randomizados aleatoriamente em três grupos: Grupo C (controle, coágulo sanguíneo), Grupo P (EMD) e Grupo PL (FBM+ EMD + FBM). Defeitos ósseos de 1,6 mm de diâmetro foram criados nas tibias dos animais e implantes de titânio de 2 mm de diâmetro e 4,5 mm de altura foram instalados. A FBM (AsGaAl, 808 nm) foi aplicada em dois momentos: imediatamente após a criação do defeito e após instalação do implante. Sete animais de cada grupo foram submetidos à eutanásia nos períodos de 14 e 42 dias e as peças anatômicas foram analisadas por microtomografia computadorizada (Micro-CT). Houve formação óssea em todos os grupos e períodos. Os resultados permitiram concluir a combinação da proteína derivada da matriz do esmalte com a terapia de fotobiomodulação promoveu uma formação óssea perimplantar ligeiramente maior em comparação ao grupo que recebeu apenas a proteína derivada do esmalte. Contudo, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Palavras-chave: Fotobiomodulação; Reparação óssea; Proteína do esmalte; Animais; Implantes dentais.

ABSTRACT

Osseointegration is a critical process for the success of dental implants, especially in areas with low bone density. In this condition, several biomaterials have been studied with the purpose of contributing

to this process to occur favorably; however, the evidence is still inconclusive. This study aimed to evaluate the effects of the association of enamel matrix-derived protein (EMD) and photobiomodulation therapy (PBM) on peri-implant bone formation. Forty-two male rats (*Rattus norvegicus*, albinus, Wistar) were randomly randomized into three groups: Group C (control, blood clot), Group P (EMD) and Group PL (PBM + EMD + PBM). Bone defects of 1.6 mm in diameter were created in the tibias of the animals and titanium implants of 2 mm in diameter and 4.5 mm in height were installed. PBM (GaAlAs, 808 nm) was applied at two moments: immediately after defect creation and after implant placement. Seven animals from each group were euthanized at 14 and 42 days, and the anatomical specimens were analyzed by micro-computed tomography (Micro-CT). Bone formation was observed in all groups and periods. The results allowed us to conclude that the combination of enamel matrix-derived protein with photobiomodulation therapy promoted slightly greater peri-implant bone formation compared to the group that received only enamel-derived protein. However, there was no statistically significant difference between the groups. **Keywords:** Photobiomodulation; Bone repair; Enamel protein; Animal implants.

Keywords: Photobiomodulation; Bone repair; Enamel protein; Animals; Dental implants.

INTRODUÇÃO

A osseointegração, conceito introduzido por Brânemark na década de 1960, refere-se à conexão direta e funcional entre a superfície de um implante e o osso vivo, sendo um fator determinante para o sucesso clínico dos implantes dentários a longo prazo [1]. Esse processo dinâmico envolve tanto a formação inicial quanto a manutenção da interface osso-implante, sendo influenciado por variáveis como a qualidade óssea local, as características da superfície do implante e a resposta biológica do hospedeiro [2]. Entretanto, a instalação de implantes em regiões de baixa densidade óssea, como osso tipo III e IV, continua sendo um desafio clínico, frequentemente associado a menores taxas de sucesso [3]. Assim, estratégias que favoreçam a formação óssea perimplantar tornam-se essenciais para otimizar a osseointegração em condições ósseas desfavoráveis.

A proteína derivada da matriz do esmalte (EMD), comercialmente conhecida como Emdogain®, tem sido amplamente estudada devido ao seu potencial regenerativo em tecidos periodontais e ósseos. Constituída predominantemente por amelogenina (95%), a EMD exerce um efeito modulador na proliferação e diferenciação de células osteogênicas, além de regular a atividade osteoclastica [4, 5]. Estudos in vitro demonstram que a EMD favorece a viabilidade e proliferação de osteoblastos, além de estimular a produção de fatores de crescimento e

citocinas que promovem a regeneração óssea [6, 7]. No entanto, as evidências provenientes de estudos in vivo ainda são contraditórias, com alguns trabalhos relatando efeitos benéficos significativos [8, 9], enquanto outros não identificaram diferenças relevantes quando a EMD foi aplicada em superfícies de titânio [10, 11].

Paralelamente, a terapia de fotobiomodulação (FBM), também conhecida como laserterapia de baixa intensidade, tem sido explorada como uma estratégia promissora para a reparação óssea. Essa abordagem atua na modulação de processos celulares fundamentais, como a proliferação e diferenciação de células mesenquimais, a angiogênese e a síntese de colágeno [12, 13]. Estudos recentes indicam que a FBM pode acelerar a regeneração óssea em diferentes condições clínicas, incluindo a osseointegração de implantes dentários [14, 15]. No entanto, a interação entre FBM e EMD ainda é pouco investigada, especialmente no contexto da formação óssea ao redor de implantes [16, 17].

Diante desse panorama, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da associação entre a proteína derivada da matriz do esmalte e a terapia de fotobiomodulação na formação óssea perimplantar, utilizando um modelo animal com implantes instalados na tibia de ratos. A relevância deste estudo reside na possibilidade de desenvolver uma abordagem terapêutica combinada, aplicável a cenários clínicos desafiadores nos quais a qualidade óssea constitui um fator limitante para o sucesso do tratamento com implantes. Além disso, a elucidação dos mecanismos envolvidos na interação sinérgica entre EMD e FBM pode abrir novas perspectivas para o emprego dessas terapias em outras áreas da medicina regenerativa.

OBJETIVOS E HIPÓTESES

OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da associação da proteína derivada da matriz do esmalte e a terapia de FBM na formação óssea ao redor de implantes instalados em tibia de ratos sistematicamente normais.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar do ponto de vista microtomográfico (MicroCT) a formação óssea perimplantar;

HIPÓTESES

A hipótese do estudo é que o uso da associação proteína derivada da matriz do esmalte e a terapia de FBM contribuirá para uma maior formação óssea na área perimplantar.

A hipótese nula deste estudo é que não haverá benefícios para o reparo ósseo perimplantar com a utilização da proteína derivada da matriz do esmalte associada à terapia de FBM na neoformação óssea perimplantar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

Este estudo foi submetido à avaliação e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista (Unesp) (anexo 1), em conformidade com os princípios éticos da experimentação animal. Foram utilizados 42 ratos machos da linhagem Wistar (*Rattus norvegicus, albinus*), com idade entre 3 e 4 meses, provenientes do Biotério Central da Faculdade de Odontologia do Campus

de Araçatuba, SP. Os animais foram mantidos em ambiente climatizado, com temperatura controlada ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e ciclo de luz de 12 horas, inicialmente por um período de adaptação. Durante o período experimental, receberam dieta sólida triturada (Ração Presence – Moinho Primor S.A., São Paulo, SP) e água *d.* Todos os procedimentos seguiram as diretrizes do ARRIVE Guidelines para experimentação animal [18].

Cálculo da amostra

O cálculo amostral foi realizado por meio do software GPower 3.1.9.7, utilizando o teste ANOVA – Repeated Measures, Within Factors. Foram adotados um erro alfa (tipo I) de 0,05 e um erro beta (tipo II) de 0,80, considerando um tamanho de efeito de 0,25. Com base nesses parâmetros, determinou-se a necessidade de 36 animais para garantir poder estatístico adequado. Para compensar perdas experimentais, foi aplicada uma margem de segurança de 20%, resultando em um total final de 42 animais.

Procedimentos experimentais

Anestesia

Os animais foram submetidos à anestesia geral por via intramuscular, utilizando uma associação de cloridrato de ketamina (80 mg/kg; Francotar, Virbac, SP, Brasil) e cloridrato de xilazina (10 mg/kg; Coopazine, Coopers Brasil Ltda, Cotia, SP, Brasil). Caso necessário, administrou-se uma dose adicional correspondente a 50% da dose inicial para manutenção do plano anestésico.

Procedimento cirúrgico de criação do defeito ósseo

Após a indução anestésica, foi realizada a antisepsia da região cirúrgica com solução de iodo tópico (PVP-I 10%) e, posteriormente, a tricotomia da área correspondente à tíbia, próximo à articulação esquerda. Realizou-se uma incisão linear de aproximadamente 30 mm

com bisturi e lâmina 15C, seguida do rebatimento dos tecidos moles até a exposição da cortical óssea.

A perfuração óssea foi realizada com uma broca ponta de lança (Neodent, Curitiba, PR, Brasil) para rompimento da cortical, seguida da confecção de uma cavidade bicortical utilizando broca de 1,6 mm de diâmetro (Neodent, Curitiba, PR, Brasil), acoplada a motor cirúrgico operando a 980 rpm, sob irrigação contínua com soro fisiológico estéril (Figura 1). Após o preparo cirúrgico, a cavidade foi irrigada para remoção de detritos ósseos, garantindo um leito adequado para os tratamentos experimentais [19] e os tratamentos realizados.

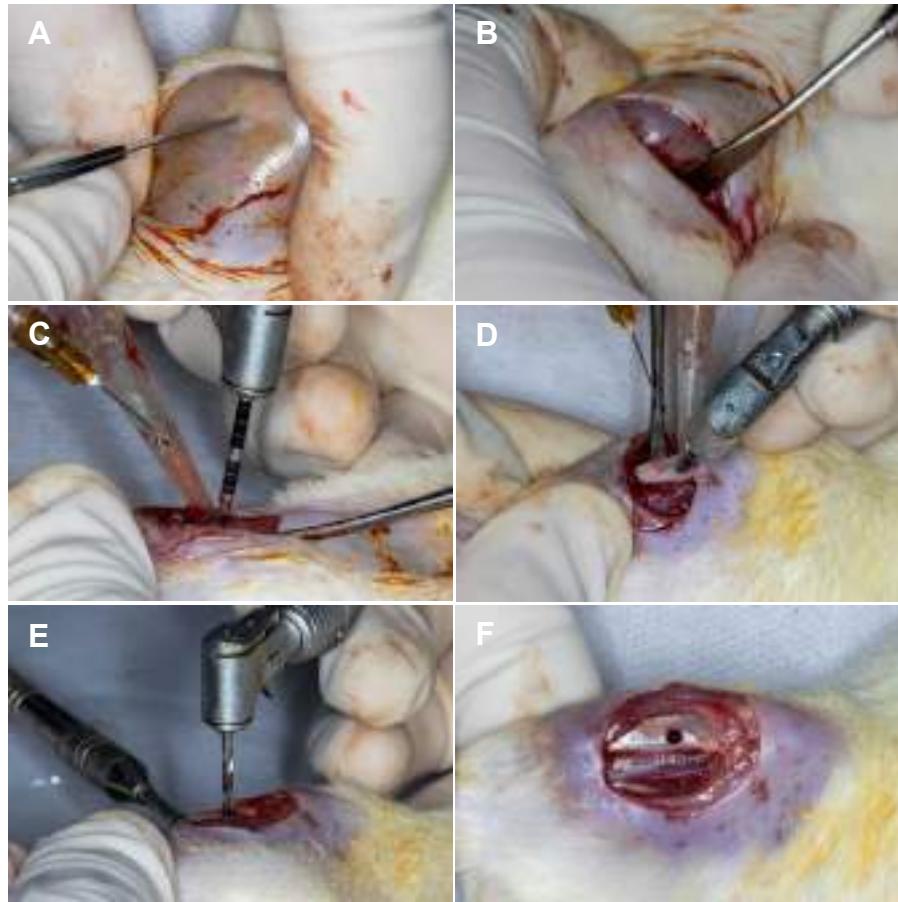


Figura 1 - Procedimento cirúrgico de criação do defeito ósseo em tibia de ratos. A) Incisão no tecido mole; B) Deslocamento dos tecidos moles; C,D) Perfuração da cortical óssea (broca lança); E) Ampliação da cavidade com a broca 1.6 mm; F) Defeito ósseo criado.

Após a intervenção cirúrgica e tratamentos realizados, o periósteo e o tecido muscular foram reposicionados e suturados com fio absorvível (Vicryl 4.0, Ethicon, Johnson & Johnson, São José dos Campos, Brasil) e fio de nylon (5.0, Shalon Medical, Sertix, GO, Brasil). No pós-operatório, administrou-se uma dose única de antibiótico (Pentabiótico C Veterinário Reforçado, Wyeth S.A., São Bernardo do Campo, SP, Brasil) e analgésico Lisador injetável, via intramuscular.

Grupos e tratamentos

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em três grupos experimentais que receberam os seguintes tratamentos (Figura 2): Grupo C (Controle, n=14): Cavidade óssea preenchida com coágulo sanguíneo seguido da instalação de implante; Grupo P (n=14):

Cavidade óssea preenchida com proteína derivada da matriz do esmalte (Emdogain®) seguido da instalação de implante; Grupo PL (n=14): Cavidade óssea tratada inicialmente com fotobiomodulação (FBM), preenchida com Emdogain®, seguida de nova aplicação de FBM.

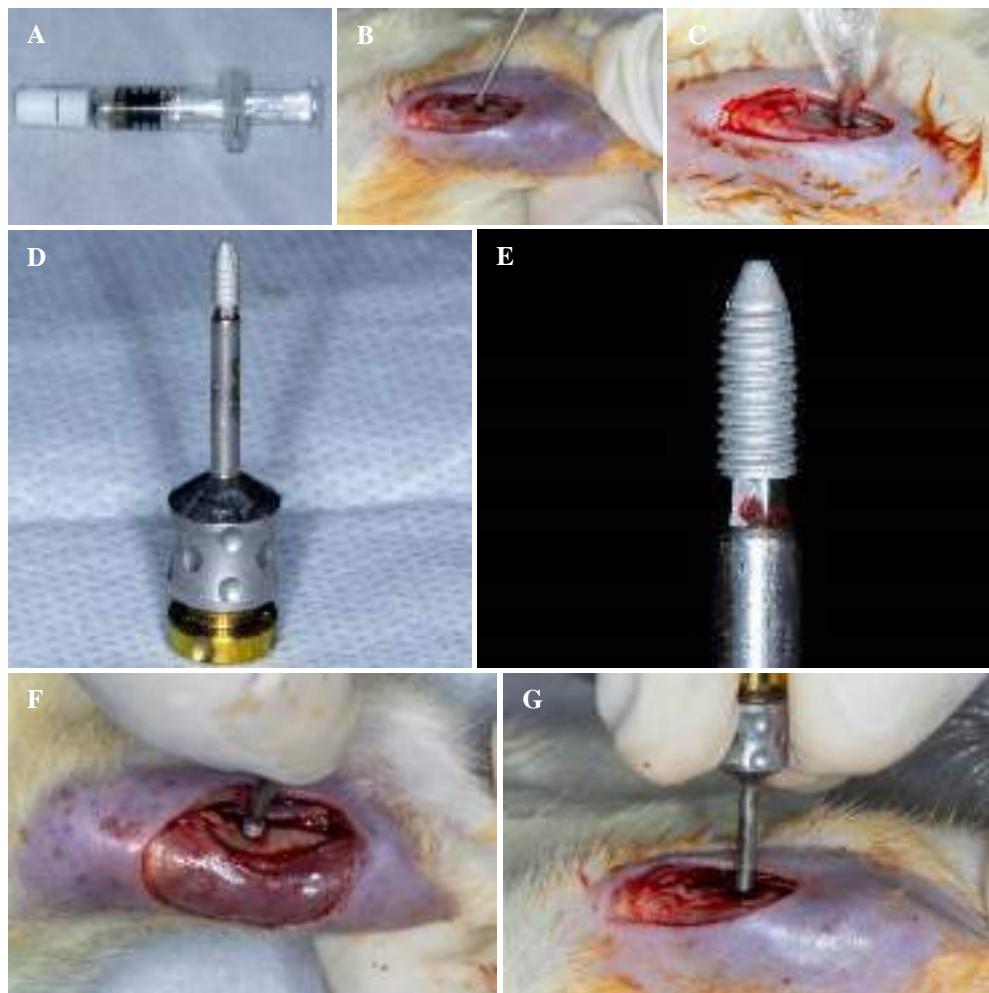


Figura 2 - Tratamento realizados nos diferentes grupos: A) Proteína derivada da matriz do Esmalte (Emdogain®); B) Preenchimento do defeito ósseo com Emdogain®; C) FBM; D,E) Implante que será instalado no defeito ósseo; F,G) Implante sendo instalado na loja cirúrgica criada em tibia.

Todos os implantes tinham 2 mm de diâmetro x 4,5 mm de altura e foram instalados manualmente até atingir estabilidade primária na cortical oposta.

Fotobiomodulação mediada por laser de baixa potência (FBM)

A fotobiomodulação mediada por laser de baixa potência foi aplicada nos animais dos grupo PL (EMD+ FBM), em dois momentos: Momento 1: imediatamente após a criação do defeito ósseo; Momento 2: após a instalação do implante.

Protocolo de laserterapia :

- **Emissor :** Arseneto de gálio e Alumínio (AsGaAl)
- **Comprimento de onda:** 808 nm (infravermelho)
- **Potência útil :** 75 mW (0,075 W)
- **Tempo de exposição:** 31 segundos
- **Área do spot :** 0,0283 cm²
- **Energia por ponto:** 2,3 J
- **Modo:** contínuo.
- **Aplicação:** contato pontual.
- **Energia total por aplicação:** 4,6 J
- **Irradiância :** 2,6 W/ cm²

Eutanásia dos animais

Sete animais de cada grupo foram submetidos à eutanásia por superdosagem de anestésico (Tiopental, 150 mg/kg, via intraperitoneal) nos períodos de 14 e 42 dias pós-operatórios. As peças ósseas contendo a área objeto do estudo foram coletadas e seguiu o processo laboratorial para a análise em MicroCT.

Obtenção dos Resultados

Análise por Microtomografia Computadorizada (Micro-CT)

As amostras de cada um dos grupos experimentais foram cuidadosamente coletadas e fixadas em paraformoldeido 4% por 48 horas e em seguida foram armazenadas em álcool 70% previamente ao escaneamento por microtomografia computadorizada. As tibias foram submetidas ao escaneamento utilizando-se um microtomográfico de alta resolução (SkyScan 1172 Bruker MicroCT, Aartselaar, Bélgica).

O escaneamento das amostras seguiu os seguintes parâmetros específicos: tamanho do voxel de 2000x1336, 70 kVp, ângulo de rotação de 0,5°, corrente do feixe em 385 µA, filtro de alumínio e cobre de 1 mm, tempo de exposição de 540 milissegundos e resolução da imagem de 18 µm. A reconstrução das imagens foi realizada utilizando o software Nrecon® (SkyScan, Versão 1.6.6.0). Em seguida, o programa DataViewer® (SkyScan, Versão 1.4.4) foi utilizado para orientar corretamente a imagem nas três dimensões espaciais. Os parâmetros definidos para a reconstrução foram correção de artefatos em 2, correção de endurecimento do feixe em 30% e suavização em 2%.

Seções transversais exibindo todo o defeito por meio de imagens axiais foram empregadas para quantificar a porcentagem de osso recém-formado (BV/TV). A região de interesse (ROI) foi definida como uma região circular de 0,5 mm ao redor de todo o diâmetro

do implante, delineada a cada 10 planos. Essa ROI foi definida como o volume total (margem de 0,5 mm ao redor dos implantes – 4,5 mm × 3,2 mm). O limiar utilizado na análise foi de 25–90 tons de cinza, e os valores de volume do tecido mineralizado ao redor dos implantes foram obtidos em valores percentuais. O parâmetro arquitetônico ósseo avaliado foi fração de volume ósseo (BV/TV%). (Figuras 3 e 4). Toda a análise por micro-CT foi realizada por um examinador experiente e cego aos grupos experimentais (RSM).

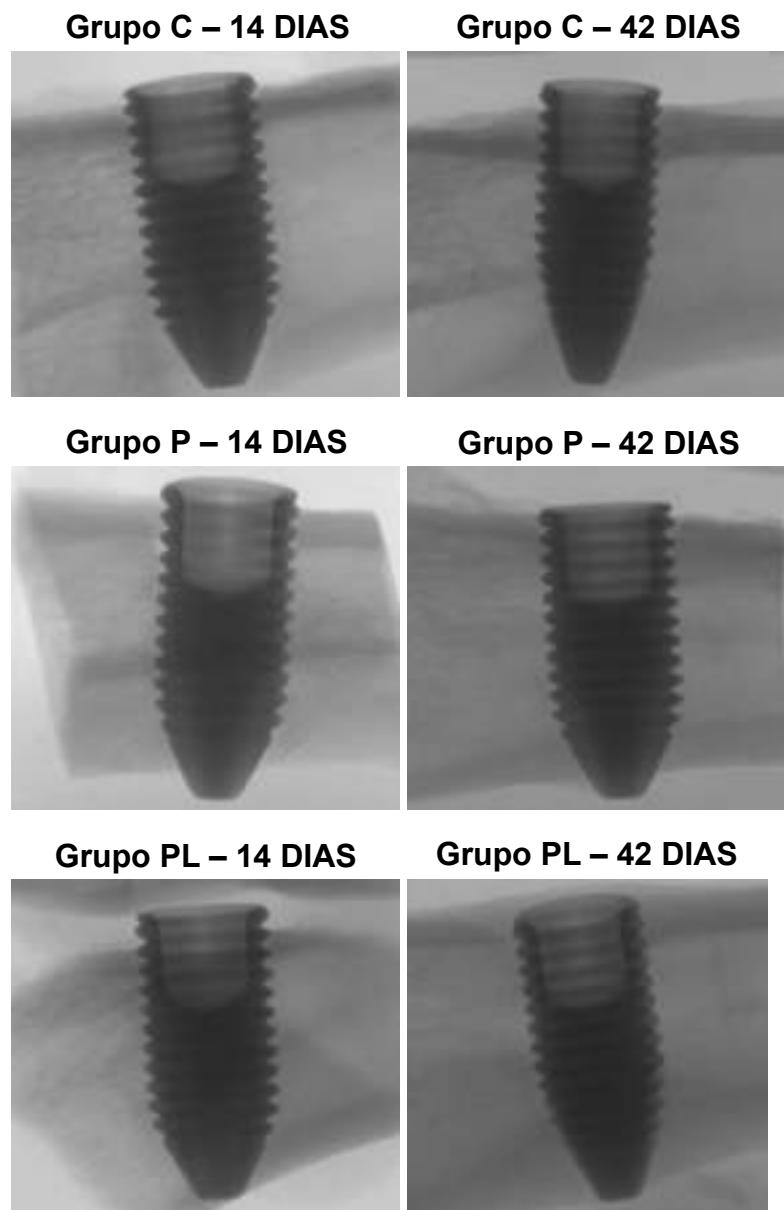
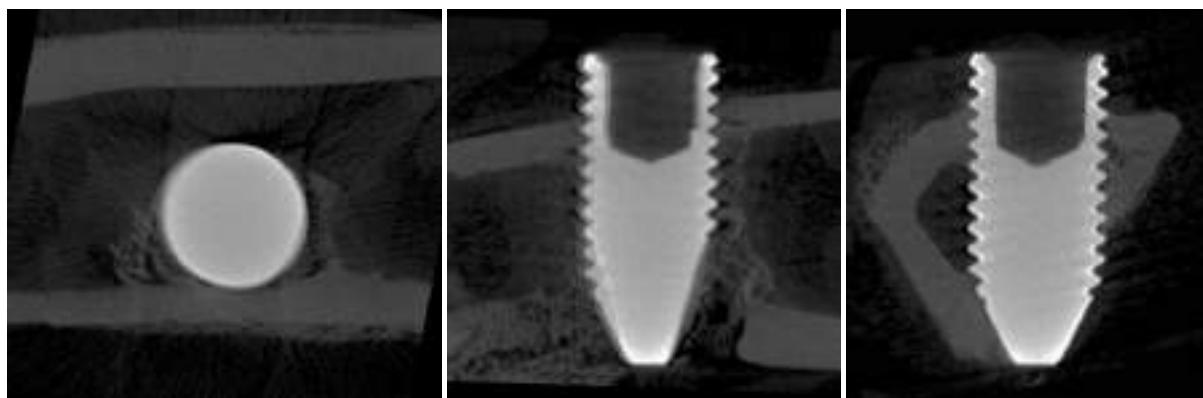
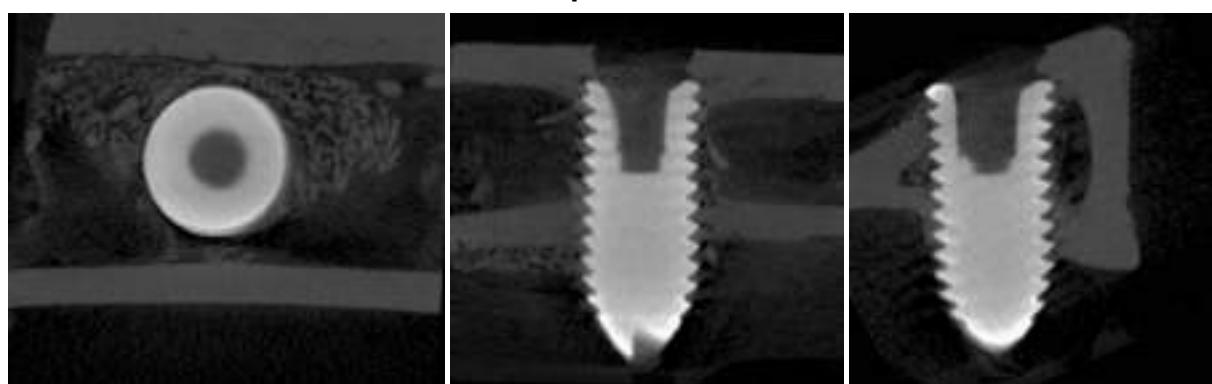


Figura 3 - Imagens Microtomográficas Computadorizadas (Micro-CT) de tibias contendo os implantes instalados dos diferentes grupos e períodos de avaliação.

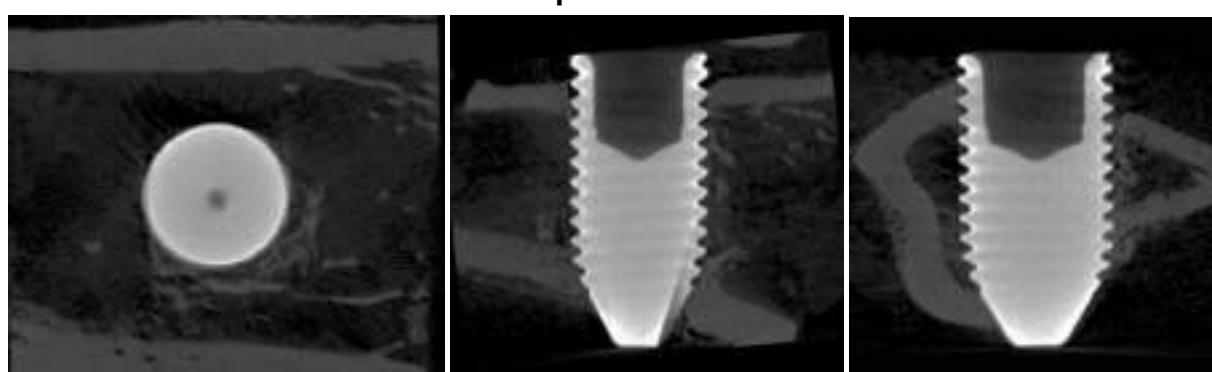
Grupo C – 14 DIAS



Grupo P – 14 DIAS



Grupo PL – 14 DIAS



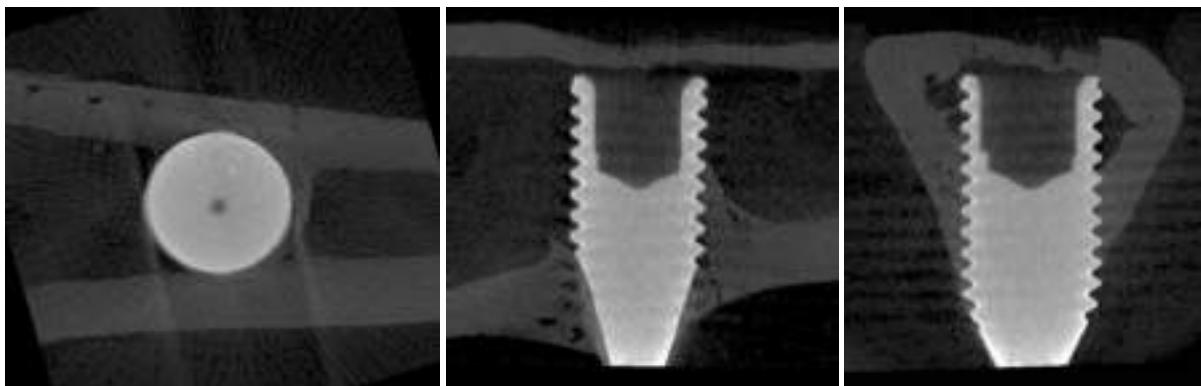
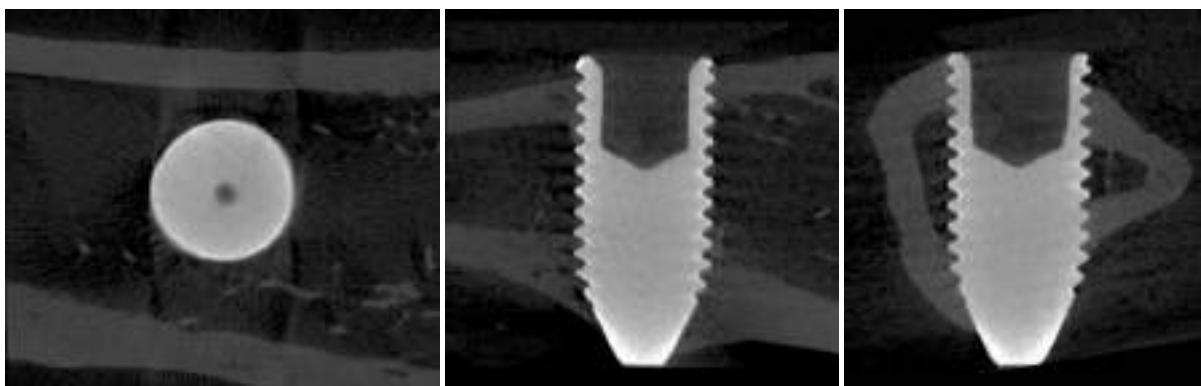
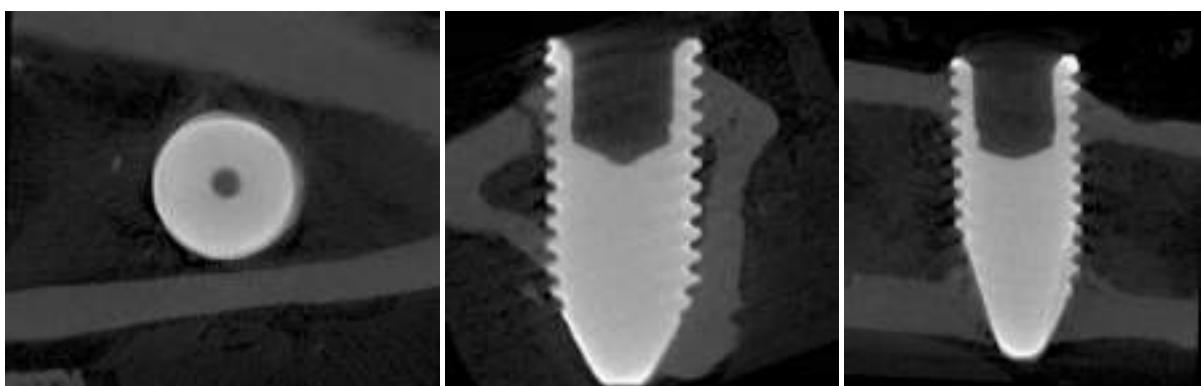
Grupo C – 42 DIAS**Grupo P – 42 DIAS****Grupo PL – 42 DIAS**

Figura 4 - Imagens Microtomográficas Computadorizadas (Micro-CT) em 2D de tibias, em 3 cortes diferentes (axial, sagital e coronal), contendo os implantes instalados dos diferentes grupos e períodos de avaliação.

RESULTADOS

Para a análise de microtomografia computadorizada as três espiras iniciais de cada um dos implantes foram avaliadas. O resultado obtido está demonstrado na figura 4 abaixo. Os resultados não demonstraram diferença significativa entre os grupos nem com relação ao período experimental com relação a porcentagem de tecido ósseo ao redor dos implantes.

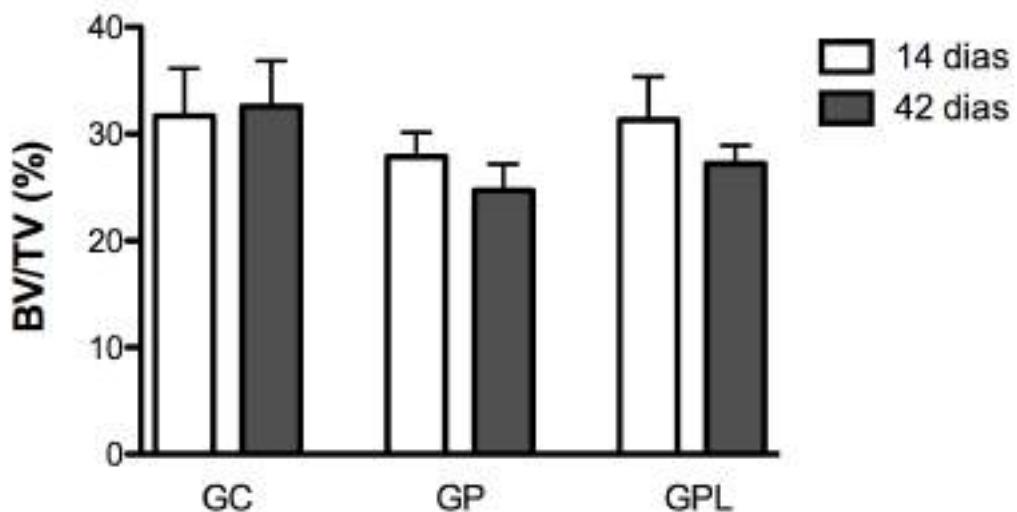


Figura 5 - Formação óssea ao redor dos implantes (BV/TV (%)) nos diferentes grupos e períodos de avaliação.

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou os efeitos da associação da proteína derivada da matriz do esmalte (EMD) e da terapia de fotobiomodulação (FBM) na formação óssea perimplantar em tibias de ratos, utilizando análise microtomográfica (Micro-CT). Os resultados indicaram que todos os grupos experimentais — controle (coágulo sanguíneo), EMD isolada e EMD associada à FBM — apresentaram formação óssea ao redor dos implantes nos períodos de 14 e 42 dias. Notavelmente, o grupo que recebeu a combinação de EMD e FBM exibiu uma maior formação óssea perimplantar em comparação ao grupo tratado apenas com EMD, embora não tenha sido observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Esses achados fornecem

dados importantes sobre o potencial da associação dessas terapias, mas também destacam limitações que merecem ser exploradas.

A formação óssea observada em todos os grupos corrobora com a capacidade intrínseca do organismo de promover reparo ósseo em sítios cirúrgicos implantares, mesmo na ausência de intervenções adicionais, como no grupo controle. Esse resultado está alinhado com estudos prévios que demonstram a eficácia do coágulo sanguíneo como um arcabouço natural para a regeneração óssea inicial [2, 19]. Contudo, a possibilidade de maior neoformação óssea no grupo PL (EMD + FBM) sugere que a combinação dessas terapias pode potencializar os processos biológicos envolvidos na osseointegração, possivelmente por meio da estimulação de osteoblastos e da modulação da resposta inflamatória local.

A EMD, composta majoritariamente por amelogenina, é conhecida por seu papel na proliferação e diferenciação de células osteogênicas [4, 5]. Estudos in vitro e in vivo já demonstraram seu potencial em promover a regeneração óssea e periodontal [6, 8]. No entanto, os efeitos da EMD em superfícies de titânio, como as dos implantes utilizados neste estudo, ainda geram controvérsias. Casati et al. (2002) e Franke Stenport & Johansson (2003) não observaram benefícios significativos da EMD em modelos semelhantes, o que pode explicar a ausência de diferenças estatisticamente relevantes entre o grupo P (EMD isolada) e o grupo controle em nosso estudo.

Por outro lado, a FBM tem se destacado como uma ferramenta promissora na reparação óssea, influenciando a proliferação celular, a angiogênese e a síntese de colágeno [12, 13]. A aplicação do laser de baixa potência (AsGaAl, 808 nm) em dois momentos — após a criação do defeito e após a instalação do implante — pode ter contribuído para a tendência de maior formação óssea no grupo PL. Estudos recentes, como os de Garcia et al. (2022) e Berni et al. (2023), indicam que a FBM acelera a osseointegração em modelos animais, possivelmente por meio da bioestimulação de células mesenquimais e da redução do estresse oxidativo no sítio

cirúrgico. Assim, a combinação com a EMD pode ter amplificado esses efeitos, ainda que de forma não estatisticamente significativa neste estudo.

A falta de significância estatística entre os grupos pode ser atribuída a diversos fatores. Primeiramente, o tamanho da amostra ($n=7$ por subgrupo em cada período) pode não ter sido suficiente para detectar diferenças sutis, apesar do cálculo amostral ter considerado um poder estatístico adequado. Além disso, o modelo experimental, com defeitos de 1,6 mm em tibias de ratos, pode não replicar completamente as condições clínicas de baixa densidade óssea em humanos, como osso tipo III ou IV [3]. A escolha de períodos de avaliação (14 e 42 dias) também pode ter influenciado os resultados, uma vez que a formação óssea inicial pode ter atingido um platô em todos os grupos, mascarando diferenças potenciais em estágios mais tardios da osseointegração.

Outro aspecto relevante é a interação entre EMD e FBM, que permanece pouco explorada na literatura. Embora Lim et al. (2016) e Alberti et al. (2021) tenham investigado os efeitos isolados dessas terapias em contextos perimplantares, a combinação ainda carece de estudos. Os resultados deste trabalho sugerem que a FBM pode potencializar os efeitos osteogênicos da EMD, possivelmente por meio da ativação de vias celulares complementares, como a liberação de fatores de crescimento ou a modulação da inflamação. Contudo, análises histológicas ou moleculares adicionais poderiam esclarecer esses mecanismos, representando uma limitação do presente estudo, que se restringiu à análise microtomográfica.

Em síntese, os achados reforçam a viabilidade da associação de EMD e FBM como uma estratégia promissora para otimizar a formação óssea perimplantar, especialmente em cenários desafiadores. No entanto, a ausência de diferenças estatisticamente significativas indica a necessidade de estudos futuros com amostras maiores, períodos de avaliação mais prolongados e análises complementares para validar essa abordagem e esclarecer os mecanismos subjacentes.

7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos por meio da metodologia utilizada neste estudo, pode-se concluir concluir a combinação da proteína derivada da matriz do esmalte com a terapia de fotobiomodulação promoveu uma formação óssea perimplantar ligeiramente maior em comparação ao grupo que recebeu apenas a proteína derivada do esmalte. Contudo, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

8. REFERÊNCIAS

1. Bränemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.
2. Albrektsson T, Bränemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand.* 1981;52(2):155-70.
3. Misch CE. *Contemporary Implant Dentistry*. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1999.
4. Hammarström L. The role of enamel matrix proteins in the development of cementum and periodontal tissues. *Ciba Found Symp.* 1997;205:246-60.
5. Lyngstadaas SP, Wohlfahrt JC, Brookes SJ, Paine ML, Snead ML, Reseland JE. Enamel matrix proteins; old molecules for new applications. *Orthod Craniofac Res.* 2009;12(3):243-53.
6. Schwartz Z, Carnes DL, Pulliam R, Lohmann CH, Sylvia VL, Liu Y, Boyan BD. Porcine fetal enamel matrix derivative stimulates proliferation but not differentiation of preosteoblastic 2T9 cells, inhibits proliferation and stimulates differentiation of osteoblast-like MG63 cells, and increases proliferation and differentiation of normal human osteoblast NHOst cells. *J Periodontol.* 2000;71(8):1287-96.
7. Wu SM, Chiu HC, Chin YT, Lin HY, Chiang CY, Tu HP, Wang YH. Effects of enamel matrix derivative on the proliferation and osteogenic differentiation of human gingival mesenchymal stem cells. *Stem Cell Res Ther.* 2014;5(2):52.
8. Shimizu-Ishiura M, Tanaka S, Lee WS, Debari K, Sasaki T. Effects of enamel matrix derivative to titanium implantation in rat femurs. *J Biomed Mater Res.* 2002;60(2):269-76.
9. Birang R, Shahabooei M, Mashhadiabbas F, Atabaki M, Naghsh N, Kavosh K, Mogharehabed A. Effect of enamel matrix derivative on bone formation around

- intraosseous titanium implant: An experimental study in canine model. *Dent Res J.* 2012;9(6):790-6.
10. Casati MZ, Sallum EA, Nociti FH, Caffesse RG, Sallum AW. Enamel matrix derivative and bone healing after guided bone regeneration in dehiscence-type defects around implants. A histomorphometric study in dogs. *J Periodontol.* 2002;73(7):789-96.
 11. Franke Stenport V, Johansson CB. Enamel matrix derivative and titanium implants. *J Clin Periodontol.* 2003;30(4):359-63.
 12. Wang L, Wu F, Liu C, Song Y, Guo J, Yang Y, Qiu Y. Low-level laser irradiation modulates the proliferation and the osteogenic differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells under healthy and inflammatory condition. *Lasers Med Sci.* 2019;34(1):169-78.
 13. Si D, Su B, Zhang J, Zhao K, Li J, Chen D, Wang X. Low-level laser therapy with different irradiation methods modulated the response of bone marrow mesenchymal stem cells in vitro. *Lasers Med Sci.* 2022;37(9):3509-16.
 14. Garcia VG, Calil VS, Cardoso JM, Hinz M, da Rocha TE, Ervolino E, Theodoro LH. In vivo comparative study of the effects of using the enamel matrix derivative and/or photobiomodulation on the repair of bone defects. *J Clin Exp Dent.* 2022;14(2):e114-22.
 15. Berni M, Brancato AM, Torriani C, Bina V, Annunziata S, Cornella E, Grassi FA. The role of low-level laser therapy in bone healing: systematic review. *Int J Mol Sci.* 2023;24(8):7094.
 16. Lim HC, Lee JS, Jung UW, Choi SH. Bone regenerative potential of enamel matrix protein in the circumferential defect around a dental implant. *Implant Dent.* 2016;25(2):179-85.
 17. Alberti A, Francetti L, Taschieri S, Corbella S. The applications of enamel matrix derivative in implant dentistry: a narrative review. *Materials (Basel).* 2021;14(11):3045.
 18. Percie du Sert N, Hurst V, Ahluwalia A, et al. The ARRIVE guidelines 2.0: Updated guidelines for reporting animal research. *PLoS Biol.* 2020;18(7):e3000410. doi:10.1371/journal.pbio.3000410
 19. Garcia VG, Calil VS, Cardoso JM, et al. In vivo comparative study of the effects of using the enamel matrix derivative and/or photobiomodulation on the repair of bone defects. *J Clin Exp Dent.* 2023;14(2):e114-22.
 20. Faverani LP, Polo TOB, Ramalho-Ferreira G, et al. Raloxifene but not alendronate can compensate the impaired osseointegration in osteoporotic rats. *Clin Oral Investig.* 2018;22(1):255-65.

ANEXOS

ANEXO 1

Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



CAMPUS ARAÇATUBA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA - Ethics Committee on the Use of Animals

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Pesquisa intitulado "Efeitos da associação da proteína derivada da matriz do esmalte e a terapia de fotobiomodulação na formação óssea perimplantar: estudo histomorfométrico, imunohistoquímico e microtomográfico", Processo FOA nº 841-2023, sob responsabilidade de Valdir Gouveia Garcia apresenta um protocolo experimental de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal e sua execução foi aprovada pelo CEUA em 12 de Dezembro de 2023.

VALIDADE DESTE CERTIFICADO: 09 de Junho de 2025.

DATA DA SUBMISSÃO DO RELATÓRIO FINAL: até 09 de Julho de 2025.

CERTIFICATE

We certify that the study entitled "Effects of the association of protein derived from enamel matrix and photobiomodulation therapy on perimplant bone formation: histomorphological, immunohistochemical and microtomographic study", Protocol FOA nº 841-2023, under the supervision of Valdir Gouveia Garcia presents an experimental protocol in accordance with the Ethical Principles of Animal Experimentation and its implementation was approved by CEUA on December 12, 2023.

VALIDITY OF THIS CERTIFICATE: June 09, 2025.

DATE OF SUBMISSION OF THE FINAL REPORT: July 09, 2025.

Prof. Dr. Fellippe Ramos Verri
Coordenador da CEUA
CEUA Coordinator

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba
Rua José Bonifácio, 1189 – Vila Mendonça - CEP: 18016-950 – ARAÇATUBA - SP
Fone: (16) 3636-3234 – Email: CEUA-FOA@unesp.br

2. Artigo científico 2

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO, para futura publicação no periódico **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery (JOMS)**.

REABILITAÇÃO DE PACIENTE JOVEM COM ANOMALIAS DENTÁRIAS COMPLEXAS: PAPEL DO PLANEJAMENTO PROTÉTICO INICIAL NA PREVISIBILIDADE E SUCESSO DO TRATAMENTO

Guilherme Bulgarelli Starling¹

Anderson Kovaleski²

Andrei Corrêa Guandalini³

Leandro Eduardo Klüppel⁴

Elisa Mattias Sartori⁵

Ivete Aparecida de Mattias Sartori⁶

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

⁴ Professor do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

⁵ Professora do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

⁶ Professora do Programa de Pós-Graduação da Faculdade Ilapeo, área de Implantodontia (Curitiba, PR, Brasil)

RESUMO

A amelogênese imperfeita (AI) é uma condição genética rara que afeta a formação do esmalte dentário, resultando em dentes frágeis e com morfologia alterada, impactando principalmente a estética e função mastigatória dos pacientes. Este estudo descreve a reabilitação de um paciente jovem com AI, dentes ectópicos e excesso de volume ósseo mandibular e a hipótese diagnóstica de odontodisplasia regional (OR), ressaltando a importância do planejamento protético inicial para garantir resultados previsíveis em tratamentos complexos. O paciente, um homem de 21 anos, apresentou-se com severo comprometimento estético e funcional, exigindo intervenções cirúrgicas e protéticas bem planejadas. O

planejamento protético inicial foi baseado na definição da prótese ideal, da dimensão vertical de oclusão (DVO) e do espaço protético, o que permitiu ajustes durante a fase cirúrgica, incluindo osteotomias para corrigir o espaço interarcos e garantir a estabilidade dos implantes. O uso de tecnologias digitais, como tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), softwares de planejamento e guias cirúrgicos digitais, foi fundamental para a precisão na instalação dos implantes e no planejamento da carga imediata. Após as intervenções, o paciente experimentou uma melhoria significativa na estética facial e função mastigatória, com um impacto positivo na qualidade de vida. Os resultados evidenciam que o planejamento inicial, aliado a tecnologias avançadas e a uma abordagem interdisciplinar, é de extrema importância para o sucesso de reabilitações orais complexas. Duas linhas abaixo dos currículos dos autores, deve aparecer o resumo.

Palavras-chave: Amelogênese Imperfeita; Implantes Dentários; Reabilitação Oral; Planejamento Protético; Fluxo Digital.

ABSTRACT

Amelogenesis imperfecta (AI) is a rare genetic condition that affects enamel formation, leading to fragile teeth with altered morphology, primarily impacting aesthetics and masticatory function. This study describes the rehabilitation of a young patient with AI, ectopic teeth, excessive mandibular bone volume, and a differential diagnosis of regional odontodysplasia (RO), highlighting the importance of initial prosthetic planning for ensuring predictable outcomes in complex treatments. The 21-year-old male patient presented with severe aesthetic and functional impairment, requiring well-planned surgical and prosthetic interventions. Initial prosthetic planning involved defining the ideal prosthesis, vertical dimension of occlusion (DVO), and prosthetic space, allowing adjustments during surgery, including osteotomies to correct the interarch space and ensure implant stability. The use of digital technologies, such as cone beam computed tomography (CBCT), planning software, and digital surgical guides, was essential for precision in implant placement and immediate loading planning. After the interventions, the patient experienced significant improvement in facial aesthetics and masticatory function, with a positive impact on quality of life. The results emphasize that initial planning, combined with advanced technologies and an interdisciplinary approach, is crucial for the success of complex oral rehabilitations.

Keywords: Amelogenesis Imperfecta; Dental Implants; Oral Rehabilitation; Prosthetic Planning; Digital Workflow.

INTRODUÇÃO

A amelogênese imperfeita (AI) é uma condição genética rara que compromete a formação do esmalte dentário, resultando em dentes frágeis, com morfologia alterada e estética severamente prejudicada [1,2]. O impacto em pacientes jovens é amplificado por demandas estéticas elevadas e implicações psicossociais significativas [3].

Outras anomalias dentárias complexas, como a odontodisplasia regional (OR), devem ser consideradas no diagnóstico diferencial. A OR é caracterizada por hipoplasia e hipomineralização localizada ou generalizada de esmalte e dentina, com aparência radiográfica

"fantasmagórica", envolvendo apenas um ou múltiplos quadrantes e associando-se a atraso na erupção dentária e dentes com características amareladas e/ou amarronzadas [4].

Quando associada a anomalias como dentes ectópicos, volume ósseo excessivo e discrepâncias esqueléticas, a reabilitação torna-se um desafio clínico que exige abordagens avançadas e planejamento rigoroso. O planejamento protético inicial é reconhecido como um pilar fundamental em reabilitações orais complexas, especialmente em casos de arco total com implantes [5]. O planejamento envolve a definição prévia da posição ideal da prótese, o diagnóstico da dimensão vertical de oclusão (DVO) e a simulação da relação Interarcos, garantindo que os implantes sejam distribuídos de forma que suportem a restauração final de forma funcional e estética. Estudos recentes destacam que a falta de um planejamento inicial adequado pode levar a complicações como desajustes protéticos, falhas na osseointegração e insatisfação do paciente [6].

A introdução de tecnologias digitais, como tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e softwares de planejamento, revolucionaram a previsibilidade em implantodontia, aumentando a precisão na transferência do planejamento virtual para a execução clínica [7]. Além disso, o uso de cirurgias guiadas permite a colocação de implantes em posições tridimensionais otimizadas, alinhadas ao planejamento protético previamente estabelecido [8]. Em casos de anomalias dentárias e esqueléticas complexas, o planejamento inicial deve considerar, com atenção, fatores como a estabilidade oclusal e o manejo do espaço protético interarcos, com distâncias ideais entre 13 e 15 mm para próteses fixas híbridas implantossuportadas. Espaços fora dessa faixa requerem intervenções como osteotomias ou compensações protéticas para viabilizar o sucesso do tratamento [9, 10,11]. Um outro ponto a ser planejado é a possibilidade de realização da carga imediata, que exige alta estabilidade primária dos implantes e um planejamento oclusal rigoroso, aspectos que dependem diretamente da fase inicial do processo [12,13].

Este relato de caso descreve a reabilitação de arcos totais de um jovem com AI, dentes ectópicos e volume ósseo mandibular excessivo.

RELATO DE CASO

Apresentação Clínica

Um paciente do sexo masculino, 21 anos, apresentou-se à Faculdade ILAPEO com queixa de estética comprometida e dificuldade mastigatória. Ele negou condições sistêmicas ou alergias. O exame clínico revelou amelogênese imperfeita (AI) generalizada, com dentes descaracterizados, volume ósseo e mole aumentado, e comprometimento estético-funcional severo, além de padrão facial longo. A radiografia panorâmica confirmou múltiplos dentes ectópicos nas arcadas maxilar e mandibular, falhas de desenvolvimento e grande volume de tecido ósseo mandibular (figura 1).

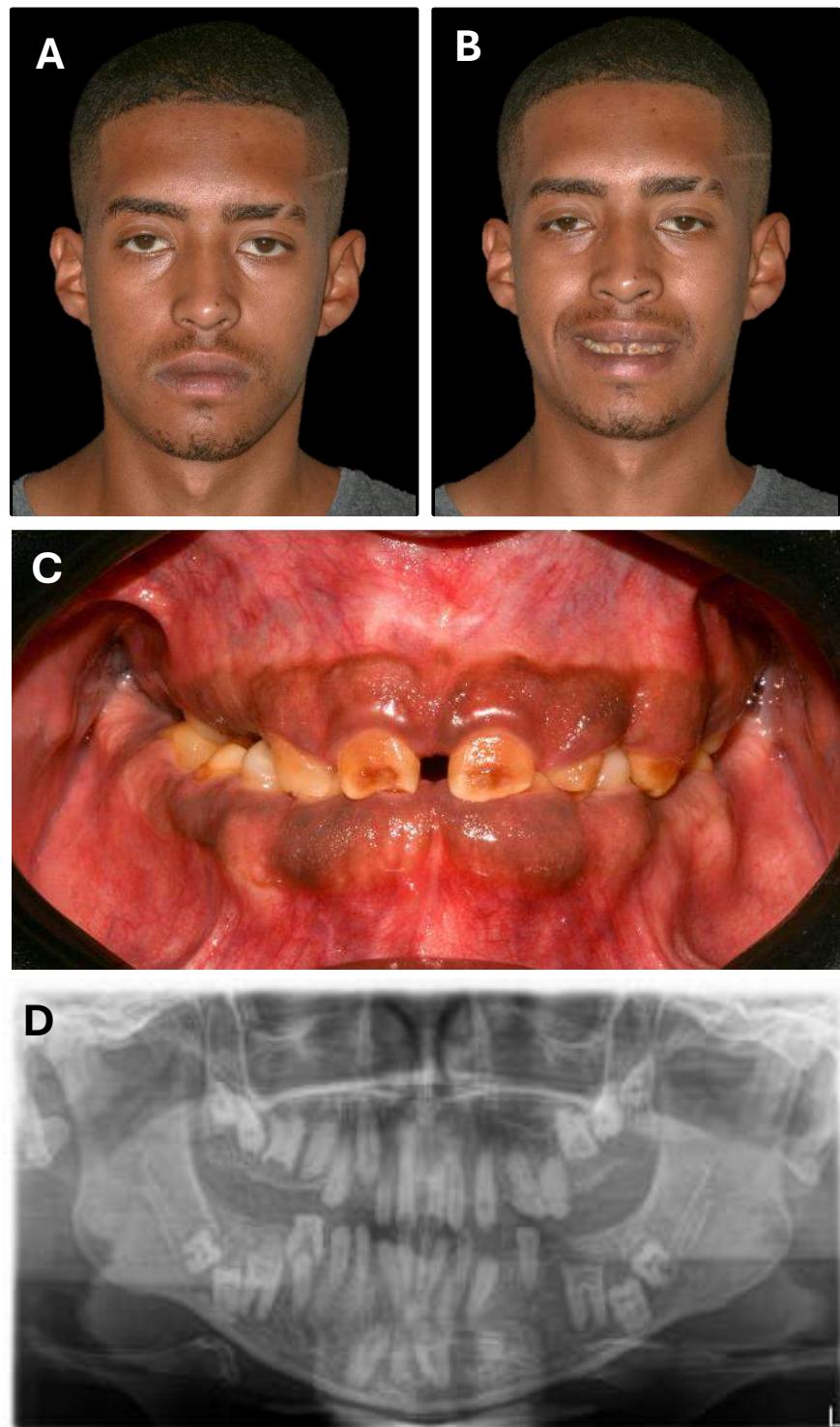


Figura 1 - Vista frontal do paciente com lábios selados e mandíbula em repouso (A). Aspecto inicial do sorriso (B). Vista frontal intraoral em oclusão (C). Radiografia panorâmica inicial (D). Avaliação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

Planejamento Protético Inicial: O planejamento foi iniciado com um planejamento protético prévio, partindo da prótese ideal para definir as intervenções cirúrgicas e a posição dos implantes [5,14]. A análise da dimensão vertical de oclusão (DVO) foi realizada clinicamente.

No comparativo da dimensão vertical de repouso (DVR) com a DVO verificou-se que havia um espaço funcional livre em torno de 2mm. Ou seja, os dentes superiores tocavam no rebordo inferior em DVO quase aceitável (planejamento de redução de mais 2mm). A relação da incisal dos dentes superiores com os lábios mostrou-se aceitável, levando ao entendimento de boa relação da maxila com os lábios.

Diagnóstico Digital: A CBCT foi integrada a softwares de planejamento para possibilitar a visualização da relação entre arcos. Essa visualização indicou a necessidade de osteotomia no arco inferior para abrir espaço de aproximadamente 15 mm, medida considerada ideal para próteses fixas implantossuportadas do tipo híbridas [9, 10, 11]. A primeira cirurgia foi realizada em ambiente hospitalar sob anestesia geral, incluindo exodontia dos dentes 16, 15, 14, 24, 25, 26 (maxila) e 46 a 36, 33, 43 (mandíbula), com acesso aos elementos inclusos via osteotomia bilateral na sínfise mandibular usando piezocirurgia (NSK, Japão), e osteotomia mandibular com grande redução óssea para abrir o espaço necessário para a prótese, seguida de enxerto autógeno nas cavidades. A sutura foi removida após duas semanas, com boa cicatrização tecidual (figura 2).

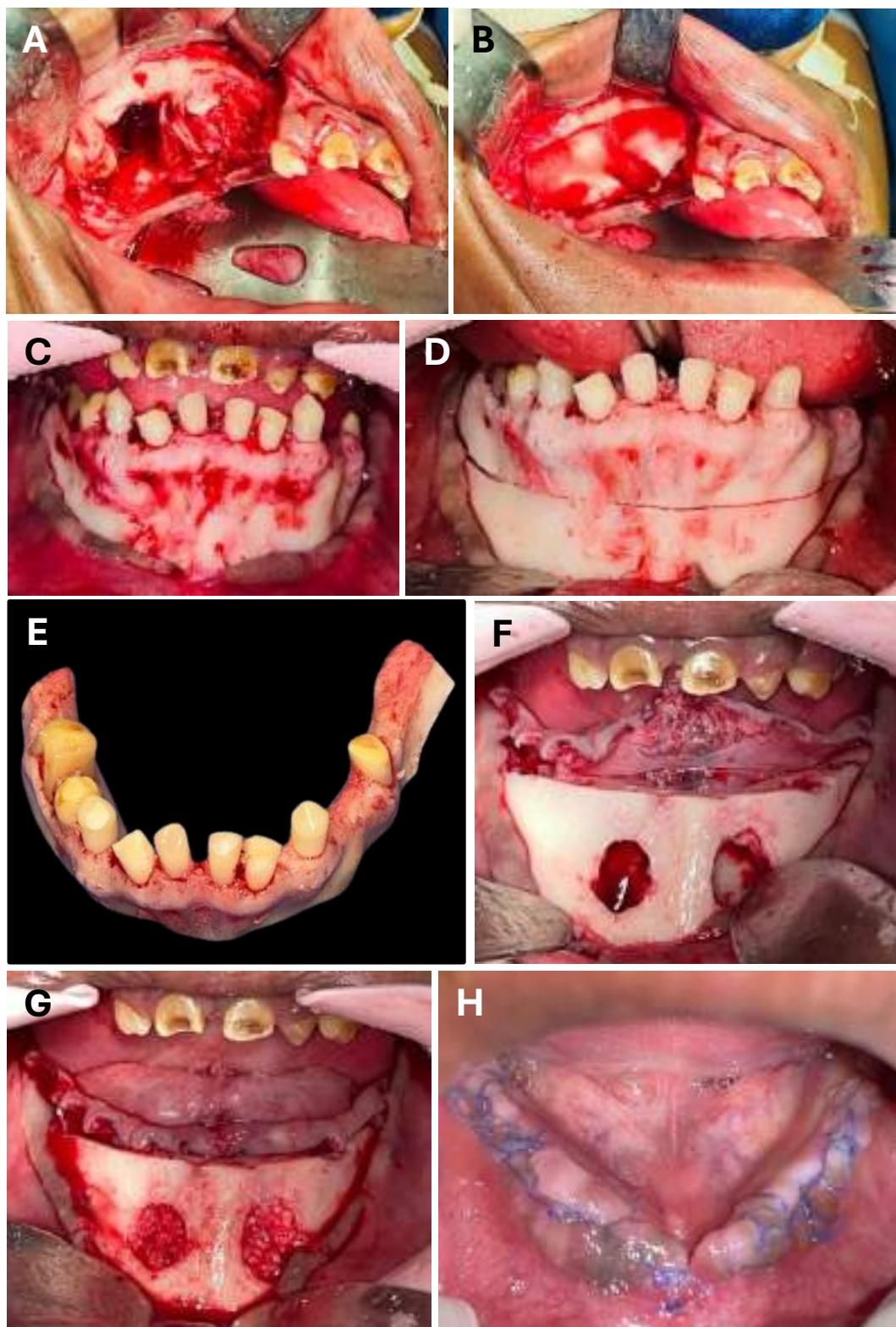


Figura 2 - Cirurgia de exodontia e osteotomia: A. Exodontia com osteotomia e abertura de retalho dos dentes superiores e posteriores do lado direito; B. Selamento dos alvéolos cirúrgicos com membrana de colágeno reabsorvível (Collatape, Zimmer Biomet, Warsaw – IN, EUA); C. Vista frontal intraoral da mandíbula com tecido mole descolado e afastado; D. Linha de ostetomia realizada na mandíbula medindo aproximadamente 15 mm a partir da incisal dos dentes inferiores; E. Peça óssea removida da região mandibular juntamente com os dentes presentes; F. Abertura de janelas ósseas na região de sínfise mandibular para acesso e exodontia dos caninos inferiores; G. Preenchimento das janelas com osso autógeno coletado e particulado; H. Vista intraoral da arcada inferior após 2 semanas de pós operatório.valiação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

Preparo protético para instalação dos implantes inferiores:

Foram confeccionadas bases de prova e planos de cera para permitir a montagem do caso em articulador semi ajustável (ASA). A transferência do modelo superior foi realizada com arco facial. O modelo inferior foi montado com plano de cera ajustado na DVO do paciente. O ajuste foi clínico tomando como ponto de partida a DVR. Outros métodos para definição foram associados (método da deglutição e método da plenitude facial). Os dentes de estoque foram selecionados, montados e provados clinicamente confirmando a reabilitação estética e funcional (figura 4).

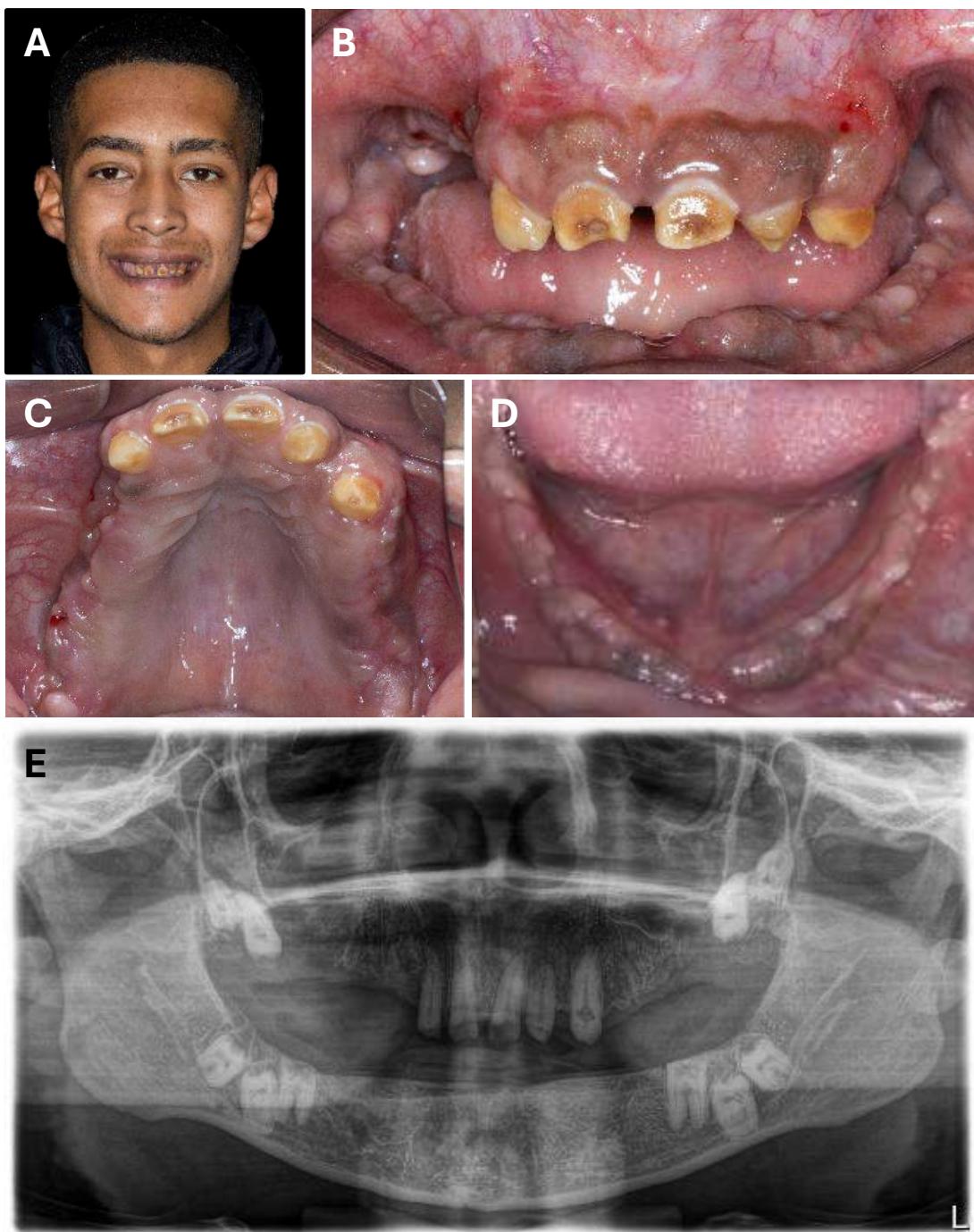


Figura 3 - Aspecto clínico do paciente após a cicatrização da primeira cirurgia: A. Vista frontal extra oral com sorriso forçado; B. Vista frontal intraoral); C. Vista oclusal maxilar; D. Vista oclusal mandibular; E. Radiografia panorâmica após exodontias e osteotomias.valiação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

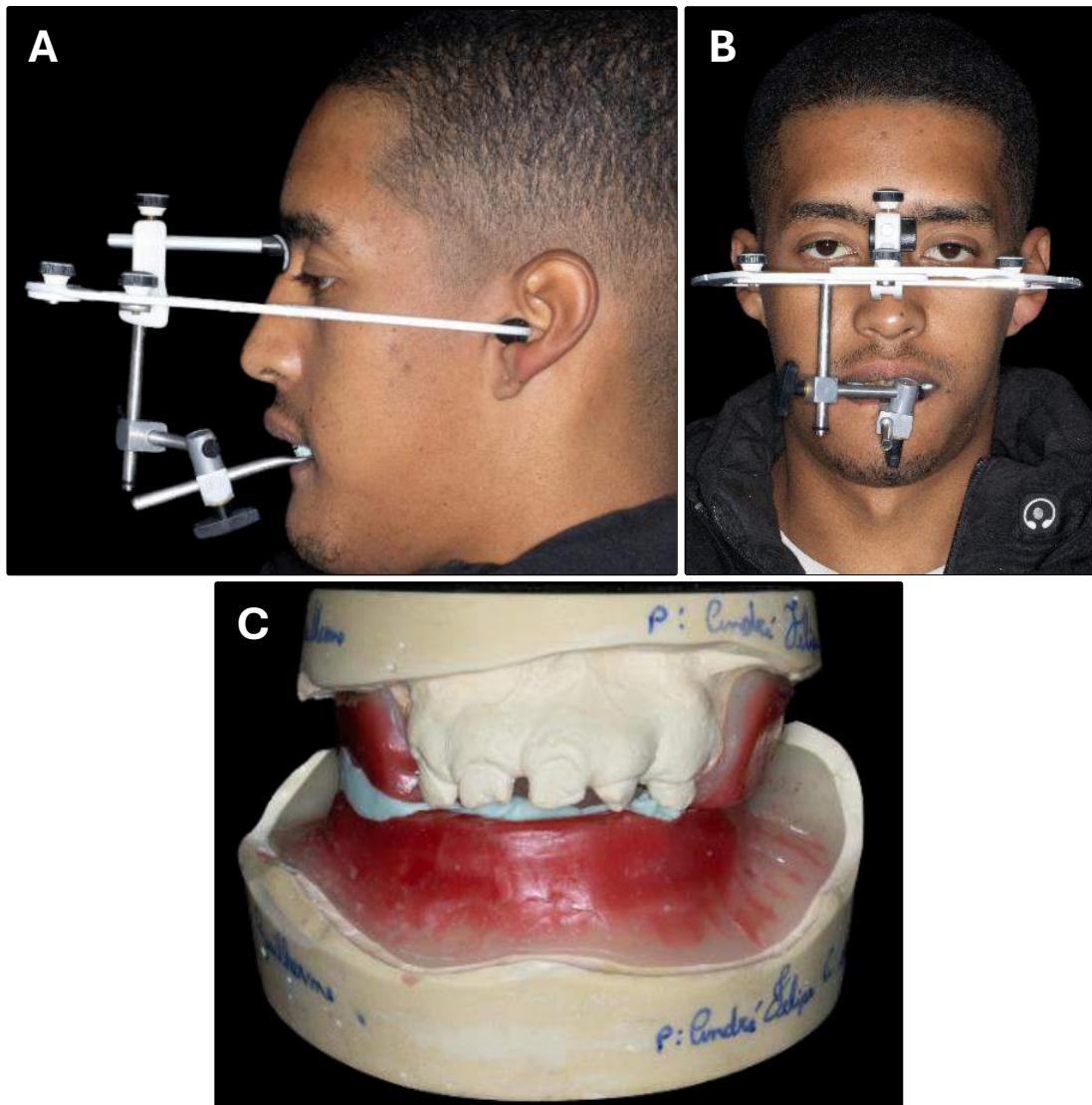


Figura 4 - Transferência dos modelos para o ASA: A. Arco facial posicionado Vista lateral; B. vista frontal; C. Vista frontal dos modelos a serem montados em ASA com os planos de cera ajustados e registro em silicone. Valiação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

Guias Tomográficos e Multifuncionais: A montagem de dentes do arco inferior que foi aprovada foi duplicada gerando um guia multifuncional em resina acrílica incolor. Nesse guia foram realizadas 5 pequenas áreas de desgaste com broca esférica número 4 (Komet, Paulínia – SP, Brasil), que foram preenchidas com guta-percha (Odahcam Maillefer, Dentsply Sirona, São Paulo – SP, Brasil). Esse guia foi provado em boca com a montagem dos dentes superiores em posição e foi realizado um registro inter oclusal em silicone de condensação (Speedex Putty Denso, Coltene, Suiça), com finalidade de afastar os antagonistas no momento da tomografia.

Foi realizada a dupla tomografia. A primeira foi realizada do paciente com o guia preparado em boca e a segunda do guia fora da boca. Usando os pontos radiopacos foi realizado o alinhamento das duas tomografias, método que permite a visualização da prótese no arquivo da tomografia. Esse exame foi transferido ao software coDiagnosiX (Straumann, Basel, Suíça) no qual os implantes foram instalados para uso do kit cirúrgico Easy Guide (Neodent, Curitiba – PR, Brasil). Após aprovação do planejamento dos implantes foi gerado o CAD do guia cirúrgico (figuras 5 e 6).

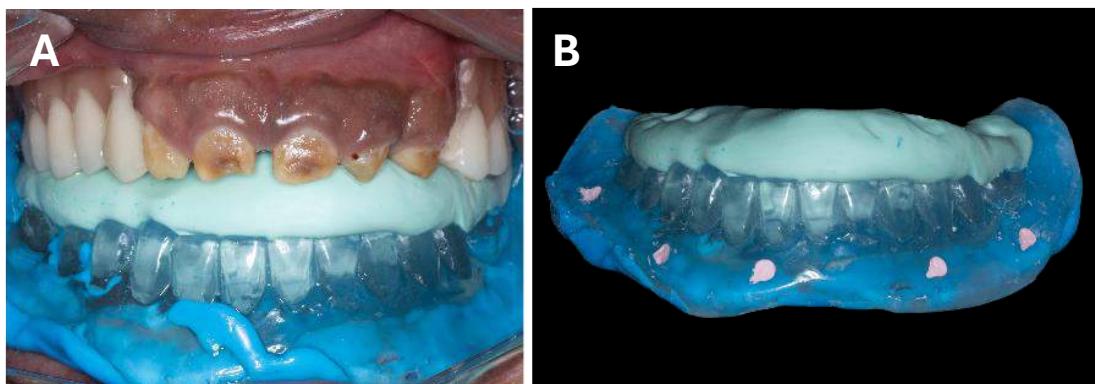


Figura 5 - A. Vista frontal do guia multifuncional sendo provado em boa com o registro inter oclusal. B. Pontos de guta-percha realizados para transformar o guia multifuncional em guia tomográfico. Valiação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

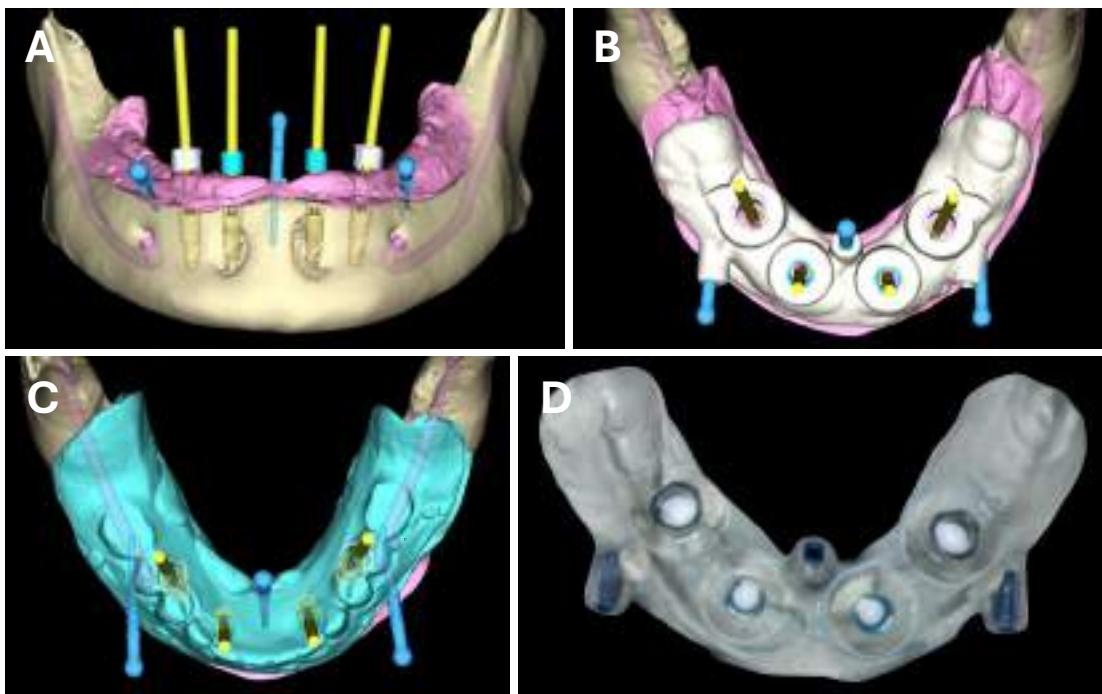


Figura 6 - A. Vista frontal do planejamento para instalação dos implantes na mandíbula com anilhas habilitadas. B. Vista oclusal do CAD do guia cirúrgico mandibular. C. Vista oclusal dos implantes posicionados com relação aos dentes. D. Guia cirúrgico inferior. valiação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

Execução Cirúrgica e Protética:

Os quatro implantes planejados (Neodent Helix GM) na arcada inferior foram instalados quatro meses após a primeira cirurgia utilizando o kit cirúrgico Easy Guide (Neodent, Curitiba – PR, Brasil). Todos os implantes foram de 13 mm de comprimento variando os diâmetros sendo: 45 e 35 (4.3mm) e 43 e 32 (3.75mm). As instalações dos implantes foram realizadas seguindo as recomendações do fabricante (Neodent, Curitiba – PR, Brasil).

O guia cirúrgico foi fixado com três pinos de fixação, e uma incisão crestal preservou o tecido ceratinizado, além de permitir uma melhor adaptação do guia cirúrgico sem falhas de posicionamento (figura 7).

Os torques alcançados viabilizaram a carga imediata de prótese híbrida do tipo PF-2, que foi finalizada em 48 horas, com ajustes oclusais para contatos bilaterais nos dentes 12 e 23 inicialmente (figura 8).

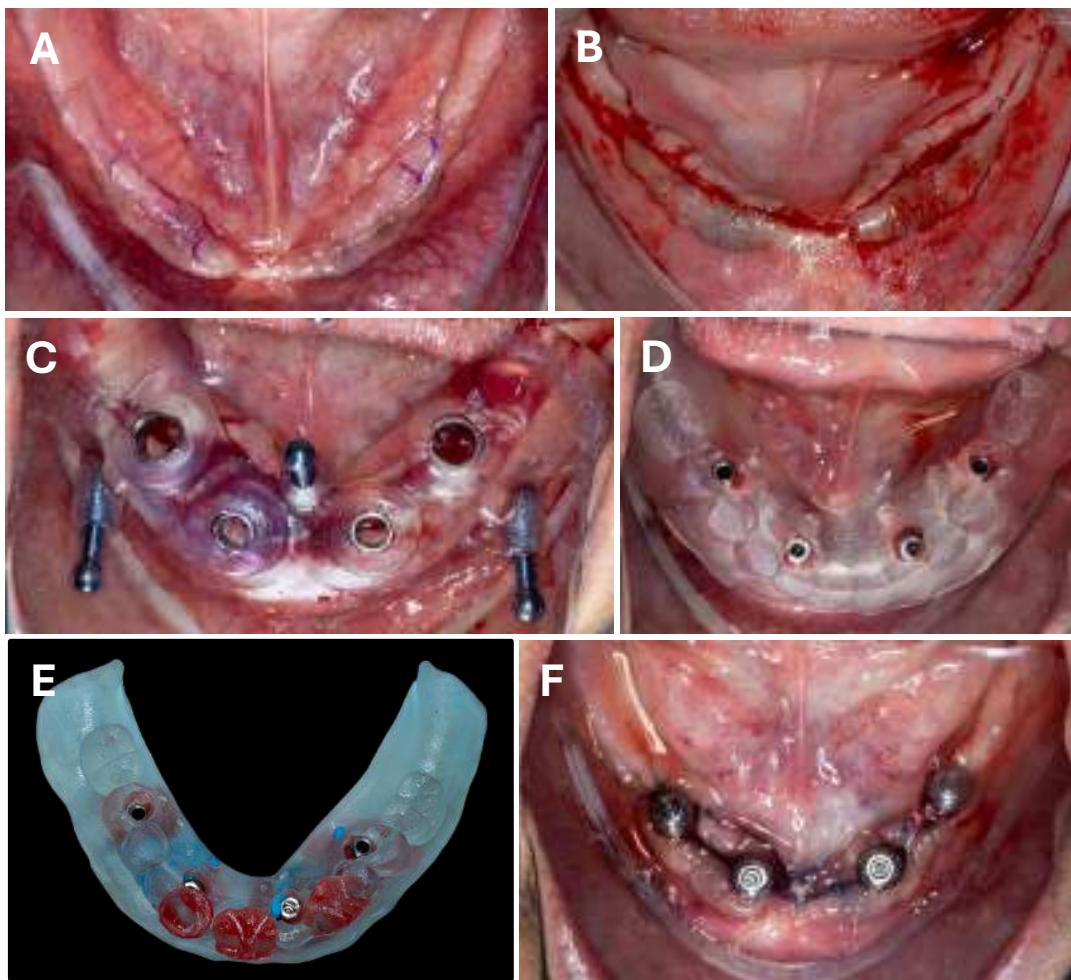


Figura 7 - Procedimento cirúrgico para instalação dos implantes mandibulares: A. Marcações com azul de metileno do rebordo utilizando o punch cirúrgico do guia cirúrgico Neodent Easy Guide Narrow (Neodent, Curitiba – PR, Brasil); B. Incisão crestal na mandíbula para descolamento do tecido mole vestibular; C. Guia cirúrgico Neodent Easy Guide Narrow (Neodent, Curitiba – PR, Brasil) instalado e devidamente adaptado; D. Vista oclusal do guia multifuncional posicionado após a instalação dos implantes, dos mini pilares cônicos e dos transferentes. Transferentes capturados ao guia com Resina Acrílica Pattern Resin LS (GC America Inc., Alsip – IL, USA); E. Vista oclusal do guia multifuncional com os registros de mordida (Pattern Resin LS -GC America Inc., Alsip – IL, USA) após a moldagem com silicone de adição (VPS light, Neodent); F. Cilindros de proteção de mini pilares instalados provisoriamente sobre os implantes e rebordo suturado). Validação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

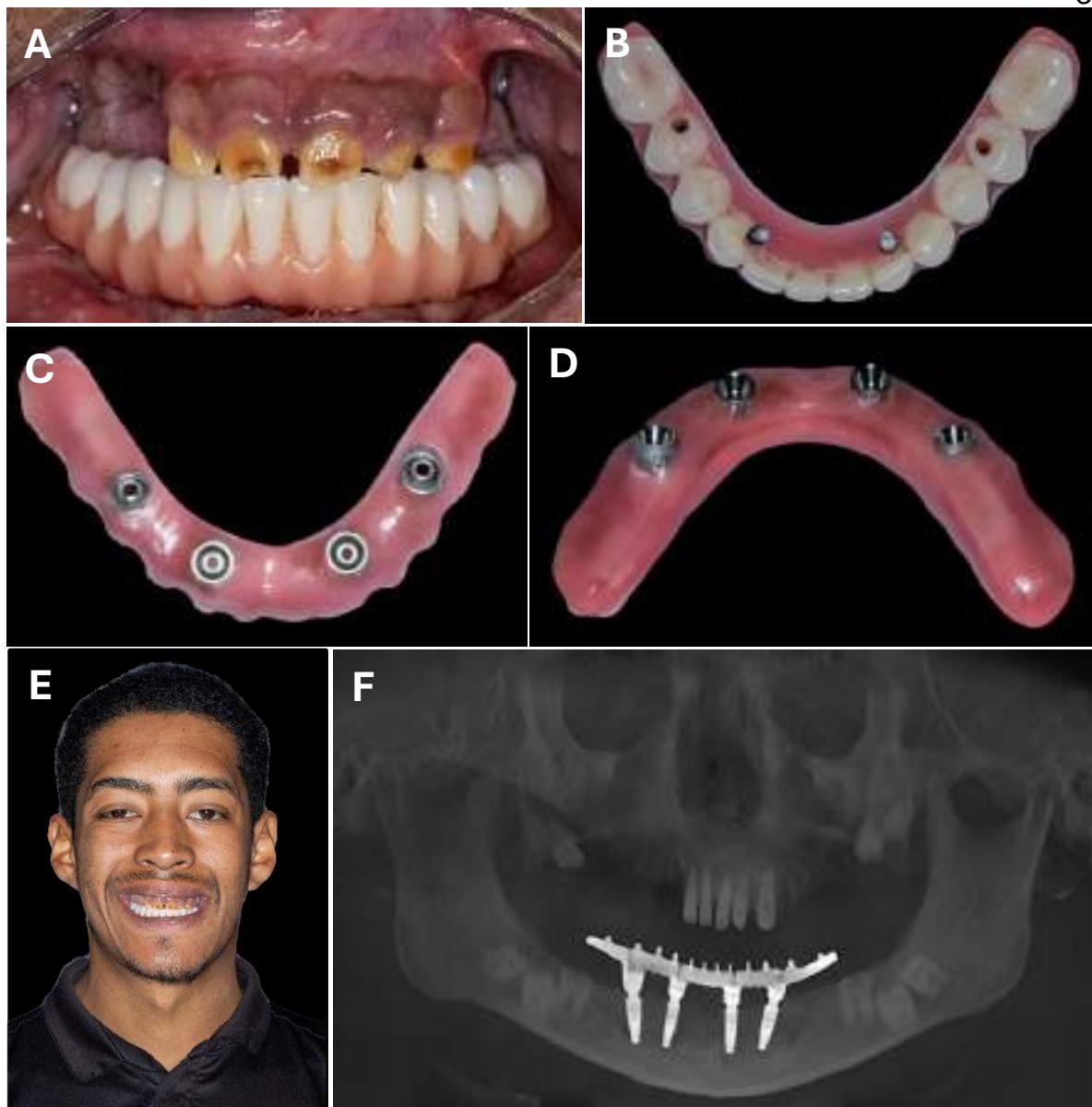


Figura 8 - A. Vista frontal intraoral da prótese total híbrida inferior instalada; B. Vista oclusal da prótese total híbrida inferior; C. Vista da região interna da prótese total híbrida; D. Vista da região interna da prótese total híbrida; E. Vista frontal extra oral do paciente em sorriso forçado; F. Reconstrução tridimensional da tomografia computadorizada após instalação da prótese total híbrida inferior. Valiação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

Planejamento do arco superior:

No planejamento dos implantes maxilares foi realizado o estudo inicial para manter os dentes anteriores. No entanto, para ajuste estético seria necessário realizar osteotomia para aumento das coroas clínicas. Realizado o cálculo, chegou-se a conclusão que as raízes eram muito curtas para permitir a manutenção. Motivo que levou à decisão por exodontia dos elementos (figura 9).

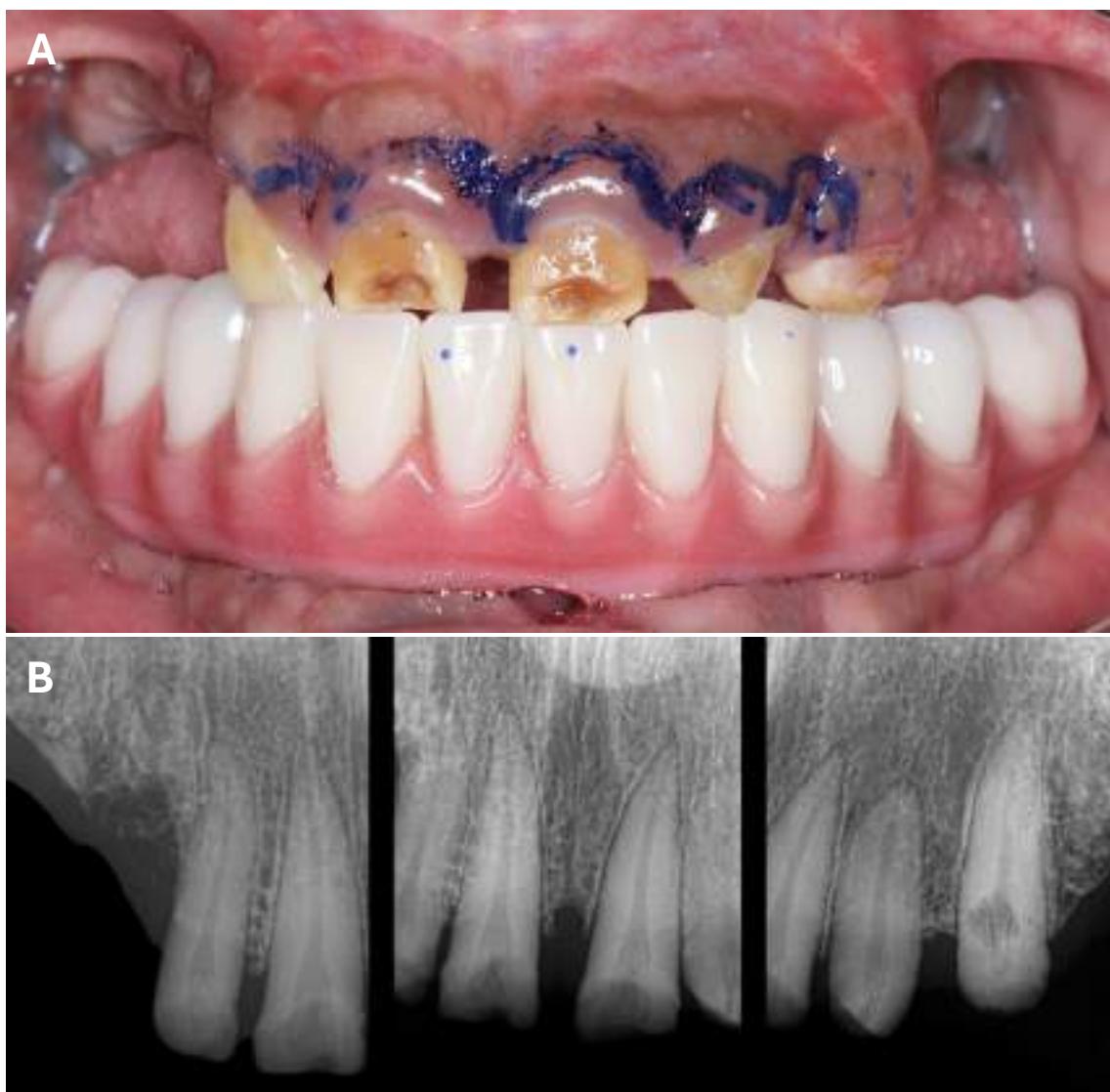


Figura 1 - A. Vista frontal intraoral com marcações das futuras regiões cervicais das coroas protéticas.
 B. Raiografias periapicais dos dentes anteriores superiores.

Para a transferência da arcada superior ao software de planejamento, o modelo superior e a montagem de dentes que haviam sido realizados no preparo inicial do caso foram utilizados. Foi realizado o escaneamento do modelo sem a montagem de dentes de estoque e com a montagem. O arquivo Dicom da tomografia foi alinhado ao arquivo STL do escaneamento. Os dentes presentes foram removidos no software e foi realizada a complementação da montagem virtual (Exocad GmbH, Darmstadt, Alemanha). Os implantes foram posicionados no CoDiagnosiX (Straumann, Basel, Suiça) e o CAD do guia cirúrgico foi gerado (figura10). Esse

arquivo CAD foi enviado para impressão e o guia cirúrgico foi obtido (figura 10). A prótese foi obtida antes do procedimento cirúrgico com desenho dentário (PF-1). Foi fresada em PMMA. Após a fresagem ela foi escaneada e foi criado um CAD do guia de transferência, para permitir a instalação da prótese logo após o procedimento cirúrgico.

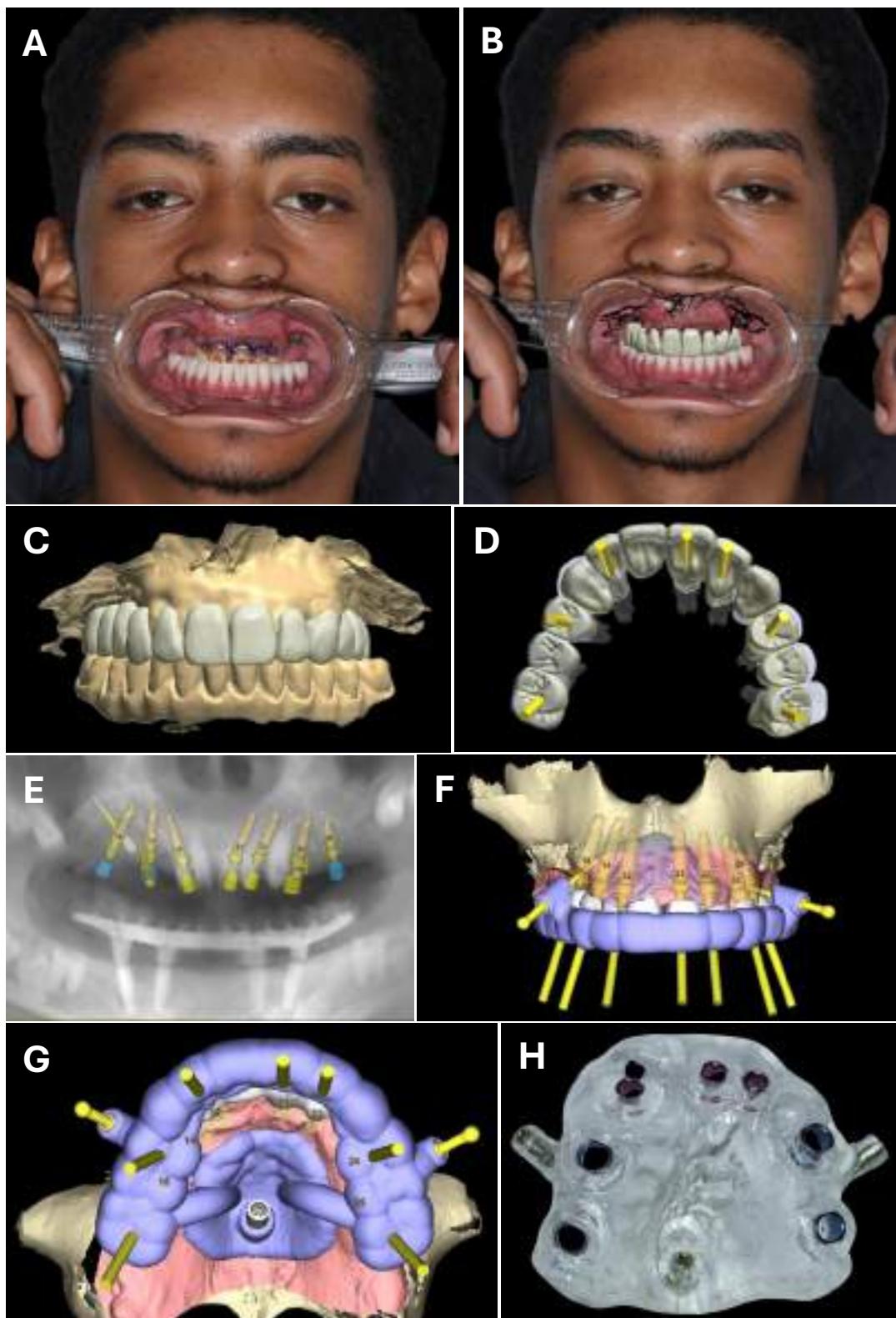


Figura 1 - A. Vista frontal extra oral das marcações nas regiões cervicais para referência das futuras coroas protéticas. B. Vista frontal extra oral da montagem virutal dos dentes superiores. C. Vista frontal da montagem virutal dos dentes superiores. D. Vista oclusal da montagem virtual dos dentes com os implantes planejados para fazerem emergência nos centros das coroas. E. Reconstrução tridimensional panorâmica da tomografia computadorizada com o planejamento dos implantes superiores. F. Vista frontal do CAD do guia de transferência da prótese, planejado para permitir a instalação da prótese no momento cirúrgico. G. Vista oclusal do CAD do guia de transferência da prótese, planejado para permitir a instalação da prótese no momento cirúrgico. H. Guia cirúrgico superior.

Três meses após a cirurgia mandibular, foi realizada exodontia nos dentes 12, 21 e 22 mantendo estrategicamente os elementos 11 e 23 para apoio do guia cirúrgico digital. Foram instalados sete implantes Neodent Helix GM Acqua (Neodent, Curitiba – PR, Brasil) nas regiões dos dentes 16 (4,0 x 13 mm), 14 (3,75 x 13 mm), 12 (3,5 x 13 mm), 21 (3,5 x 13 mm), 22 (3,5 x 13 mm), 24 (3,75 x 13 mm) e 26 (4,0 x 8 mm). Todos apresentaram boa estabilidade primária (igual ou maior que 45Ncm). O guia cirúrgico assegurou precisão. Logo após a instalação dos implantes, foram extraídos os dentes que serviram de apoio ao guia (11 e 23) e uma pequena osteotomia foi realizada nos alvéolos para permitir uma melhor adequação das alturas dos elementos.

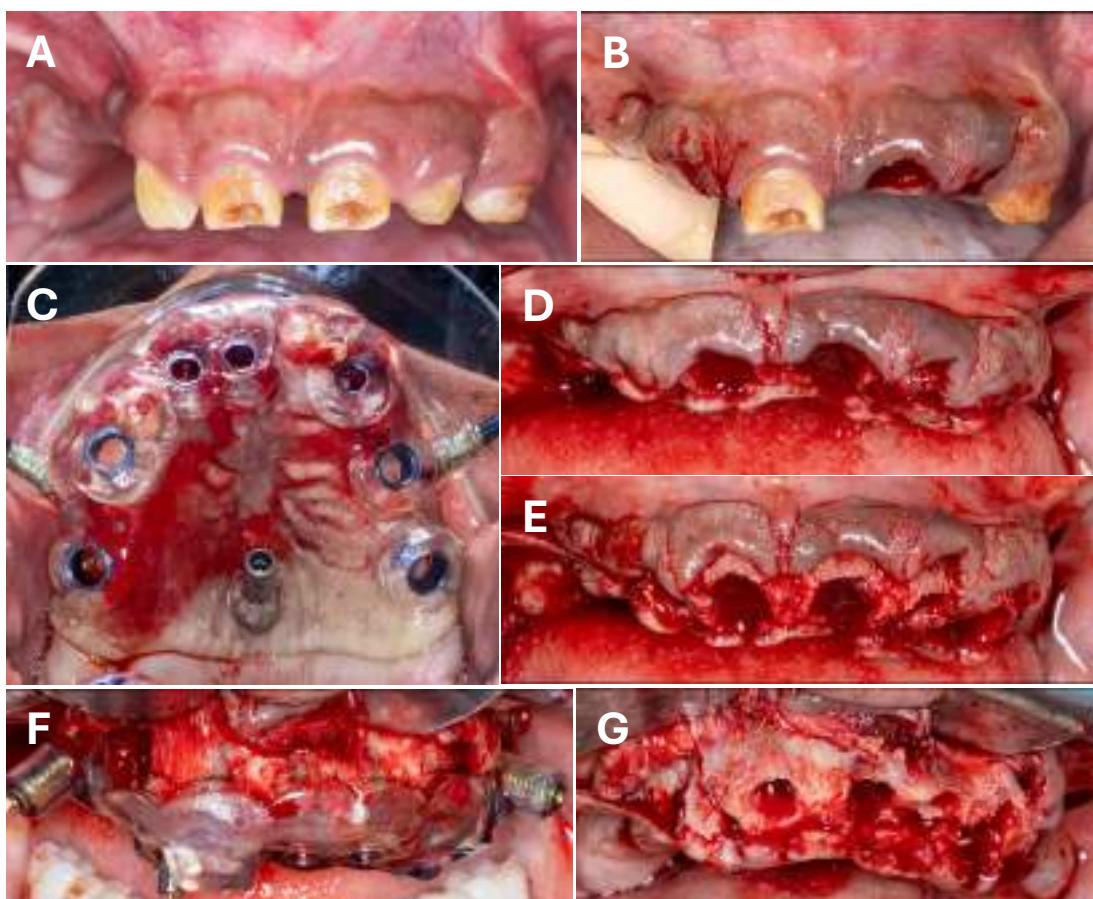


Figura 1 - A. Vista frontal intraoral dos dentes superiores. B. Vista frontal intraoral após exodontia dos dentes 12, 21 e 22. C. Vista oclusal do guia cirúrgico Neodent Easy Guide Narrow/NGS (Neodent, Curitiba – PR, Brasil) instalado e devidamente adaptado. D. Vista frontal intraoral após exodontia dos dentes 11 e 23, e incisão crestal. E. Vista frontal intraoral do descolamento do tecido mole superior. F. Vista fronta intraoral do guia cirúrgico adaptado e das marcações de osteotomia definidos. G. Vista frontal intraoral da osteotomia realizada.

Os minis pilares Neodent GM (Neodent, Curitiba – PR, Brasil) foram imediatamente instalados ao final da cirurgia e o torque (20 Ncm) foi aplicado.

O guia de transferência da prótese foi utilizado e permitiu a captura em boca de dois cilindros de adaptação passiva (Neodent, Curitiba – PR, Brasil). Para cimentação dos demais, foi confeccionado um gabarito em gesso. Transferentes dos mini pilares foram unidos em boca e removidos. No laboratório foram instalados análogos e realizado vazamento em gesso. Os demais cilindros de adaptação passiva foram posicionados e cimentados com cimento resinoso Panavia V5 (Kuraray Noritake Dental, Inc., Japão) (figura 12).

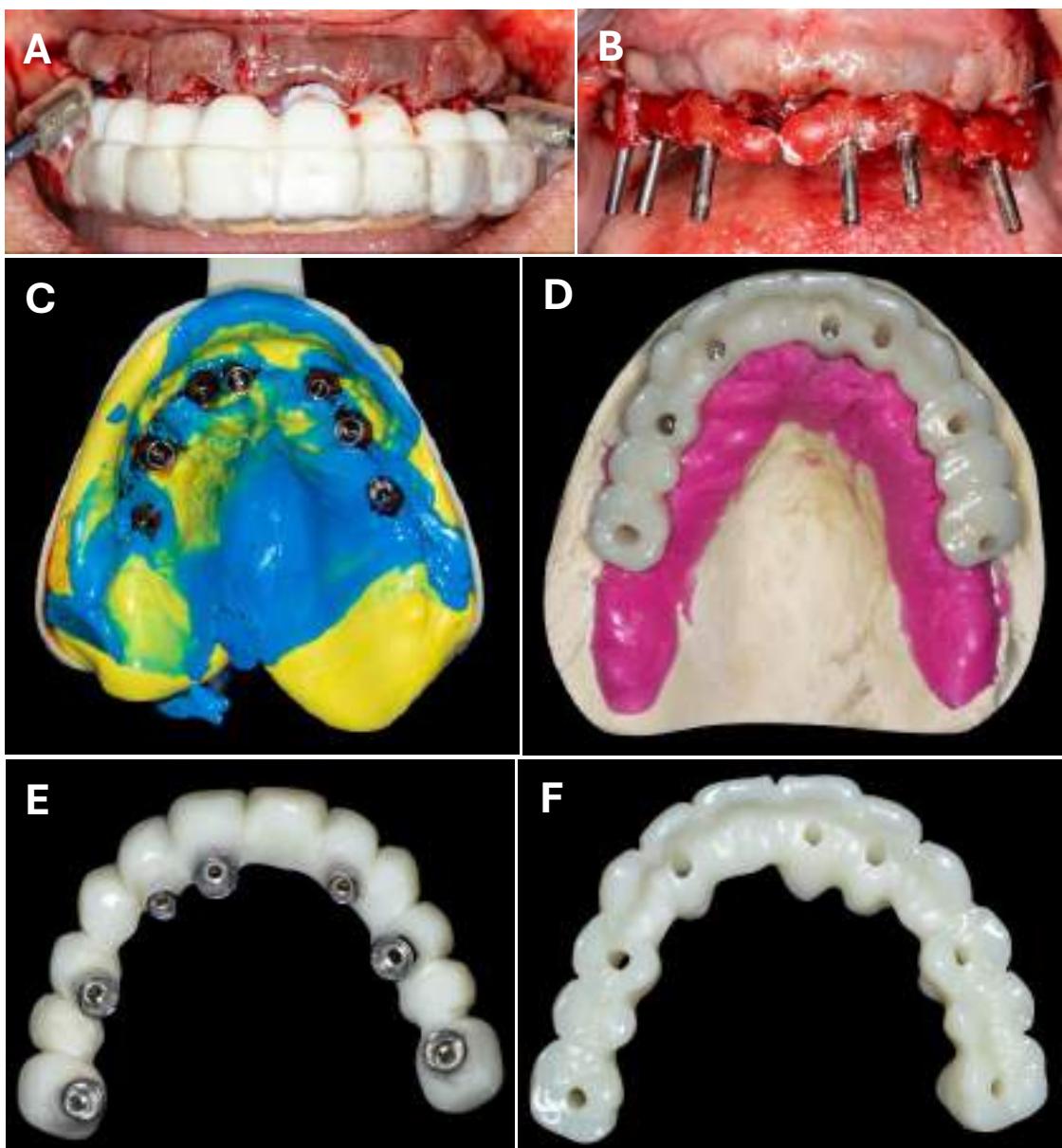


Figura 1 - A. Vista frontal intraoral da prótese provisória e do guia de captura devidamente posicionados. B. Index para moldagem de transferência utilizando tranferentes de moldeira aberta, hastes metálicas para união dos mesmo junto à Resina Acrílica Pattern Resin LS (GC America Inc., Alsip – IL, USA). C. Moldagem de transferência com captura do index utilizando Silicone de adição VPS impression e VPSLight (Neodent, Curitiba – PR, Brasil). D. Vista oclusal da prótese provisória em PMMA adaptada sobre modelo de gesso da arcada superior. E. Vista interna da prótese provisória em PMMA superior com os cilindros de adaptação passiva instalados. F. Vista oclusal da prótese provisória em PMMA superior com os cilindros de adaptação passiva instalados.

Na instalação, foram realizados ajustes para melhor adaptação estética e funcional. Os canais dos parafusos foram selados com fita teflon e resina provisória Bioplic (Biodinâmica, Ibirapuã – PR, Brasil) no primeiro momento (figura 13).



Figura 1 - A. Vista frontal intraoral da prótese provisória superior instalada e após ajudes. B. Vista frontal extra oral do paciente com sorriso forçado após instalação da protése provisória superior. Valiação geométrica do efeito da reabilitação protética na face.

Após quatro meses da cirurgia mandibular e três meses da maxila, os implantes apresentaram osseointegração estável, confirmada por exames radiográficos (figura 14) [15]. A oclusão foi otimizada, e o paciente relatou conforto, adaptação e melhora na qualidade de vida. A estética facial e a função mastigatória foram restauradas, superando as expectativas iniciais. Os próximos passos serão guiados pela prótese provisória, que foi essencial para adequação estética e funcional.



Figura 1 - A. Radiografia panorâmica final. B. Telerradiografia final.

DISCUSSÃO

O diagnóstico diferencial é fundamental em casos de anomalias dentárias complexas, pois condições como amelogênese imperfeita (AI) e odontodisplasia regional (OR) podem

apresentar manifestações clínicas e radiográficas semelhantes [4]. No presente caso, apesar do quadro clínico sugerir AI, a presença de dentes ectópicos e características radiográficas específicas levantou a hipótese de OR. A OR caracteriza-se por envolvimento geralmente unilateral, hipoplasia e hipomineralização de esmalte e dentina, câmaras pulpares amplas e dentes com aparência radiográfica "fantasmagórica" [4]. Casos de natureza generalizada das anomalias, como neste paciente são raros, mas a semelhança clínica ressalta a importância de exames complementares, como análise histológica, para confirmação diagnóstica [16]. O planejamento correto do diagnóstico diferencial permite direcionar o tratamento de forma mais precisa e evitar abordagens inadequadas.

Observou-se que o planejamento protético inicial foi o alicerce deste caso, garantindo previsibilidade em uma reabilitação marcada por desafios anatômicos e demandas psicossociais. Esse achado confirma a importância dos enceramentos prévios e dos diagnósticos clínicos iniciais preconizados: o exame clínico inicial permitiu compreender a DVO e o espaço protético que seria necessário criar antes das intervenções cirúrgicas, um princípio defendido por Misch (2008) como essencial em reabilitações complexas [5]. A osteotomia mandibular objetivou criar um espaço interarcos de aproximadamente 15 mm, recomendado para próteses fixas do tipo híbridas [9, 10 e 11]. Sem essa etapa inicial, o posicionamento dos implantes e o design protético não seriam possíveis levando a riscos de falhas funcionais e estéticas [6].

Após a remoção dos dentes e a osteotomia, o preparo analógico convencional foi aplicado permitindo o estudo detalhado da relação entre arcos, relação dentes lábios e composição facial. Na prova clínica funcional dos dentes montados em cera foi possível confirmar a estética facial e a função oclusal para que fossem alinhadas as expectativas do paciente às possibilidades clínicas. A integração do guia multifuncional ao planejamento protético inicial foi um diferencial, permitindo a transferência precisa da oclusão planejada para a prótese final [8].

A precisão do planejamento inicial, apoiada em exames de imagem e guias cirúrgicos, resultou em desvios mínimos na colocação dos implantes, corroborando achados de Tahmaseb et al. (2018) sobre a eficácia da cirurgia guiada [17]. Isso foi essencial para a carga imediata, viabilizada pelos torques de inserção recomendados, que refletem a estabilidade primária planejada [14]. A distribuição estratégica dos implantes (quatro na mandíbula, sete na maxila) otimizou a dissipação de forças, um fator diretamente ligado ao design protético inicialmente planejado [18].

Os resultados estéticos e funcionais, como a harmonia do sorriso e a eficiência mastigatória, foram alcançados porque o planejamento inicial alinhou as expectativas do paciente às possibilidades clínicas. A transição da prótese provisória para a definitiva, que será em zircônia (PF-1), irá manter a previsibilidade, evidenciando a robustez do plano inicial.

O uso de fluxos digitais aumentou a previsibilidade, reduzindo erros humanos e permitindo ajustes [7]. A coordenação entre os profissionais de diversas áreas, guiada pelo planejamento inicial, assegurou que cada etapa fosse executada em harmonia, um aspecto crítico em casos de alta complexidade. A piezocirurgia, utilizada na primeira cirurgia, minimizou traumas teciduais durante a osteotomia, alinhando-se às melhores práticas.

O sucesso do planejamento inicial também se refletiu no impacto psicossocial, transformando a autoestima de um jovem com histórico de desconforto estético e funcional [3]. Reabilitações bem planejadas têm efeitos profundos na qualidade de vida em pacientes jovens. Contudo, o acompanhamento a longo prazo é necessário para avaliar a durabilidade das próteses. Há de se considerar também que os custos elevados das tecnologias digitais podem limitar sua aplicabilidade em contextos menos favorecidos.

A abordagem interdisciplinar, apoiada em tecnologias digitais, destaca a relevância desse processo em casos de alta complexidade.

CONCLUSÃO

Com base na experiência coletada na condução deste caso de extrema complexidade, envolvendo amelogênese imperfeita associada a dentes ectópicos e volume ósseo mandibular excessivo, parece lícito concluir que o planejamento protético inicial foi o elemento chave para a previsibilidade e sucesso desta reabilitação. A integração de tecnologias digitais, osteotomias estratégicas e coordenação interdisciplinar, fundamentada em uma abordagem reversa, destaca sua relevância em casos desafiadores, oferecendo um modelo para futuros tratamentos.

REFERÊNCIAS

1. Crawford PJ, Aldred M, Bloch-Zupan A. Amelogenesis imperfecta. *Orphanet J Rare Dis.* 2007;2:17. doi:10.1186/1750-1172-2-17
2. Gadhia K, McDonald S, Arkutu N, et al. Amelogenesis imperfecta: an introduction. *Br Dent J.* 2012;212(8):377-9. doi:10.1038/sj.bdj.2012.314
3. Ortiz L, Pereira AM, Jahangiri L, Choi M. Management of Amelogenesis Imperfecta in Adolescent Patients: Clinical Report. *J Prosthodont.* 2019 Jul;28(6):607-612. doi: 10.1111/jopr.13069. Epub 2019 Jun 11. PMID: 31054208
4. Nijakowski K, Woś P, Surdacka A. Regional odontodysplasia: a systematic review of case reports. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(3):1683. doi:10.3390/ijerph19031683
5. Misch CE. *Contemporary Implant Dentistry.* 3rd ed. St. Louis: Mosby; 2008.
6. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications with implants and implant prostheses. *J Prosthet Dent.* 2003;90(2):121-32. doi:10.1016/S0022-3913(03)00212-9
7. Joda T, Ferrari M, Gallucci GO, et al. Digital technology in fixed implant prosthodontics. *Periodontol 2000.* 2017;73(1):178-92. doi:10.1111/prd.12164
8. Derkens W, Wismeijer D, Flügge T, Hassan B, Tahmaseb A. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning. A prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2019 Oct;30(10):1005-1015. doi: 10.1111/clr.13514. Epub 2019 Sep 9. PMID: 31330566
9. Carpentieri J, Greenstein G, Cavallaro J. Hierarchy of restorative space required for different types of dental implant prostheses. *J Am Dent Assoc.* 2019 Aug;150(8):695-706. doi: 10.1016/j.adaj.2019.04.015. PMID: 31352966

10. Pollini A, Goldberg J, Mitrani R, Morton D. The lip-tooth-ridge classification: a guidepost for edentulous maxillary arches. Diagnosis, risk assessment, and implant treatment indications. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017;37(6):835-841. doi:10.11607/prd.3209
11. Blasi A, Torosian AD, Aimplee S, Im SB, Camba AM, Chiche GJ. Implant-supported zirconia full-mouth rehabilitations: key factors. *QDT.* 2017;40:155-167.
12. Del Fabbro M, Testori T, Kekovic V, et al. A systematic review of survival rates of osseointegrated implants in fully and partially edentulous patients following immediate loading. *J Clin Med.* 2019;8(12):2142. doi:10.3390/jcm8122142
13. Gallucci GO, Hamilton A, Zhou W, Buser D, Chen S. Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018 Oct;29 Suppl 16:106-134. doi: 10.1111/clr.13276. PMID: 30328194
14. Arruda FJ. Previsibilidade do preparo digital de pacientes edêntulos totais para carga imediata implantossuportada em mandíbula e prótese mucossuportada de maxila [tese]. Curitiba: Faculdade ILAPEO; 2023.
15. Buser D, Sennarby L, De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol 2000.* 2017 Feb;73(1):7-21. doi: 10.1111/prd.12185. PMID: 28000280
16. Camacho-Escalera CG. Alteraciones histopatológicas, inmunohistoquímicas y ultraestructurales de dientes de pacientes con amelogénesis imperfecta, dentinogénesis imperfecta y odontodisplasia regional [dissertação]. Santiago: Universidad de Chile; 2019.
17. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018 Oct;29 Suppl 16:416-435. doi: 10.1111/clr.13346. PMID: 30328191
18. Patzelt SB, Bahat O, Reynolds MA, Strub JR. The all-on-four treatment concept: a systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014 Dec;16(6):836-55. doi: 10.1111/cid.12068. Epub 2013 Apr 5. PMID: 235609861. Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. *N Engl J Med* 2002 Jul;347(4):284-7.