



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Daniela Greenhalgh Thys Cavallazzi

Avaliação dos efeitos periodontais e dentários da expansão da maxila rápida e lenta.

Florianópolis

2023

Daniela Greenhalgh Thys Cavallazzi

Avaliação dos efeitos periodontais e dentários da expansão da maxila rápida e lenta.

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Clínica Odontológica.

Orientador(a): Prof. Gerson Luiz Ulema Ribeiro, Dr.

Florianópolis

2023

Thys Cavallazzi, Daniela Greenhalgh
Avaliação dos efeitos periodontais e dentários da
expansão da maxila rápida e lenta / Daniela Greenhalgh
Thys Cavallazzi ; orientador, Gerson Luiz Ulema Ribeiro,
2023.
134 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós
Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. Ortodontia. 3. Expansão rápida da
maxila. 4. Expansão lenta da maxila. 5. Alterações
dentárias e periodontais. I. Ribeiro, Gerson Luiz Ulema.
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Odontologia. III. Título.

Daniela Greenhalgh Thys Cavallazzi

Avaliação dos efeitos periodontais e dentários da expansão da maxila rápida e lenta.

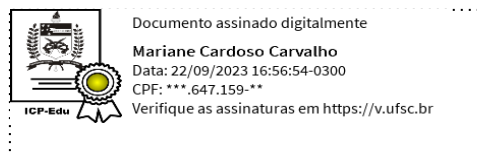
O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 05 de setembro de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Carla D'Agostini Derech, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

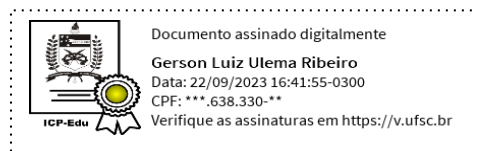
Prof.(a) Carolina da Luz Baratieri, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Eliane Hermes Dutra, Dr.(a)
University of Connecticut

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutora em Clínica Odontológica - Atenção à saúde da criança e do adolescente.



Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof. Gerson Luiz Ulema Ribeiro, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2023.

Para minha filha, Isabela.

AGRADECIMENTOS

À Vida, por todas as oportunidades que surgiram ao longo da minha caminhada pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Santa Catarina, agradeço por me proporcionar mais essa formação, sou muito grata e privilegiada por ter estudado nesta instituição desde o ensino fundamental e médio no Colégio de Aplicação, realizado a Graduação em Odontologia, e agora o Doutorado nesta Universidade. Por este último, agradeço em especial o Programa de Pós-Graduação em Odontologia, pela oportunidade.

À minha filha, Isabela, agradeço por seu amor e paciência nos períodos de ausência. Ao Rogério, meu esposo, agradeço pelo companheirismo, incentivo e parceria. Aos meus pais Liana e João Cláudio por todo apoio desde sempre e pelas oportunidades de estudo que me proporcionaram ao longo da vida. À minha mãe, Liana, por ser nossa rede de apoio, indispensável para que pudesse me dedicar ao curso e à elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gerson Luiz Ulema Ribeiro, agradeço por mais esta oportunidade. Desde o início da minha formação em Ortodontia foi grande incentivador e apoiador. Foi uma honra poder partilhar de sua experiência e conhecimento ao longo desta caminhada no doutorado e na elaboração deste estudo. Muito obrigada por tudo!

Às professoras da disciplina de Ortodontia Prof.^a Carla Derech e Prof.^a Carolina Baratieri, agradeço pelos ensinamentos, pelas orientações durante o desenvolvimento do meu primeiro projeto de tese, pelo apoio sempre presente e por estarem sempre à disposição quando precisei. Aos demais professores, Prof. Daltro Ritter e Prof. Roberto Rocha, sou grata pelo conhecimento compartilhado.

Às professoras Prof.^a Mariane Cardoso e Prof.^a Michele Bolan, obrigada por todo conhecimento compartilhado durante o curso e estágio de docência. Aos demais professores da disciplina de Odontopediatria com que tive oportunidade de conviver durante o período do curso, Prof.^a Carla Miranda Santana, Prof.^a Joeci de Oliveira, Prof. Ricardo Souza Vieira, meu muito obrigada.

Ao Prof. Humberto Jorge Gonçalves Moreira de Carvalho agradeço pelos conhecimentos transmitidos na disciplina de Modelação Hierárquica, os quais foram essenciais para elaboração deste estudo. E, em especial, agradeço por sua

disponibilidade, paciência e gentileza no auxílio das análises estatísticas realizadas para esta pesquisa. Muito obrigada!

Ao Prof. Adriano Ferreti Borgatto por sua didática e todo conhecimento transmitido em suas disciplinas, indispensável para elaboração deste trabalho.

À Prof.^a Renata Castro por sua gentileza e disponibilidade em me auxiliar no planejamento da triagem de pacientes durante o primeiro projeto de tese.

Aos demais professores com os quais tive a oportunidade de aprender muito nas disciplinas realizadas: Prof. André Luís Porporatti, Prof.^a Andréia Konrath, Prof. Fulvio Borges Nedel, Prof.^a Graziela De Luca Canto, Prof. João Luiz Dornelles Bastos, Prof. Luis André Mezzomo, Prof.^a Mabel Rodriguez Cordeiro, Prof.^a Mirelle Finkler. Muito obrigada!

Aos colegas de curso com os quais convivi, Carla Massignan, Giana Brancher, Gilberto Bisol, Ilda Cossa, Jéssica Barasuol, Josiane Soares, Juliana Andriani, Maria Eduarda Evangelista e Pablo Silveira; obrigada pela parceria e momentos de convívio.

Aos meus demais familiares e amigos agradeço por todo apoio! Muito obrigada!

“...que a importância de uma coisa não se mede com fita métrica nem com balanças nem barômetros etc. Que a importância de uma coisa há que ser medida pelo encantamento que a coisa produza em nós.” BARROS, M., 2006.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos dentários e periodontais, por meio de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), os efeitos pós-contenção dos procedimentos de expansão rápida (ERM) e expansão lenta da maxila (EML). A amostra foi composta por 48 (26 indivíduos do sexo feminino e 22 do sexo masculino), média etária de 9 anos, distribuídos aleatoriamente em três grupos: Grupo 1 (QH): EML (n=27) com expensor quadrihélice; Grupo 2 (LHa): EML (n=8) com expensor de Haas; e Grupo 3 (RHa): ERM com expensor de Haas (n=13). Todos os aparelhos foram ativados até atingirem 8mm de expansão total. Para os três grupos foram obtidas TCFC ao início (T1) e ao final do período de contenção, após a remoção dos aparelhos (T2). Os dados foram obtidos através de método padronizado de análise das imagens. Para análise dos dados foram ajustados modelos hierárquicos multiníveis com medidas repetidas para os indivíduos estudados e consideradas as interações entre Grupo e Tempo. Uma abordagem totalmente bayesiana foi utilizada para análise. Verificou-se que os procedimentos de ERM (RHa) e EML (LHa) realizados com aparelho de Haas promoveram maior movimento de corpo dos dentes de ancoragem, enquanto que a ELM (QH) realizada com aparelho quadrihélice promoveu majoritariamente inclinação da coroa para vestibular. A ERM (RHa) promoveu maior movimentação dentária vestibular do que a ELM (LHa) realizada com aparelho de Haas. A ELM com aparelho de Haas (LHa) não promoveu perda vertical significativa na tabua óssea vestibular, enquanto a ERM (RHa) provocou a maior perda, seguindo pelo grupo ELM (QH) realizado com aparelho quadrihélice. Por fim, todos os métodos estudados promoveram a redução da espessura alveolar vestibular, sendo que esta redução foi mais acentuada para os métodos que utilizaram aparelho tipo Haas (LHa e RHa).

-

Palavras-chave: Estimativa Bayesiana; Expansão Maxilar; Técnica de Expansão Palatina.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the dental and periodontal effects, by means of cone beam computed tomography (CBCT) images, the post retention effects of rapid expansion (RME) and slow maxillary expansion (SME) procedures. The sample consisted of 48 subjects (26 females and 22 males), mean age 9 years, randomly assigned to three groups: Group 1 (QH): SME (n=27) with quad-helix expander; Group 2 (LHa): RME (n=8) with Haas expander; and Group 3 (RHa): RME with Haas expander (n=13). All appliances were activated until they reached 8 mm of total expansion. CBCT scans were obtained for all three groups at the beginning (T1) and at the end of the retention period, after removal of the appliances (T2). Data were obtained using a standardized image analysis method. Hierarchical multilevel models with repeated measures were fitted for the studied individuals and interactions between Group and Time were considered. A fully Bayesian approach was used for analysis. It was observed that the RME (QH) and SME (G2) procedures performed with Haas appliance promoted greater body movement of the anchorage teeth, while the SME (QH) performed with quad-helix appliance promoted mostly buccal crown inclination. RME (RHa) promoted greater buccal tooth movement than SME (LHa) performed with Haas appliance. SME with Haas appliance (LHa) did not promote significant vertical loss in the buccal bone plate, while RME (RHa) caused the greatest loss, followed by the SME group (QH) performed with a quad-helix appliance. Finally, all the methods studied promoted a reduction in buccal alveolar bone thickness, and this reduction was more pronounced for the methods that used Haas-type appliances (LHa and RHa).

Keywords: Bayesian methods; Maxillary Expansion; Palatal Expansion Techniques

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama STROBE distribuição da amostra.....	40
Figura 2 - Aparelho Quadrihélice instalado no Grupo 1	41
Figura 3 – Aparelho do tipo Haas instalado nos Grupos 2 e 3	42
Figura 4 – Padronização da imagem. Corte axial: Posição da linha de referência coronal (linha azul / horizontal), sobre o centro da raiz mesiovestibular. .	45
Figura 5 – Padronização da imagem. Corte sagital: linha de orientação coronal (linha azul / vertical) centralizada no longo eixo da cúspide e raiz mesiovestibular do primeiro molar. Linha de orientação axial (linha lilás / horizontal) tangenciando a região de furca.	45
Figura 6 – Padronização da imagem. Corte coronal: longo eixo do dente 16 posicionado sobre a linha de orientação sagital (linha laranja / vertical).	46
Figura 7 – Padronização da imagem. Três planos de orientação da tomografia ajustados simultaneamente.....	46
Figura 8 -Ilustração da medida NOV realizada no elemento 16. O mesmo foi realizado no elemento 26.	47
Figura 9 - Ilustração da medida NOVC realizada no elemento 16. O mesmo foi realizado no elemento 26.	47
Figura 10 – Padronização da imagem. A) Corte sagital, a linha de orientação axial (horizontal/ lilás) nivelada paralelamente ao plano palatino. B) Corte axial: linha de orientação sagital (vertical/ laranja) posicionada sobre a imagem da rafe palatina.	48
Figura 11 – Padronização da imagem. Cortes axial (A) e coronal (B): Linhas de orientação coronal e axial (azul e lilás, respectivamente) tangenciando o nível da furca dos primeiros molares permanentes direito e esquerdo.	49
Figura 12 - Espessura do osso alveolar (EAV e EAP). Corte coronal: Demonstração da aferição da espessura alveolar vestibular (EAV) e espessura alveolar palatina (EAP) dos primeiros molares permanentes.	50
Figura 13 - Distância interarticular (DR): distância entre os pontos mais vestibulares dos condutos radiculares das raízes mesiovestibulares dos primeiros molares superiores.....	51

Figura 14 - Corte sagital: localização e marcação do ponto correspondente à ponta de cúspide do elemento 16 (A) e 26 (B)	52
Figura 15 - Corte axial (A) e coronal (B): ajuste na orientação das imagens para que ambos os pontos das cúspides, ficassem visíveis nos dois cortes.	52
Figura 16 - Distância intercúspide (DC): distância entre as pontas de cúspide mesiovestibulares dos primeiros molares superiores.	53
Figura 17 - Corte axial: linha de referência coronal (azul / horizontal), tangenciando o centro das raízes palatinas dos dentes 16 e 26.	54
Figura 18 – Ângulo intermolar (AI). Corte coronal: as linhas de referência da ferramenta são posicionadas tangenciando as pontas das cúspides vestibular e palatina dos elementos 16 e 26. O ângulo formado pela intersecção das linhas é fornecido automaticamente.	54
Figura 19 – Padronização da imagem. Corte axial: linha de referência coronal (azul/horizontal) passando sobre o centro das raízes palatinas dos dentes 16 e 26	55
Figura 20 – Padronização da imagem: Corte coronal (A) e corte axial (B): ajuste da altura do corte axial mais apical nos dois planos. No corte coronal a linha de orientação axial (lilás/horizontal) tangencia os ápices palatinos dos elementos 16 e 26 para correção do nivelamento.	56
Figura 21 - Distância interápices (DA). Corte coronal: distancia entre os ápices das raízes palatinas dos elementos 16 e 26.	56
Figura 22 - Estimativas para variável NOV para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).	63
Figura 23 - Estimativas para variável NOVC para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).	65
Figura 24 - Estimativas para variável EAV para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).	67
Figura 25 - Estimativas para variável EAP para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).	69
Figura 26 - Estimativas para variável DR para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).	71
Figura 27 - Estimativas para variável DC para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).	73
Figura 28 - Estimativas para variável DA para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).	75

Figura 29 - Estimativas para variável AI para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente). 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição da amostra do estudo.....	40
Tabela 2 - Estatística descritiva dos dados.	60
Tabela 3 - Estimativas do modelo de regressão multinível e intervalos de credibilidade de 95% das variáveis por indivíduos, ajustado por Grupo e Tempo.	61
Tabela 4 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável NOV	63
Tabela 5 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para Variável NOVC	64
Tabela 6 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável NOVC.....	65
Tabela 7 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para Variável NOVC	66
Tabela 8 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável EAV	67
Tabela 9- Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para Variável EAV	68
Tabela 10 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável EAP	69
Tabela 11 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável EAP	70
Tabela 12 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável DR.....	71
Tabela 13 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável DR	72
Tabela 14 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável DC.....	73
Tabela 15 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável DC	74
Tabela 16 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável DA.....	75
Tabela 17 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável DA	76
Tabela 18 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável AI.....	77
Tabela 19 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável AI	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TC	Tomografia Computadorizada
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
ERM	Expansão rápida da maxila
ELM	Expansão lenta da maxila
PRP	Plasma rico em plaquetas
micro-CT	Microtomografia computadorizada
<i>SARPE</i>	<i>Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion</i> (Expansão palatina rápida assistida cirurgicamente)
<i>MARPE</i>	<i>Microimplant-assisted rapid palatal expansion</i> (Expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes)
ERMC-Alt.	Expansão Rápida da Maxila e Constrição Alternadas
ERAM	Expansão rápida assimétrica da maxila
FLP	Fissura lábio palatina
MMP	Matriz Metaloproteinases
IL	Interleucinas
TNF- α	Fator de Necrose Tumoral <i>Alpha</i>
<i>DICOM</i>	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
<i>HPDI</i>	Highest Posterior Density Interval (Intervalo de Maior Densidade Posterior)
QH	Grupo 1: expansão lenta da maxila com aparelho quadrihélice
LHa	Grupo 2: expansão lenta da maxila com aparelho de Haas
RHa	Grupo 3: expansão rápida da maxila com aparelho de Haas
JCE	Junção cimento-esmalte
IC	Intervalos de credibilidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos.....	18
2	DESENVOLVIMENTO	19
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1.1	Expansão rápida da maxila e os efeitos dentários e periodontais	24
2.1.2	Expansão lenta da maxila e os efeitos dentários e periodontais	33
2.1.3	Expansão rápida versus expansão lenta e os efeitos nas estruturas dentárias e periodontais.....	35
2.2	METODOLOGIA	38
2.2.1	Amostra	38
2.2.2	Confecção dos aparelhos.....	40
2.2.3	Protocolos de ativação	42
2.2.3.1	Grupo 1 (QH)	42
2.2.3.2	Grupo 2 (LHa)	42
2.2.3.3	Grupo 3 (RHa).....	43
2.2.4	Obtenção das Tomografias	43
2.2.5	Medidas tomográficas	44
2.2.5.1	Avaliação do padrão periodontal	44
2.2.5.2	Avaliação do padrão dentário	50
2.2.6	Análise estatística.....	56
2.3	RESULTADOS.....	59
2.3.1	Avaliação do padrão periodontal.....	62
2.3.2	Avaliação do padrão dentário	70
2.4	DISCUSSÃO.....	78
3	CONCLUSÃO	97
	REFERÊNCIAS	98
	APÊNDICE A – ANÁLISE DE CONCORDÂNCIA INTRAEXAMINADOR.....	119
	APÊNDICE B – R SCRIPT DA MODELAGEM MULTINÍVEL E DE VALIDAÇÃO DOS MODELOS FINAIS.	127

APÊNDICE C – R <i>SCRIPT</i> DAS ANÁLISES <i>POST-HOC</i> PARA OS	
MODELOS FINAIS	132
ANEXO A – <i>CHECKLIST STROBE STATEMENT</i>	133

1 INTRODUÇÃO

A deficiência maxilar transversa é um dos problemas esqueléticos craniofaciais frequentes na população odontológica pediátrica (GUEST; MCNAMARA; BACCETTI; FRANCHI, 2010; MCNAMARA, 2000). O tratamento mais comum para deficiência maxilar transversa são os procedimentos de expansão maxilar. (AKKAYA; LORENZON; UÇEM, 1998; GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U., 1982; HAAS, ANDREW J., 1965; SANDIKÇIOĞLU; HAZAR, 1997). A expansão maxilar tem sido amplamente utilizada e aceita para corrigir a mordida cruzada posterior e a deficiência transversa da maxila com o objetivo de abrir a sutura palatina mediana, proporcionando aumento adequado e estável da largura transversal (HAAS, A. J., 1965; MASPERO; FARRONATO; BELLINCIONI; ANNIBALE *et al.*, 2020; MCNAMARA; LIONE; FRANCHI; ANGELIERI *et al.*, 2015; PEREIRA; JACOB; LOCKS; BRUNETTO *et al.*, 2017).

Diferentes tipos de aparelhos dentários e diferentes protocolos de expansão, como expansão rápida da maxila (ERM), expansão lenta da maxila (ELM) e expansão semi-rápida da maxila foram testados ao longo dos anos para alcançar os melhores resultados na dentição mista (LANTERI, V.; CAVAGNETTO, D.; ABATE, A.; MAINARDI, E. *et al.*, 2020; SERAFIN; FASTUCA; CAPRIOGLIO, 2022). No entanto, não existe evidência clara entre os diferentes aparelhos nem entre os diferentes protocolos de ativação para obter a máxima expansão ortopédica com o mínimo de efeitos colaterais nas estruturas de ancoragem (BASTOS; BLAGITZ; ARAGÓN; MAIA *et al.*, 2019; LAGRAVERE; HEO; MAJOR; FLORES-MIR, 2006). Além disso, sabe-se que dependendo da frequência de ativação, do dispositivo utilizado (e a magnitude de força liberada por este), da quantidade de unidades de ancoragem e da idade do paciente estima-se que serão produzidos diferentes resultados dentários e esqueléticos nas estruturas de suporte.

Dentre os dispositivos para expansão palatina, existe uma diferença marcante entre os aparelhos rígidos, com parafusos, cuja ativação é caracterizada por forças altas e intermitentes, e que dependendo da frequência de ativação do parafuso atenderão aos protocolos de expansão de maxila rápida ou lenta (por exemplo, Haas, Hyrax) (FARRONATO; GIANNINI; GALBIATI; MASPERO, 2012; MASPERO; ABATE; CAVAGNETTO; EL MORSE *et al.*, 2020; MASPERO; FARRONATO; BELLINCIONI; CAVAGNETTO *et al.*, 2020; PRIYADARSHINI; MAHESH; CHANDRASHEKAR; SUNDARA *et al.*, 2017), e outros aparelhos que possuem molas que promovem uma

expansão maxilar lenta pela aplicação de forças mais baixas e constantes (por exemplo: quadrihélice, coffin) (MASPERO; FAMA; CAVAGNETTO; ABATE *et al.*, 2019; ZIMRING, J. F.; ISAACSON, R. J., 1965). Quando se compara os efeitos dos tratamentos entre os dois tipos de aparelho, pode-se esperar que os efeitos sobre as estruturas de suporte sejam diferentes.

Os efeitos nas estruturas periodontal e óssea após a expansão palatina foram avaliados por alguns estudos (FARRONATO; MASPERO; ESPOSITO; BRIGUGLIO *et al.*, 2011; JANSON; BOMBONATTI; BRANDÃO; HENRIQUES *et al.*, 2003; MASPERO; ABATE; BELLINCIONI; CAVAGNETTO *et al.*, 2019; VAN VLIJMEN; MAAL; BERGÉ; BRONKHORST *et al.*, 2009). Tanto a ERM quando a ELM, podem causar efeitos colaterais que afetam os tecidos periodontais de forma negativa e irreversível. A expansão lenta, costuma estar mais relacionada a maiores efeitos dentários do que esqueléticos (BISHARA; STALEY, 1987; SANDIKÇIOĞLU; HAZAR, 1997). A expansão rápida utiliza forças pesadas, com intuito de minimizar os efeitos dentários e maximizar os efeitos esqueléticos da expansão (AGARWAL; MATHUR, 2010). Apesar de as forças liberadas pela ERM terem o objetivo de abrir a sutura palatina mediana, também causam o deslocamento dos dentes de suporte e a hilianização do ligamento periodontal (CAPRIOGLIO; FASTUCA; ZECCA; BERETTA *et al.*, 2017; DIGREGORIO; FASTUCA; ZECCA; CAPRIOGLIO *et al.*, 2019). O deslocamento vestibular dos dentes para fora do processo alveolar pode causar lesões periodontais e radiculares. De acordo com os resultados de Garib *et al.* (GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006), a ERM induziu recessão gengival, reabsorção radicular, deiscência e fenestração óssea, redução da espessura óssea vestibular e dos níveis alveolares da crista óssea, tanto horizontal quanto verticalmente.

Brunetto *et al.* (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013) descreveram as mudanças quantitativas tridimensionais (no nível esquelético, dentoalveolar e periodontal) após ERM e ELM com aparelho expensor tipo Haas e ambos os protocolos causaram diferentes graus de perda óssea vestibular. Em uma revisão sistemática, Bastos *et al.* (BASTOS; BLAGITZ; ARAGÓN; MAIA *et al.*, 2019) verificaram que não houve diferenças clínicas significativas que permitissem uma conclusão sobre qual tipo de expansão maxilar, rápida ou lenta, seria mais adequada em relação à saúde periodontal. Além disso, salientou a necessidade de novos estudos clínicos para melhorar a qualidade da evidência a fim de comparar os efeitos colaterais periodontais causados por diferentes protocolos de expansão maxilar. Entende-se que

os resultados ainda não são claros devido à grande variedade de aparelhos usados, os diferentes protocolos de ativação e dos diferentes métodos de avaliação. Sendo assim, o objetivo do presente estudo observacional retrospectivo foi avaliar em pacientes com dentição mista, as alterações dentárias e periodontais nos primeiros molares permanentes superiores após a execução de três tipos de procedimento para correção da atresia maxilar: ELM com aparelho quadrihélice, ELM com expensor fixo tipo Haas e ERM com expensor fixo tipo Haas, por meio de exames de TCFC.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar os efeitos dentários e periodontais da expansão maxilar em pacientes com dentição mista.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar os efeitos dentários e periodontais da expansão rápida com a expansão lenta da maxila, utilizando aparelho de Haas.
- Comparar os efeitos dentários e periodontais da expansão lenta da maxila, utilizando os aparelhos de Haas e quadrihélice.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A correção da atresia maxilar é uma etapa indispensável para o tratamento adequado de diversos tipos de maloclusões. Até o momento, o método mais empregado para o reestabelecimento das dimensões transversais do arco maxilar é a disjunção palatina, através dos protocolos de expansão maxilar (GUNYUZ TOKLU; GERMEC-CAKAN; TOZLU, 2015; KAYALAR; SCHAUSEIL; KUVAT; EMEKLI *et al.*, 2016). A expansão maxilar foi inicialmente proposta por Westcott (WESTCOTT, 1859) e Angell (ANGELL, 1860) para o tratamento das atresias de arco e apinhamentos dentários e, posteriormente, reintroduzido e difundido por Haas (HAAS, 1961; HAAS, ANDREW J., 1965; HAAS, 1970; 1973; 1980) como método capaz de promover a correção ortopédica da atresia maxilar.

O aparelho de expansão maxilar é fixado nos dentes superiores com o objetivo de produzir movimento esquelético para a separação da sutura palatina mediana e o afastamento das placas palatinas uma da outra (FASTUCA; LORUSSO; LAGRAVÃˆRE; MICHELOTTI *et al.*, 2017; FASTUCA; LORUSSO; LAGRAVÈRE; MICHELOTTI *et al.*, 2017; LEONARDI; SICUREZZA; CUTRERA; BARBATO, 2011). O movimento ortopédico é sempre combinado com um movimento dentário vestibular dos dentes de ancoragem (SANDIKÇIOĞLU; HAZAR, 1997). A força liberada pelo aparelho expensor produz áreas de compressão no ligamento periodontal dos dentes de suporte seguida da reabsorção do osso alveolar que leva ao movimento do dente na mesma direção (vestibular) (STARNBACH; BAYNE; CLEALL; SUBTELNY, 1966).

O desenho dos aparelhos expansores de maxila varia bastante. Para uso na técnica ERM os aparelhos são fixos, podem ser colados ou bandados e com duas ou mais unidades dentárias de ancoragem. Entre eles estão os expansores dentomuco suportados (tipo Haas), dento suportados (expansores “higiênicos” tipo Hyrax) e expansores esplintados (tipo expensor de McNamara). Haas (HAAS, 1961) recomendou a ERM realizada por aparelho cimentado com suporte mucoso de acrílico para aumentar a ancoragem e realizar grandes cargas com o intuito de gerar menor movimentação dentária e o máximo de resposta esquelética. A literatura sugere que a alta magnitude de forças causa o movimento ortopédico das duas metades da maxila. Nos procedimentos de expansão rápida da maxila cargas entre 1,4 a 4,5kg podem ser

geradas após a ativação do parafuso expensor, conforme pesquisa feita em pacientes de oito a quinze anos, submetidos à expansão com disjuntor tipo Haas acoplado a um dinamômetro que media as forças de ativação (ISAACSON; INGRAM, 1964). Estas cargas são cumulativas, e podem ser excessivas para as suturas, tecidos ósseos e dentários. Ficou demonstrado que a maior resistência à expansão não é a sutura palatina mediana e sim o conjunto de articulações, ossos maxilares e craniofaciais. Para uso na técnica de ELM os aparelhos podem ser fixos ou removíveis, e a variedade de designs é ainda maior. Podem ser usados os mesmos aparelhos preconizados para a técnica de ERM, ou aparelhos com molas e materiais mais flexíveis. O aparelho quadrihélice é comumente usado em crianças para obtenção da ELM. Ricketts (1973) desenvolveu o quadrihélice ao acrescentar dois helicoides sobre a secção anterior do aparelho de Porter (arco na forma de “W”), sendo este um aparelho fixo soldado às bandas dos molares (CHACONAS; DE ALBA Y LEVY, 1977). A modificação aumentou o comprimento do fio, suavizando a magnitude da força liberada e permitindo ação mais continua sobre os molares e os tecidos de suporte (URBANIAK; BRANTLEY; PRUHS; ZUSSMAN *et al.*, 1988).

Muito se discute em relação à força e seu efeito na sutura maxilar. Ao comparar as cargas aplicadas pelos diferentes aparelhos usados em expansão maxilar, o aparelho quadrihélice exerce em média 0,5kgf enquanto aparelhos para EMR podem ter carga cumulativa de até 10kgf (BELL, 1982; BOYSEN; LA COUR; ATHANASIOU; GJESSING, 1992).

De acordo com Melsen (MELSEN, 1999), o movimento dentário vestibulolingual pode ocorrer concomitantemente com o osso alveolar ou através dele. A primeira situação ocorre somente com a reabsorção óssea direta ou frontal. Nesse caso, haveria reabsorção da superfície óssea na área de pressão do ligamento periodontal, com aposição óssea compensatória na superfície externa do processo alveolar. Entretanto, quando a magnitude da força induz à reabsorção óssea indireta, os osteoclastos reabsorvem a tábua óssea da superfície externa na direção do ligamento periodontal, levando, portanto, ao movimento do dente através da fina tábua óssea alveolar. A intensa força exercida sobre os dentes de suporte durante a ativação do parafuso (CHACONAS; CAPUTO, 1982; ZIMRING, JERRY F.; ISAACSON, ROBERT J., 1965) leva à hialinização do ligamento periodontal no lado da pressão (STARNBACH; BAYNE; CLEALL; SUBTELNY, 1966; VARDIMON; GRABER; VOSS; LENKE, 1991). Inicialmente, a necrose tecidual seria positiva, pois obstruiria a reabsorção do osso

alveolar e a consequente movimentação ortodôntica dos dentes. Sem poder se movimentar, os dentes se tornam unidades de suporte para a movimentação ortopédica da maxila. Portanto, no início da expansão, a força acumulada é usada para promover a divisão da maxila. E depois, com a permanência de forças residuais, ocorre o efeito ortodôntico. As consequências negativas da hialinização do ligamento periodontal podem então aparecer, representadas pela reabsorção da óssea vestibular e/ou das raízes vestibulares dos dentes de suporte (BARBER; SIMS, 1981; LANGFORD; SIMS, 1982; ODENRICK; KARLANDER; PIERCE; KRETSCHMAR, 1991; VARDIMON; GRABER; VOSS; LENKE, 1991).

Alguns pesquisadores demonstraram, em animais, fortes correlações entre o movimento dentário vestibular e as deiscências ósseas (STARNBACH; BAYNE; CLEALL; SUBTELNY, 1966; STEINER; PEARSON; AINAMO, 1981; THILANDER; NYMAN; KARRING; MAGNUSSON, 1983; WENNSTRÖM; LINDHE; SINCLAIR; THILANDER, 1987). Engelking e Zachrisson (ENGELKING; ZACHRISSON, 1982), Steiner et al. (STEINER; PEARSON; AINAMO, 1981), Thilander et al. (THILANDER; NYMAN; KARRING; MAGNUSSON, 1983) e Wennström et al. (WENNSTRÖM; LINDHE; SINCLAIR; THILANDER, 1987), em pesquisas com animais, demonstraram que a movimentação dentária vestibular com forças leves aumenta a distância entre a junção cimento-esmalte e a crista alveolar vestibular. Wehrbein et al. (WEHRBEIN; FUHRMANN; DIEDRICH, 1995) apresentaram conclusões semelhantes em um estudo com cadáveres. Årtun e Krogstad (ARTUN; KROGSTAD, 1987), Andlin-Sobocki e Bondin (ANDLIN-SOBOCKI; BODIN, 1993), Andlin-Sobocki e Persson (ANDLIN-SOBOCKI; PERSSON, 1994) e Årtun e Grobéty (ARTUN; GROBÉTY, 2001), observaram recessão gengival em dentes submetidos à movimentação vestibular natural ou ortodôntica.

Em humanos, só recentemente, o advento da tomografia computadorizada, permitiu investigar melhor os efeitos periodontais dos protocolos de expansão. Até a década de 90 poucos pesquisadores relataram as alterações periodontais após a ERM em humanos (GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U., 1982; STARNBACH; BAYNE; CLEALL; SUBTELNY, 1966; VARDIMON; GRABER; VOSS; LENKE, 1991). Watson I (WATSON, 1980), Greenbaum e Zachrisson (GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U., 1982) e Northway e Meade (NORTHWAY; MEADE, 1997) apenas sugeriram que a ERM poderia causar deiscências ósseas com base na observação clínica de perda de inserção e recessão gengival na face vestibular dos

dentes posteriores superiores em vários pacientes algum tempo após a expansão. Isso se deve ao fato de as radiografias convencionais, que compõem a maioria dos registros ortodônticos, apresentarem imagens bidimensionais e sobreposições, além de não mostrarem a espessura e o nível das tábuas ósseas vestibular e lingual (FUHRMANN; BÜCKER; DIEDRICH, 1995; FUHRMANN; WEHRBEIN; LANGEN; DIEDRICH, 1995; VARDIMON; GRABER; VOSS; LENKE, 1991; WEHRBEIN; FUHRMANN; DIEDRICH, 1995). A tomografia computadorizada (TC), é uma ferramenta precisa e útil nesse tipo de investigação. O diagnóstico por imagem da TC permite a reprodução de uma seção real da maxila em qualquer plano, mostrando todas as estruturas anatômicas em profundidade (FREDERIKSEN, 1995; HOUNSFIELD, 1973; PARKS, 2000). Além da TC da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), a microtomografia computadorizada (micro-CT) é também uma metodologia 3D que oferece informações diagnósticas de alta qualidade e detalhe, onde os aspectos radiculares e periodontais podem ser melhor avaliados (FASTUCA; LORUSSO; LAGRAVÈRE; MICHELOTTI *et al.*, 2017) (UTREJA; BAIN; TUREK; HOLLAND *et al.*, 2018). Resumidamente, as medições da tábua óssea vestibular ou palatina eram inacessíveis antes do advento da TC.

A precisão e a confiabilidade desse método para detectar alterações ósseas foram testadas (COOK; TIMOCK; CROWE; WANG *et al.*, 2015; LEUNG; PALOMO; GRIFFITH; HANS, 2010; TIMOCK; COOK; MCDONALD; LEO *et al.*, 2011). A maioria dos estudos concorda que as medições ósseas usando a TCFC têm precisão e confiabilidade adequadas para estudos clínicos. No entanto, a precisão das medições da altura do osso alveolar e da espessura óssea está relacionada ao tamanho do voxel. A perda de altura do osso alveolar pode ser superestimada com um tamanho de voxel de 0,4 mm na CBCT. Essa situação pode ser observada se a espessura óssea for menor do que o tamanho do voxel (SUN; ZHANG; SHEN; WANG *et al.*, 2015; SUN; SMITH; KORTAM; KIM *et al.*, 2011). A diminuição do tamanho do voxel da TCFC de 0,4 para 0,25 mm poderia melhorar a precisão da imagem para avaliações do osso alveolar e suas estruturas adjacentes. Entretanto, as imagens de CBCT de alta resolução aumentam a dose de radiação do paciente, e é importante considerar se isso é necessário para o diagnóstico, o plano de tratamento e o resultado clínico.

Também precisamos considerar que os efeitos das forças de expansão sobre o periodonto podem variar de acordo com a idade dos pacientes. É esperado que a ERM realizada antes do pico de maturação esquelética produza mais efeitos ortopédicos do

que a ERM realizada após o pico de crescimento (BACCETTI; FRANCHI; CAMERON; MCNAMARA, 2001; CARDINAL; DA ROSA ZIMERMANN; MENDES; ANDRADE *et al.*, 2022; GIUCA; PASINI; TECCO; MARCHETTI *et al.*, 2012; MUMMOLO; MARCHETTI; ALBANI; CAMPANELLA *et al.*, 2014; PERSSON; THILANDER, 1977). Adicionalmente, a partir de investigações em TCFC, foi visto que um movimento dentário vestibular excessivo pode levar à migração apical da crista alveolar vestibular de dentes de ancoragem posteriores, especialmente quando o tratamento é realizado em pacientes com dentição permanente (LAGRAVÃˆRE; MAJOR; FLORES-MIR, 2006; ROSA; LUCCHI; MANTI; CAPRIOGLIO, 2016). Bishara e Staley (BISHARA; STALEY, 1987) afirmaram que a idade ideal para a expansão é antes dos 13-15 anos de idade. Para Silva Filho *et al.* (DA SILVA FILHO; MONTES; TORELLY, 1995) as preocupações periodontais são maiores quando se usa a ERM na dentição permanente tardia. A perda óssea vestibular nas dimensões horizontal e vertical tem maior probabilidade de ocorrer pela translação vestibular dos dentes posteriores dentro do osso alveolar devido à falta de resposta sutural. Portanto, o tratamento precoce da discrepância esquelética transversal da maxila é essencial para obter um maior efeito ortopédico. Para evitar efeitos colaterais no periodonto dos dentes permanentes, alguns autores sugerem que os aparelhos expansores sejam ancorados nos dentes decíduos (GARIB, D. G.; MENEZES, M. H.; SILVA FILHO, O. G.; SANTOS, P. B., 2014; SERAFIN; FASTUCA; CAPRIOGLIO, 2022; UGOLINI; CERRUTO; DI VECE; GHISLANZONI *et al.*, 2015)

À medida que o paciente amadurece e as suturas circumaxilares oferecem cada vez mais resistência à expansão, este procedimento produz predominantemente expansão dentoalveolar e aumentam os riscos de causar complicações periodontais (GAUTHIER; VOYER; PAQUETTE; ROMPRÉ *et al.*, 2011; TIMMS, 1980; WERTZ, 1970). Em pacientes esqueleticamente maduros, a deficiência pode ser corrigida pela osteotomia segmentar Le Fort I ou pela expansão palatina rápida assistida cirurgicamente (*SARPE*) que visa eliminar a resistência sutural à expansão e, portanto, reduzir efeitos colaterais periodontais (BAILEY; WHITE; PROFFIT; TURVEY, 1997; GOLDENBERG; ALONSO; GOLDENBERG; GEBRIN *et al.*, 2007; JENSEN; JOHANNESSEN; RODRIGO-DOMINGO, 2015; KOUDSTAAL; POORT; VAN DER WAL; WOLVIUS *et al.*, 2005; SILVERSTEIN; QUINN, 1997; SURI; TANEJA, 2008; SWENNEN; SCHLIEPHAKE; DEMPFF; SCHIERLE *et al.*, 2001; TÜRKER; ÇOBAN; BAYRAKTAR; KURT *et al.*, 2022; WILLIAMS; CURRIMBOY; SILVA; O'RYAN, 2012; WOODS; WIESENFELD; PROBERT, 1997; ZEMANN; SCHANBACHER;

FEICHTINGER; LINECKER *et al.*, 2009). Outra técnica que visa reduzir os efeitos colaterais dentoalveolares e periodontais em adolescentes (ou adultos) é o uso de aparelhos expansores híbridos, ancorados em mini-implantes. Com o objetivo de garantir a expansão do osso basal sem intervenção cirúrgica, Lee et al. (LEE; PARK; PARK; HWANG, 2010) apresentou técnica alternativa, a expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes (*MARPE - microimplant-assisted rapid palatal expansion*). A técnica *MARPE* e similares tem sido cada vez mais indicada para pacientes adolescentes tardios e adultos jovens, para substituir a *SARPE*. Contudo, sua indicação para crianças e adolescentes antes (ou durante) do surto de crescimento puberal, permanece restrita (LIN; AHN; KIM; MOON *et al.*, 2015; UGOLINI; AGOSTINO; SILVESTRINI-BIAVATI; HARRISON *et al.*, 2021).

OS objetivos da ELM (AKKAYA; LORENZON; UÃŞEM, 1999; AKKAYA; LORENZON; UÇEM, 1998) e dos protocolos de expansão semirrápida (IŞERI; OZSOY, 2004) são oferecer uma alternativa à força pesada aplicada pelos aparelhos de ERM com a liberação de uma força vestibular leve e contínua para alcançar a expansão maxilar. Os resultados clínicos indicam que esse efeito é fisiologicamente possível (BASCIFTCI; AKIN; ILERI; BAYRAM, 2014; FLEMING; LEE; MCDONALD; PANDIS *et al.*, 2014). Infelizmente, as preocupações com o deslocamento das raízes dos dentes através da tábua óssea vestibular e com as sequelas periodontais são comuns a todos os métodos de expansão da maxila.

2.1.1 Expansão rápida da maxila e os efeitos dentários e periodontais

Tradicionalmente, os ortodontistas têm tratado as discrepâncias de dimensão transversal por meio da expansão rápida da maxila. Onde forças pesadas são liberadas em curto período de tempo, sendo que para isso são utilizados aparelhos rígidos, que liberam forças intermitentes. No entanto, cada vez mais evidências demonstram a perda de osso alveolar vestibular observada em pacientes submetidos ao procedimento. (WOLLER; KIM; BEHRENTS; BUSCHANG, 2014)

Alguns pesquisadores estudaram os efeitos colaterais da ERM nas estruturas periodontais utilizando imagens tomográficas (AKIN; BAKA; ILERI; BASCIFTCI, 2015; ALOMARI; SULTAN, 2019; BAYSAL; UYSAL; VELI; OZER *et al.*, 2013; BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013; CARDINAL; DA ROSA ZIMERMANN; MENDES; ANDRADE *et al.*, 2022; CHUN; DE CASTRO; OH; KIM *et al.*, 2022; FURTADO; FURTADO; EL HAJE; ROSÁRIO *et al.*, 2018; GARIB; HENRIQUES;

JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006; GARIB; YATABE; OZAWA; SILVA FILHO, 2010; GERAMY; SHAHROUDI, 2014; GUNYUZ TOKLU; GERMEC-CAKAN; TOZLU, 2015; JACOB; RIBEIRO; ENGLISH; PEREIRA *et al.*, 2019; LEMOS RINALDI; AZEREDO; MARTINELLI DE LIMA; DEON RIZZATTO *et al.*, 2018; PANGRAZIO-KULBERSH; JEZDIMIR; DE DEUS HAUGHEY; KULBERSH *et al.*, 2013; PODESSER; WILLIAMS; CRISMANI; BANTLEON, 2007; RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007).

Apesar do efeito desejado de separação da sutura palatina mediana, a ERM está inevitavelmente associada a forças altas e intermitentes que causam flexão lateral dos processos alveolares e deslocamento vestibular dos dentes de ancoragem para fora dos limites anatômicos alveolares, o que pode danificar o periodonto, causar consequente recessão gengival e, finalmente, comprometer a longevidade dos dentes envolvidos (ALOMARI; SULTAN, 2019; BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013; EVANGELISTA; VASCONCELOS; BUMANN; HIRSCH *et al.*, 2010; GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006).

Estudos clínicos e histológicos mostraram microfraturas na sutura palatina mediana, recidiva e reabsorção radicular externa no tratamento de expansão rápida da maxila (BARBER; SIMS, 1981; FASTUCA; MENEGHEL; ZECCA; MANGANO *et al.*, 2015; GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U., 1982).

Garib *et al.* (GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006) avaliaram as TC de uma pequena amostra de meninas (média de 12,5 anos) e verificou que a ERM reduziu a espessura da tábua óssea vestibular dos dentes de suporte de 0,6 a 0,9 mm e aumentou a espessura da tábua óssea lingual de 0,8 a 1,3 mm, após 3 meses de contenção. Verificou ainda, que o aumento da espessura da tábua óssea lingual dos dentes posteriores superiores foi maior no grupo de expansão com aparelho de suporte dentário (aparelho tipo Hyrax) do que no grupo com aparelho dentomuco suportado (aparelho tipo Haas). Rungcharasseng *et al.* (RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007) também demonstraram diminuição significativa na espessura da tábua óssea vestibular dos dentes de suporte, com média próxima a 1,2 mm, 3 meses após a expansão. Esses achados também estão de acordo com o estudo de Alomari & Sultan (ALOMARI; SULTAN, 2019) que verificaram redução estatisticamente significativa na espessura da tábua óssea vestibular (de 0,7mm) 3 meses após a ERM, nos dentes de ancoragem. Além disso, os mesmos autores

verificaram redução de 0,8 e 1,0mm na altura vertical da crista alveolar vestibular dos primeiros molares e primeiros pré-molares, respectivamente.

Ballanti et al. em dois estudos (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; BALLANTI; LIONE; VIARANI; FANUCCI *et al.*, 2008) avaliaram a ERM em uma amostra de pacientes jovens (média de 11,2 anos) e relataram redução significativa, porém pequena, na espessura da placa óssea vestibular dos primeiros molares de suporte imediatamente após o período ativo da expansão, que durou 14 dias. A redução média foi inferior a 0,5 mm. Apesar da redução óssea vestibular e da ausência da correspondente aposição óssea compensatória no aspecto lingual, os autores relatam que não foi observada qualquer fenestração, deiscência ou perda de inserção. Após o término do período de contenção (6 meses), observaram recuperação da espessura das placas vestibular e lingual.

Domann et al., (DOMANN; KAU; ENGLISH; XIA *et al.*, 2011) avaliando os efeitos imediatos da ERM com expensor de Hyrax, verificou que os dentes de ancoragem apresentaram maior movimento de inclinação do que de translação e que a espessura da placa óssea vestibular diminui imediatamente após a ERM. Os efeitos de inclinação dentária também foram observados por Bratu et. al., (BRATU; BRATU; POPA; LUCA *et al.*, 2012) que além das alterações nos dentes também observaram a inclinação do processo alveolar em exames radiográficos.

Baysal et al. (BAYSAL; UYSAL; VELI; OZER *et al.*, 2013) avaliaram 20 adolescentes com idades médias de 13,6 anos submetidos a ERM (com aparelho tipo Hyrax) quanto as alterações alveolares imediatas. Os autores verificaram que houve redução na espessura de osso alveolar vestibular em todos os dentes avaliados, caninos, primeiros e segundos pré-molares e primeiros molares, ou seja, fossem ou não dentes de ancoragem do aparelho. Além disso, quando as medidas da espessura cortical palatina foram avaliadas, observou-se uma diminuição diferentemente dos estudos citados anteriormente. Os autores também avaliaram a altura vertical da crista alveolar, e verificaram que esta aumentou em todos os dentes posteriores. Publicado no mesmo ano, Pangrazio-Kulbersh et al. (PANGRAZIO-KULBERSH; JEZDIMIR; DE DEUS HAUGHEY; KULBERSH *et al.*, 2013) avaliaram os efeitos nas estruturas periodontais de 22 pacientes com média de 13 anos de idade. Um grupo foi tratado com expensor esplintado colado e outro com expensor de Hyrax bandado. Foi observada uma tendência de perda óssea mais vertical no grupo com bandas. A espessura óssea

apresentou redução de aproximadamente 0,50mm após os 6 meses de contenção, para ambos os grupos.

Ainda em 2013, em um estudo clínico retrospectivo, Akyalcin et al. (AKYALCIN; SCHAEFER; ENGLISH; STEPHENS *et al.*, 2013), avaliaram os efeitos da ERM com aparelho de Hyrax a médio e longo prazo em adolescentes (média de 13,9 anos). Após a ERM os pacientes receberam tratamento ortodôntico corretivo, com aparelho fixo. Observaram um ganho de expansão dentária de 3,95mm na região dos molares após expansão, e redução de 1,66mm no período pós-contenção. Não observaram alterações significativas nas angulações dentárias dos primeiros molares bem com na espessura da cortical óssea vestibular dos dentes de suporte.

Garib et al (GARIB, D. G.; MENEZES, M. H. O.; SILVA FILHO, O. G. D.; SANTOS, P. B. D. D., 2014) avaliaram as alterações imediatas nas tábuas ósseas vestibular e lingual causadas pela expansão rápida da maxila (ERM) com expansores do tipo Haas que usaram dentes decíduos como ancoragem. A espessura das tábuas ósseas vestibular e lingual dos dentes posteriores permanentes permaneceu inalterada durante o período de expansão, com exceção dos segundos molares decíduos, que apresentaram uma leve redução na espessura óssea na região distal vestibular. Não foram observadas deiscências ósseas vestibulares nos dentes de suporte imediatamente após a expansão.

Furtado et al. (FURTADO; FURTADO; EL HAJE; ROSÁRIO *et al.*, 2018) avaliaram em uma amostra de 10 pacientes jovens (média 12,5 anos) os efeitos dentários e periodontais da ERM com aparelho expensor tipo Hyrax após 4 meses de contenção. Verificaram que houve aumento na inclinação vestibular da coroa nos primeiros e segundos pré-molares (5,04 e 3,96 graus, respectivamente), enquanto que para o primeiro molar não houve alteração significativa. Quanto as alterações nas variáveis periodontais, verificaram que houve uma redução significativa na espessura da tábua óssea vestibular na região dos primeiros molares (0,036mm), enquanto que na região dos pré-molares as alterações não foram significativas. Além destes achados, os autores não verificaram alterações na espessura gengival vestibular ou alterações na altura óssea vestibular. Neste mesmo ano Lemos Lemos Rinaldi et al. (LEMOES RINALDI; AZEREDO; MARTINELLI DE LIMA; DEON RIZZATTO *et al.*, 2018) avaliaram modificações dento alveolares em imagens de TCFC de pacientes em crescimento divididos em 4 grupos: tipo Haas ativação de 2/4 de volta, Haas ativação de 4/4 de volta, Hyrax ativação de 2/4 de volta e Hyrax com expansões e constrições rápidas

alternadas (ERMC-Alt) de 4/4 de volta por dia. Verificaram que o nível da crista óssea vestibular aumentou significativamente nos 4 grupos, principalmente no grupo Hyrax ERMC-Alt (média de 5,09 mm) e a espessura do osso alveolar diminuiu significativamente nos 4 grupos. O grupo Haas com ativação de 2/4 de volta apresentou o maior aumento na distância interarticular e intercúspide entre os dois tempos do estudo (7,12 e 9,16 mm, respectivamente). Em todos os grupos houve inclinação da coroa do 1º molar permanente para vestibular. Além disso, defeitos anatômicos relacionados aos primeiros molares permanentes superiores e suas placas corticais vestibulares adjacentes foram observados em ao final do período de contenção em alguns pacientes dos grupos Haas 2/4, Hyrax de 2/4 e Hyrax ERMC-Alt.

Em um estudo recente (DIGREGORIO; FASTUCA; ZECCA; CAPRIOGLIO *et al.*, 2019), dois grupos de pacientes tratados com ERM foram considerados usando TCFC para avaliar a espessura da placa óssea vestibular (BBPT) de primeiros molares permanentes superiores: um grupo de pacientes usando primeiros decíduos molares como ancoragem (E) e um segundo grupo utilizando os primeiros molares permanentes como ancoragem (6). No grupo E não foi observada redução do BBPT dos primeiros molares permanentes superiores, exceto para as raízes mesiais em ambos os lados. Ao contrário, no grupo 6, a ERM causou redução no BBPT dos primeiros molares permanentes superiores. Além disso, a quantidade de redução da espessura da placa óssea vestibular dos primeiros molares permanentes superiores no grupo 6 mostrou diferenças estatisticamente significativas em comparação com a ausência geral de redução óssea quando a ERM foi realizada na dentição mista. Além disso, outros autores (COZZANI; ROSA; COZZANI; SICILIANI, 2003) também demonstraram que os aparelhos de ERM ancorados em dentes decíduos permitem a resolução da mordida cruzada dos primeiros molares permanentes. Os primeiros molares permanentes seguem espontaneamente os dentes decíduos e a expansão com um movimento mais corporal e evitam a inclinação para vestibular que geralmente ocorre quando o aparelho é ancorado a eles.

Embora a ERM possa desencadear deiscências ósseas na face vestibular dos dentes de suporte, especialmente em pacientes com tábuas ósseas finas, no estudo de Garib *et al.* (GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006) a avaliação clínica periodontal não indicou essa alteração. Não foram observadas recessões gengivais imediatamente após a expansão. A migração do epitélio juncional e a perda da inserção conjuntiva não acompanham o deslocamento apical da crista alveolar

vestibular, especialmente na ausência de inflamação. Watson (WATSON, 1980) fez observações clínicas de perda de inserção e recessão gengival na superfície vestibular dos dentes posteriores superiores após a expansão. No entanto, devido à falta de melhores instrumentos de diagnóstico, eles só puderam sugerir que a ERM poderia causar deiscência óssea. Greenbaum e Zachrisson (GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U., 1982) realizaram uma comparação clínica do estado periodontal de indivíduos jovens que receberam tratamento ortodôntico com ERM, ELM e sem mecânica para expansão (controle). Três anos após a remoção do aparelho fixo, foram observadas boas condições periodontais em ambos os grupos. Em média, os grupos que receberam expansão apresentaram diferenças mínimas em relação ao grupo de controle. Entretanto, a maioria dos pacientes com perda de inserção na face vestibular do primeiro molar superior estava no grupo da ERM. Em outro estudo com avaliação clínica, Vanarsdall et al. (VANARSDALL; BLASI; SECCHI 2017) relataram os resultados de uma avaliação periodontal longitudinal em pacientes jovens que receberam tratamento ortodôntico com e sem ERM. No primeiro grupo, 20% dos pacientes apresentaram recessão gengival 8 a 10 anos após a expansão, em comparação com 6% no grupo tratado apenas com aparelhos edgewise (controle).

Com intuito de reduzir ou evitar os efeitos colaterais da ERM, alguns autores testaram substâncias capazes de favorecer o reparo tecidual. Alomari e Sultan (ALOMARI; SULTAN, 2019) em um estudo de boca dividida avaliaram a hipótese de reduzir os efeitos colaterais da ERM sobre o periodonto de adolescentes empregando uso de Plasma Rico em Plaquetas (PRP) injetável na face vestibular dos dentes de ancoragem, durante a ERM. Verificaram que a ERM produziu efeitos indesejáveis nos dentes de suporte, principalmente problemas no osso alveolar e que a aplicação de PRP não produziu nenhum efeito de cura ou de proteção em comparação com o grupo de controle. Muito pelo contrário, a prevalência de defeitos alveolares foi maior no grupo PRP.

Os efeitos deletérios sobre as estruturas de suporte parecem estar diretamente relacionados a magnitude da força liberada sobre os dentes de ancoragem. Akin et al. (AKIN; BAKA; ILERI; BASCIFTCI, 2015) avaliaram os efeitos da expansão rápida assimétrica da maxila (ERAM) na espessura do osso cortical e na altura do osso alveolar vestibular e a formação de deiscência e/ou fenestração no osso alveolar ao redor dos dentes posteriores. O aparelho de ERAM confeccionado em acrílico incluindo um limitador oclusal, foi cimentado em todos os pacientes. Os resultados sugerem

que a espessura da cortical vestibular do lado da mordida cruzada foi significativamente mais afetada pela expansão do que a do lado não afetado. A ERM reduziu significativamente a espessura do osso alveolar vestibular dos caninos e do primeiro e segundo pré-molares no lado afetado. A ERM também aumentou a incidência de deiscência e fenestração no lado afetado.

Durante o tratamento ortodôntico, o tecido periodontal é submetido à força mecânica, o que altera a composição do fluido crevicular gengival. Os fatores inflamatórios desempenham um papel importante no processo fisiopatológico da expansão rápida da maxila (COCHRAN; WOZNEY, 1999; PITARU; MCCULLOCH; NARAYANAN, 1994; SENDYK; SENDYK; PALLOS; BOARO *et al.*, 2018). A expansão rápida da maxila “estimula” os dentes e o osso alveolar maxilar, causando alterações nos níveis de expressão de algumas moléculas no fluido crevicular gengival. Com a estabilização da remodelação do tecido periodontal, os níveis de expressão de vários fatores biológicos também tendem a se estabilizar. (PERINETTI; D'APUZZO; CONTARDO; PRIMOZIC *et al.*, 2015). Alguns dos mediadores químicos ativados durante a movimentação são as Matriz Metaloproteinases (MMP), Interleucinas (IL), e Fator de Necrose Tumoral *Alpha* (TNF- α). Tang *et al.* (TANG; MI; WU; FU *et al.*, 2021) em um estudo clínico controlado em adolescentes pesquisou as alterações nos níveis de fatores biológicos no fluido crevicular gengival, a fim de determinar indiretamente a condição de remodelação periodontal. Verificou que houve alteração nos níveis de MMP-8, IL-6 e TNF- α no fluido crevicular gengival durante a ERM, relacionadas à remodelação do tecido periodontal. No grupo controle, no qual foi utilizado o mesmo aparelho, contudo sem ativação, não foram observadas alterações significativas destes mediadores.

Cardinal *et al.* (CARDINAL; DA ROSA ZIMERMANN; MENDES; ANDRADE *et al.*, 2022) avaliaram os efeitos da ERM sobre os tecidos ósseos de suporte em pacientes com fissura lábio palatina (FLP), e verificaram uma redução na altura e na espessura da tábua óssea vestibular. Contudo, salientam que a perda óssea encontrada foi menor do que a relatada nos estudos de pacientes sem FLP. Acreditam que a menor resistência do complexo maxilar em pacientes com FLP tenha permitido menor inclinação dentária e, portanto, menor perda óssea marginal.

Apesar da maioria dos estudos indicar efeitos deletérios sobre as estruturas de suporte nas análises tomográficas Pham e Lagravère (PHAM; LAGRAVÈRE, 2017) observaram que alterações no nível ósseo alveolar foram semelhantes nos tratamentos

de expansão rápida da maxila comparados ao grupo controle, não tratado. E concluem que os efeitos dos tratamentos de expansão maxilar nos níveis ósseos alveolares não são clinicamente significativos.

Para evitar efeitos colaterais ao osso alveolar e aos dentes, Lee et al. (LEE; PARK; PARK; HWANG, 2010) introduziram um elemento rígido que entrega a força de expansão diretamente ao osso basal para promover a abertura da sutura palatina mediana. O expansor palatino rápido assistido por miniparafusos (MARPE), foi projetado especialmente para adultos jovens, para evitar ou reduzir a necessidade de um possível tratamento cirúrgico.

Após introdução do MARPE, técnicas semelhantes de expansão maxilar ancoradas em mini-implantes com diversos tipos de dispositivos foram testados. Estes podem utilizar duas ou quatro unidades de mini-implantes e podem envolver nenhum, dois ou quatro elementos dentários como ancoragem adicional. Normalmente os protocolos utilizam a ativação rápida dos parafusos (ANNARUMMA; POSADINO; DE MARI; DRAGO *et al.*, 2021; BAZARGANI; MAGNUSON; LUDWIG, 2017; CANAN; SENISIK, 2017; CANTARELLA; DOMINGUEZ-MOMPELL; MALLYA; MOSCHIK *et al.*, 2017; CARLSON; SUNG; MCCOMB; MACHADO *et al.*, 2016; CELENK-KOCA; ERDINC; HAZAR; HARRIS *et al.*, 2018; LAGRAVÈRE; CAREY; HEO; TOOGOOD *et al.*, 2010; LEE; PARK; PARK; HWANG, 2010; LIN; AHN; KIM; MOON *et al.*, 2015; MOSLEH; KADDAH; ABD ELSAYED; ELSAYED, 2015; SUZUKI; MOON; PREVIDENTE; SUZUKI *et al.*, 2016; WINSAUER; VLACHOJANNIS; WINSAUER; LUDWIG *et al.*, 2013; YILMAZ; ARMAN-OZCIRPICI; ERKEN; POLAT-OZSOY, 2015).

Casseta e Altieri (ALTIERI; CASSETTA, 2022) compararam os efeitos da ERM com aparelho de Hyrax convencional com um grupo utilizando aparelho com suporte ósseo puro (sem unidades dentárias de ancoragem). Verificaram maior resposta esquelética, menor efeito de inclinação dentária e menor efeito sobre a espessura das tábuas ósseas no grupo de ancoragem óssea. Efeitos semelhantes foram observados anteriormente por Lin et al. (LIN; AHN; KIM; MOON *et al.*, 2015). Em contrapartida, Pham e Lagravère (PHAM; LAGRAVÈRE, 2017) também avaliaram os efeitos do aparelho expansor com suporte ósseo puro, mas não verificaram diferenças significativas nos níveis ósseos alveolares quando comparado com a ERM convencional com aparelho Hyrax. Chun et al. (CHUN; DE CASTRO; OH; KIM *et al.*, 2022) verificaram que a espessura óssea vestibular dos primeiros molares diminuiu,

enquanto a espessura óssea palatina aumentou imediatamente após a expansão com ERM e MARPE (com aparelho híbrido: mini-implantes e dentes como ancoragem), indicando o deslocamento vestibular dos dentes de suporte dentro do osso alveolar. Resultados semelhantes aos observados por Gunyuz Toklu et al. (GUNYUZ TOKLU; GERMEC-CAKAN; TOZLU, 2015) e Naveda et al. (NAVEDA; DOS SANTOS; MIRANDA; DA CUNHA BASTOS *et al.*, 2023) comparando aparelhos de *design* semelhante. As revisões sistemáticas que abordaram o tema salientam que o número limitado de estudos existentes e os problemas na sua realização ou comunicação impedem a elaboração de conclusões definitivas (COPELLO; MARAÑÓN-VÁSQUEZ; BRUNETTO; CALDAS *et al.*, 2020; KRÜSI; ELIADES; PAPAGEORGIOU, 2019).

Outra técnica alternativa às opções mais tradicionais foi estudada por Gandedkar et al. (GANDEDKAR; LIOU, 2018) que avaliou os efeitos da Alt-RAMEC no osso alveolar. Vinte e seis indivíduos adolescente foram avaliados (idade $11,5 \pm 0,90$ anos), e utilizaram um expansor de dupla articulação de Alt-RAMEC por 7 semanas seguido por 3 meses de protrusão maxilar. Foram avaliadas as TCFC, após 7 semanas de expansão e contração, e verificaram que o procedimento reduz a espessura do osso alveolar vestibular dos dentes de ancoragem.

Além destas, outras técnicas que incluem procedimentos cirúrgicos foram avaliadas. A corticotomia foi proposta em associação à ERM para pacientes adultos. Seus efeitos sobre os tecidos periodontais ainda são incertos e são necessárias mais pesquisas para avaliar seus efeitos (ECHCHADI; BENCHIKH; BELLAMINE; KIM, 2015; LINES, 1975; SILVA-COLL; HERNÁNDEZ-ORSINI; WANG, 2019). Outra técnica cirúrgica, já citada previamente, a expansão rápida da maxila assistida cirurgicamente (*SARPE*), não parece evitar os efeitos deletérios sobre o periodonto ou os efeitos colaterais dentários promovidos pela força de expansão rápida (GAUTHIER; VOYER; PAQUETTE; ROMPRÉ *et al.*, 2011; ROMANO; SVERZUT; TRIVELLATO; SARAIVA *et al.*, 2022; SENDYK; SENDYK; PALLOS; BOARO *et al.*, 2018; WILLIAMS; CURRIMBHOY; SILVA; O'RYAN, 2012).

Estão disponíveis algumas revisões sistemáticas avaliando os efeitos dentários e periodontais da expansão rápida da maxila (GIUDICE; SPINUZZA; RUSTICO; MESSINA *et al.*, 2020; LIONE; FRANCHI; COZZA, 2013; LO GIUDICE; BARBATO; COSENTINO; FERRARO *et al.*, 2018; SANTANA; MARQUES, 2021). Lo Giudice et al. (LO GIUDICE; BARBATO; COSENTINO; FERRARO *et al.*, 2018) concluíram que em todos os estudos considerados, foi observada perda significativa da espessura óssea

vestibular e do nível ósseo marginal nos dentes de ancoragem após a ERM. E que são necessários mais estudos que correlacionem os dados tomográficos de perda óssea com a reação dos tecidos moles periodontais após a expansão. Lione et al. (LIONE; FRANCHI; COZZA, 2013) relatam que em indivíduos em crescimento na avaliação a curto prazo, as forças pesadas moveram os dentes ancorados e o osso alveolar ao mesmo tempo e com a mesma magnitude e direção. Na avaliação a longo prazo, foi observada uma verticalização dos dentes ancorados. O mesmo foi observado por Lo Giudice (GIUDICE; SPINUZZA; RUSTICO; MESSINA *et al.*, 2020). Segundo os autores, a maioria dos estudos apresentava problemas metodológicos: dimensão reduzida da amostra, viés e variáveis de confusão, falta de análise do erro do método, ocultação das medições e métodos estatísticos deficientes ou inexistentes. O nível de qualidade dos estudos não foi suficiente para tirar conclusões baseadas em evidências robustas.

2.1.2 Expansão lenta da maxila e os efeitos dentários e periodontais

A ELM também tem sido estudada para correções dos defeitos transversais da maxila e do arco superior, bem com os efeitos desta terapia sobre os tecidos dentários, periodontais e osso alveolar. Apesar disso, o número de estudos disponíveis não é tão vasto quanto os existentes para a ERM.

Investigações em animais (STEINER; PEARSON; AINAMO, 1981; WENNSTRÖM; LINDHE; SINCLAIR; THILANDER, 1987) e estudos humanos (WEHRBEIN; FUHRMANN; DIEDRICH, 1994) demonstraram que a movimentação dentária labial com forças leves aumenta a distância entre a crista alveolar labial e a junção cimento-esmalte, o que leva à deiscência óssea em curto prazo (ENGELKING; ZACHRISSON, 1982; STEINER; PEARSON; AINAMO, 1981; THILANDER; NYMAN; KARRING; MAGNUSSON, 1983; WEHRBEIN; FUHRMANN; DIEDRICH, 1994; WENNSTRÖM; LINDHE; SINCLAIR; THILANDER, 1987) e à recessão gengival a longo prazo (ARTUN; KROGSTAD, 1987).

Alguns autores pesquisaram os efeitos dentários da ELM por meio de modelos de estudo e radiografias cefalométricas (ATIK; TANER, 2017; BELL; LECOMPTE, 1981; BOYSEN; LA COUR; ATHANASIOU; GJESSING, 1992; DARENDELILER; STRAHM; JOHO, 1994; ESENLİK; RÜBENDÜZ, 2015; FRANK; ENGEL, 1982; HICKS,

1978; HUYNH; KENNEDY; JOONDEPH; BOLLEN, 2009; MOSSAZ-JOËLSON; MOSSAZ, 1989; VIZZOTTO; DE ARAÚJO; DA SILVEIRA; BOZA *et al.*, 2008).

Bell e LeCompte (BELL; LECOMPTE, 1981) e Vizzoto *et al.* (LANTERI; GIANOLIO; GUALANDI; BERETTA, 2018; VIZZOTTO; DE ARAÚJO; DA SILVEIRA; BOZA *et al.*, 2008) verificaram que o uso do aparelho quadrihélice em uma amostra com tratamento “precoce” foi capaz de abrir a sutura palatina mediana em todos os indivíduos. Já Esenlik *et al.* (ESENLIK; RÜBENDÜZ, 2015) verificaram a abertura da sutura em apenas em parte da amostra estudada, com o uso de aparelho expansor removível encapsulado. Quanto aos efeitos dentários, a maioria dos estudos demonstram uma significativa inclinação dos dentes posteriores durante a terapia (ATIK; TANER, 2017; BOYSEN; LA COUR; ATHANASIOU; GJESSING, 1992; DARENDELILER; STRAHM; JOHO, 1994; FRANK; ENGEL, 1982; HUYNH; KENNEDY; JOONDEPH; BOLLEN, 2009; VIZZOTTO; DE ARAÚJO; DA SILVEIRA; BOZA *et al.*, 2008). Huynh *et al.* (HUYNH; KENNEDY; JOONDEPH; BOLLEN, 2009) compararam os efeitos da ELM utilizando aparelhos de Haas, Hyrax e quadrihélice, e verificaram que os mesmos produziram efeitos similares, aumentando a inclinação intermolar em 4,6° após expansão.

Em TCFC, Corbridge *et al.* (CORBRIDGE; CAMPBELL; TAYLOR; CEEN *et al.*, 2011) verificou que as forças leves produzidas pela quadrihélice parecem ser capazes de mover os dentes através da placa cortical. Aproximadamente um terço dos pacientes em seu estudo apresentou pouco ou nenhum osso vestibular na raiz mesiovestibular do primeiro molar superior após o tratamento, embora esse osso estivesse presente inicialmente. Segundo o autor, o quadrihélice move os molares para vestibular com inclinação mínima e a ativação do torque da raiz vestibular antes da cimentação, poderia explicar a falta de osso vestibular observada nesses pacientes. O movimento dentário representou aproximadamente 40% a 50% da expansão geral. Os aumentos na distância intermolar (6,5mm) foram ligeiramente maiores do que os relatados anteriormente em estudos com quadrihélice, variando entre 5,0 e 5,9 mm (BELL; LECOMPTE, 1981; FRANK; ENGEL, 1982; SANDIKÇIOĞLU; HAZAR, 1997).

Também em tomografias, Lanteri *et al.* (LANTERI, VALENTINA; CAVAGNETTO, DAVIDE; ABATE, ANDREA; MAINARDI, ELEONORA *et al.*, 2020) avaliaram um novo tipo de expansor palatino para ELM (o *Leaf Expander*®). Esse aparelho é semelhante a um expansor Hyrax, com diferença em sua parte ativa, pois possui uma mola de níquel-titânio (NiTi) que pode ser ativada por meio do parafuso palatino, e fornece

forças calibradas mais baixas e contínuas para realizar a expansão. Uma expansão progressiva foi realizada a cada semana pela ativação da mola de NiTi. Segundo os autores o objetivo do uso de forças baixas e constantes são: provocar respostas mais fisiológicas da sutura palatina mediana e obter 0,5 mm de expansão por semana que, afirmaram, é a quantidade de expansão que os tecidos da sutura palatina mediana podem tolerar antes que ocorram os mecanismos de compensação (COTTON, 1978; ISAACSON; INGRAM, 1964). Segundo os autores, as alterações na largura intermolar dos primeiros molares superiores estão de acordo com achados anteriores de inclinação e deslocamento vestibular após expansão rápida ou lenta da maxila com aparelhos convencionais de estrutura rígida (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; LAGRAVÈRE; CAREY; HEO; TOOGOOD *et al.*, 2010). Não observaram alteração significativa no ângulo interdental. Apesar disso, verificaram uma diminuição estatisticamente significativa na espessura do osso alveolar vestibular de -0,54mm (em média) nos segundos molares decíduos (dentes de ancoragem), além de um aumento na altura do osso alveolar vestibular de 0,50 mm (em média) nos mesmos dentes.

Recentemente também foram realizados estudos em animais a fim de avaliar os efeitos dentoalveolares da ELM. Utreja (UTREJA; BAIN; TUREK; HOLLAND *et al.*, 2018) em seu estudo em ratos verificou, através da avaliação com microtomografia (micro-CT) que a expansão do arco com uma força leve e contínua num modelo animal resultou na expansão sutural e no movimento dentário vestibular dos molares superiores. A força leve e contínua resultou em padrões de reabsorção óssea osteoclástica e deposição óssea osteoblástica consistentes com as reações de modelação e remodelação óssea esperadas para a expansão fisiológica dos maxilares. O movimento dentário na direção transversal não levou à perda óssea ou deiscência óssea. Esses achados diferem dos resultados verificados anteriormente por Kraus *et al.* (KRAUS; CAMPBELL; SPEARS; TAYLOR *et al.*, 2014), em outro estudo em animais (cães), onde verificaram que a expansão vestibular com forças contínuas leves a moderadas produziu 3,5 mm de movimentação dentária, inclinação descontrolada e deiscência óssea, mas nenhuma reabsorção radicular.

2.1.3 Expansão rápida versus expansão lenta e os efeitos nas estruturas dentárias e periodontais

Um estudo controlado randomizado baseado em TC de baixa dose mostrou como ERM e ELM são igualmente eficazes na produção de expansão maxilar

esquelética em pacientes com mordida cruzada posterior (MARTINA; CIOFFI; FARELLA; LEONE *et al.*, 2012). Rabah et al. (RABAH; AL-IBRAHIM; HAJEER; AJAJ, 2022) verificaram que a ELM (com aparelho removível) pode ser uma alternativa eficaz à ERM no início da adolescência (12 a 16 anos). Em seu estudo, os aumentos médios nas larguras esquelética e dentária foram muito semelhantes em ambos os grupos, exceto pela expansão esquelética no nível dos molares superiores e pela expansão dentária no nível dos ápices dos pré-molares superiores, que foram maiores no grupo ELM. Além disso, verificaram que a inclinação dentária vestibular dos pré-molares e molares um efeito colateral similar em ambos os grupos.

Greenbaum e Zachrisson (GREENBAUM, KENNETH R.; ZACHRISSON, BJÖRN U., 1982) estudaram clinicamente os efeitos periodontais de longo prazo em pacientes jovens que receberam expansão rápida (aparelho tipo Haas) ou lenta (quadrihélice). Após 3 anos do tratamento, eles compararam os dois grupos de expansão com um grupo de controle e encontraram, em média, boas condições periodontais em todos os grupos. As variações individuais dentro de cada grupo ocorreram bastante, mas a maioria dos pacientes com perda de inserção no primeiro molar estava no grupo ERM.

Em crianças com fissura lábio palatina bilateral, Almeida et al. (DE ALMEIDA, A. M.; OZAWA, T. O.; ALVES, A. C. M.; JANSON, G. *et al.*, 2017), não observaram diferença entre as alterações dentárias e da tábua óssea alveolar dos grupos ERM (com aparelho de Haas ou Hyrax) e ELM (com quadrihélice). Ambos os aparelhos produziram ganhos esqueléticos transversais significativos com alterações ósseas periodontais insignificantes. Entretanto, o tempo de tratamento do ELM foi maior do que o observado com a ERM.

A avaliação dos efeitos dentários/ periodontais da ERM e ELM a longo prazo foi realizada em alguns estudos (AKYALCIN; SCHAEFER; ENGLISH; STEPHENS *et al.*, 2013; FERRIS; ALEXANDER; BOLEY; BUSCHANG, 2005; HAAS, 1980; HEROLD, 1989; LIMA FILHO; RUELLAS, 2007; MCNAMARA; BACCETTI; FRANCHI; HERBERGER, 2003; MOUSSA; O'REILLY; CLOSE, 1995). Com este objetivo, Pinheiro et al. (PINHEIRO; GARIB; JANSON; BOMBONATTI *et al.*, 2014) verificaram que a estabilidade da ERM e ELM em longo prazo (5 anos pós-contenção) é bastante semelhante, bem como a porcentagem de casos de recidiva clínica da mordida cruzada. Somente na expansão rápida da maxila foi observada uma diminuição significativamente maior da largura intercanina.

Weyrich et al. (WEYRICH; NOSS; LISSON, 2010) avaliaram os efeitos, em modelos de estudo, de três tipos de aparelhos para expansão maxilar (rápida e lenta) em pacientes com dentição mista precoce. Vinte pacientes foram tratados com um aparelho de ERM modificado (ancorado nos primeiros molares permanentes e com apoios palatinos na região do primeiro e segundo molares decíduos). Outro grupo de comparação era composto por 10 pacientes utilizou um aparelho removível com parafuso expensor e o outro grupo continha 10 pacientes tratados com um expensor palatino rápido do tipo Hyrax fixado nos primeiros molares permanentes. Todos os grupos revelaram um aumento significativo na inclinação vestibular dos primeiros molares permanentes durante o tratamento ativo. As comparações entre os grupos não revelaram diferenças significativas durante a fase de ativação ou de contenção.

Pereira et al. (PEREIRA; JACOB; LOCKS; BRUNETTO *et al.*, 2017) e Brunetto et al. (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013) avaliaram os efeitos imediatos (logo após ativação) da ERM e ELM com aparelho de Haas em parte da amostra utilizada no presente estudo. Observaram maior inclinação dos molares no grupo ERM. Foram detectadas redução/perda da altura e espessura da tabua óssea vestibular em ambos os grupos, com maior intensidade e significância no grupo ELM. Jacob et al. (JACOB; RIBEIRO; ENGLISH; PEREIRA *et al.*, 2019) verificaram que a expansão maxilar (ERM e ELM) não interrompe a formação radicular nem provoca reabsorção radicular apical do primeiro molar nesta amostra.

Serafin et al. (SERAFIN; FASTUCA; CAPRIOGLIO, 2022) compararam a ERM (com Hyrax) com a ELM (com *Leaf Expander*) e concluíram que o controle da inclinação dos molares é melhor com a ELM do que na ERM, tornando a ELM recomendada em pacientes com prévia inclinação vestibular aumentada nos molares permanentes superiores. Além disso, segundo os autores, a ELM proporciona movimento dentário mais controlado devido a liberação mais constante de forças.

Mummolo et al. (MUMMOLO; MARCHETTI; ALBANI; CAMPANELLA *et al.*, 2014) realizaram uma avaliação clínica e verificaram que tanto a ERM quanto a ELM apresentam um potencial efeito de “irritação” no periodonto, sugerido pelo aumento significativo do índice de placa e de sangramento ao longo do tratamento, em ambos os grupos. Concluem que a profilaxia periódica é muito importante. E não existem efeitos a longo prazo que possam ser exclusivos de um dos dois tratamentos em termos de consequências periodontais, como demonstrado pela ausência de diferenças significativas entre os dois grupos no final do tratamento.

Apenas uma revisão sistemática comparando os procedimentos de ERM com ELM avaliaram os efeitos nas estruturas periodontais e dentárias diretamente. Algharbi et al. (ALGHARBI; BAZARGANI; DIMBERG, 2018) buscaram verificar se há diferença nos efeitos esqueléticos e dentoalveolares de diferentes aparelhos e protocolos de expansão maxilar em crianças e adolescentes em crescimento. Segundos os autores as evidências existentes, devido às suas limitações, indicam que todos os designs e protocolos de aparelhos parecem promover a expansão maxilar. Mas as evidências ainda são obscuras sobre se eles podem ou não induzir uma quantidade igual de expansão esquelética em relação à inclinação dentária e também sobre qual taxa de ativação, lenta ou rápida, deve ser preferida. Apesar disso, os autores concluem que o protocolo rápido parece ser uma escolha melhor do que o protocolo lento, uma vez que o protocolo lento pode induzir efeitos periodontais mais negativos. Em outra revisão sistemática, Bastos et al. (BASTOS; BLAGITZ; ARAGÓN; MAIA *et al.*, 2019) avaliaram os efeitos da ERM e ELM sobre os tecidos periodontais. Não verificaram diferenças significativas ou clínicas que permitissem uma conclusão sólida sobre qual tipo de expansão maxilar, rápida ou lenta, é mais apropriado em relação à saúde periodontal. Além disso, foram avaliados apenas 3 estudos com qualidade da evidência classificada como moderada para as variáveis de resultado do nível do osso alveolar e do deslocamento e inclinação dos dentes; e para todos os outros resultados foram classificados como de qualidade muito baixa. Por fim, sugerem que a escolha da técnica deveria recair sobre o principal efeito desejado (ortopédico ou ortodôntico) e não sobre qual protocolo que seria menos prejudicial ao tecido periodontal. Rutili et al. (RUTILI; MRAKIC; NIERI; FRANCESCHI *et al.*, 2021) buscou comparar os efeitos dento-esqueléticos após a expansão rápida da maxila (ERM) e a expansão lenta da maxila (ELM) usando o mesmo expansor com parafuso (Haas ou Hyrax) com diferentes protocolos de ativação. Concluíram que tanto a ELM quanto a ERM ocasionam aumento na inclinação dos molares superiores, que foi significativamente menor no grupo da ELM. Essa conclusão, no entanto, baseou-se na análise de um único estudo com alto risco de viés. Os efeitos sobre os tecidos periodontais não foram avaliados.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Amostra

Para este estudo de coorte observacional retrospectiva a seleção da amostra foi realizada em exames pré existentes de tomografia computadorizada de feixe cônico

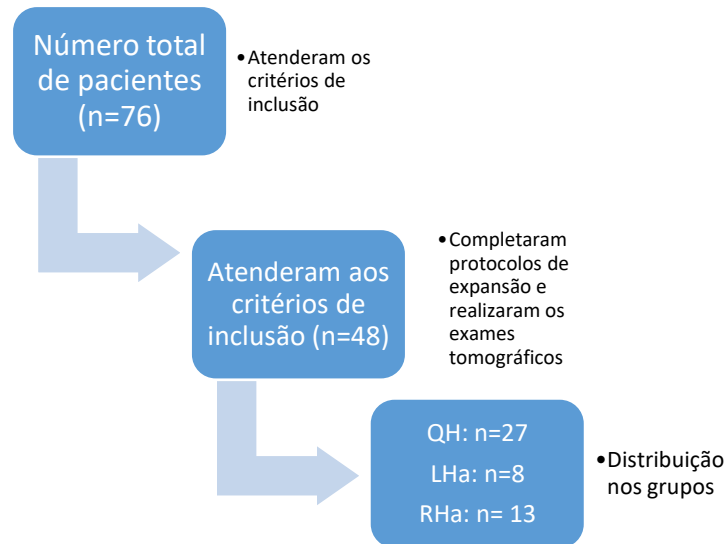
coletados dos estudos de Andriani (ANDRIANI, 2012), Brunetto (BRUNETTO, 2012), Floriano (FLORIANO, 2013) e Zasso (ZASSO, 2013). A amostra foi coletada entre escolares da rede pública da cidade de Florianópolis/SC e em pacientes que procuraram atendimento ortodôntico na Universidade Federal de Santa Catarina. Todos os pais e/ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) dessa Universidade sob número do parecer consubstanciado 200.438 e certificado de aprovação 405799.

Este estudo foi redigido de acordo com as diretrizes da *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology Statement (STROBE)* e sua lista de verificação (VON ELM; ALTMAN; EGGER; POCKOCK *et al.*, 2008) (Anexo A).

Os critérios de inclusão dos indivíduos na amostra inicial foram a presença de deficiência transversal maxilar clínica, estar no período intertransitório da dentição mista e ter entre 7 e 10 anos de idade. Pacientes com síndromes, alterações físicas e/ou psicológicas que impossibilitassem a colaboração com o tratamento e presença de restaurações metálicas nos primeiros molares permanentes superiores foram excluídos do estudo. Os pacientes que não seguiram corretamente o procedimento de ativação, apresentaram falha na cimentação dos aparelhos, tiveram molares decíduos esfoliados durante o tratamento, não retornaram para as consultas de controle, não realizaram o exame final dentro de 7 dias após a estabilização do parafuso expensor ou cujos exames tomográficos apresentaram dificuldade de visualização das estruturas dentárias, em função de artefato proveniente do aparelho disjuntor, foram excluídos do estudo.

Inicialmente a amostra selecionada era composta por 76 indivíduos que atenderam aos critérios de inclusão e destes, apenas 48 (26 indivíduos do sexo feminino e 22 do sexo masculino) completaram os protocolos de tratamento e possuíam as imagens inicial e final adequadas para realização das mensurações do presente estudo. Vinte e sete indivíduos foram tratados com protocolo de expansão lenta realizada com aparelho quadrihélice (Grupo 1 = QH), 8 indivíduos com protocolo de expansão lenta realizada com disjuntor tipo Haas (Grupo 2 = LHa) e 13 indivíduos com protocolo de expansão rápida realizada com disjuntor tipo Haas (Grupo 3 = RHa). A descrição com os dados da amostra inicial e incluída no estudo encontra-se na Figura 1 e Tabela 1.

Figura 1 - Diagrama STROBE distribuição da amostra



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 1 - Descrição da amostra do estudo.

		Grupo					
		1 (QH)		2 (LHa)		3 (RHa)	
Amostra		Inicial	Incluída	Inicial	Incluída	Inicial	Incluída
N		33	27	22	8	21	13
Idade (média em anos)			8,2		8,7		8,2
Sexo	meninas	18	15	10	2	13	9
	meninos	15	12	12	6	8	4

Fonte: elaborado pelos autores

2.2.2 Confeção dos aparelhos

Nos pacientes do Grupo 1 foram selecionadas e adaptadas bandas nos elementos 16 e 26 (Morelli), realizada moldagem de transferência da arcada superior em alginato (Jeltrate, Dentsply Canada Ltda, Woodbridge, Canadá), e obtidos modelos de trabalho em gesso pedra tipo III. Todos os aparelhos quadrihélice foram confeccionados de forma padronizada pelo mesmo operador com fio de aço calibre 0.9mm com os dois helicoides posteriores confeccionados junto ao primeiro molar no sentido anteroposterior (Figura 2).

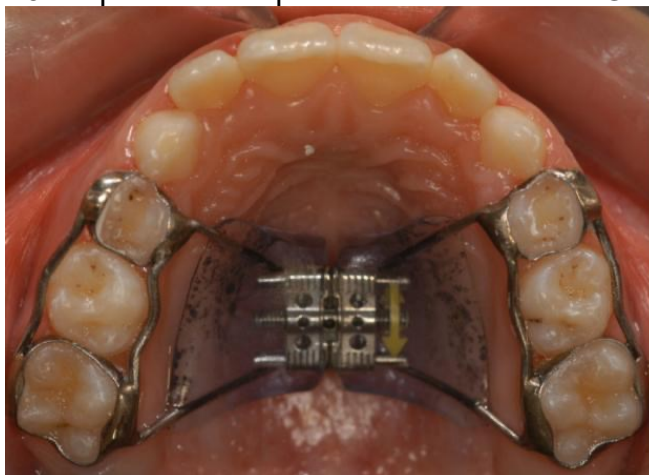
Figura 2 - Aparelho Quadrihélice instalado no Grupo 1



Fonte: (FLORIANO, 2013)

Para indivíduos do Grupo 2 e 3 foram selecionadas e adaptadas bandas nos elementos 54, 64, 16 e 26, realizada moldagem de transferência em alginato (Jeltrate, Dentsply, Woodbridge, Canadá) e obtido o modelo de trabalho em gesso pedra tipo III. Os aparelhos expansores dentomuco suportados foram confeccionados de forma padronizada pelo mesmo operador, conforme preconizado por Haas (HAAS, 1961). A estrutura metálica do expensor foi confeccionada com fio de aço inoxidável de 1,0mm de diâmetro adaptada sobre as faces vestibulares e palatinas dos segundos molares decíduos e soldada aos anéis dos primeiros molares decíduos e permanentes superiores na face vestibular e palatina. O parafuso expensor (Dentaurum, Inspringen, Alemanha), foi posicionado sobre a rafe palatina, na altura do segundo molar decíduo (Figura 3).

Figura 3 – Aparelho do tipo Haas instalado nos Grupos 2 e 3



Fonte: (ANDRIANI, 2012)

Para todos os grupos, previamente à cimentação das bandas, foi realizada profilaxia com taça de borracha e pedra pomes. Todos aparelhos foram cimentados com cimento de ionômero de vidro marca Meron (Voco GmbH, Cuxhaven, Alemanha).

2.2.3 Protocolos de ativação

2.2.3.1 Grupo 1 (QH)

Para o Grupo 1, o aparelho foi ativado 2mm no dia da instalação e 2mm mensalmente durante 4 meses. A mensuração da ativação foi realizada em papel milimetrado, totalizando 8mm de expansão ao final do tratamento. Foi utilizado um alicate tridente com o qual foi feita a primeira ativação na ponte anterior, depois nos braços internos para que os braços laterais ficassem paralelos à posição inicial. Para melhor estabilidade do aparelho na região anterior, foram colocados apoios de resina na face palatina dos caninos decíduos superiores. Os pais e/ou responsáveis dos pacientes foram instruídos para os cuidados com o aparelho e também receberam por escrito as orientações. Durante a fase de expansão, os pacientes eram examinados mensalmente, ocasião em que eram verificadas as condições clínicas do aparelho e os efeitos decorrentes da expansão. Após o período de ativação de 4 meses os aparelhos foram mantidos em boca, como contenção por 2 meses.

2.2.3.2 Grupo 2 (LHa)

Para o grupo 2, no momento da instalação do aparelho, foram realizadas duas ativações (1/2 de volta – 0,4mm) e depois seguiram-se duas ativações semanais completando 1/2 volta (0,4mm) por semana até que fossem obtidos 8mm de abertura, totalizando 40 ativações. Todos os pacientes receberam um mapa de ativação e foram monitorados mensalmente, para acompanhamento da ativação. A verificação da quantidade de abertura foi realizada através de paquímetro digital (ref. #0400-EEP, Orthopli, Philadelphia, EUA). Ao término da ativação o parafuso expensor foi estabilizado, com fio de amarrilho 0,12mm (Morelli, Sorocaba, Brasil) duplo, e os aparelhos mantidos em boca como forma de contenção por 1 mês.

2.2.3.3 Grupo 3 (RHa)

Para o Grupo 3, no momento da instalação do aparelho, foram realizadas quatro ativações (1 volta completa – 0,8mm) e depois seguiram-se duas ativações por dia (1/2 volta por dia - 0,4mm) para que fossem obtidos 8mm de abertura, totalizando 40 ativações. Todos os pacientes receberam um mapa de ativação e foram monitorados, a cada duas semanas, para verificação da ativação. A conferência da quantidade de abertura foi realizada através de paquímetro digital (ref. #0400-EEP, Orthopli, Philadelphia, EUA). Ao término da ativação o parafuso expensor foi estabilizado, com fio de amarrilho 0,12mm (Morelli, Sorocaba, Brasil) duplo, e os aparelhos mantidos em boca como forma de contenção por 5 meses.

2.2.4 Obtenção das Tomografias

Os indivíduos de todos os grupos foram submetidos ao exame de TCFC previamente à instalação dos aparelhos (T1) e após o final do período de contenção, quando o aparelho foi removido (T2).

O exame de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foi realizado em tomógrafo do tipo i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA), com 120kV, 20mA e tempo de escaneamento de 14,7 segundos. As imagens tomográficas possuíam espessura de corte axial de 0,25 mm com voxels isotrópicos de 0,25mm. Após aquisição as imagens foram salvas em arquivos DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). As imagens foram reconstruídas em camadas de 0,25mm de espessura e manipuladas através do programa Horos v 3.3.6 (Horos

Project, Annapolis, MA, USA) em um computador Macbook Pro 13”, processador Apple M1, memória RAM de 16Gb LPDDR4.

Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo operador (D.C.), cegado quanto ao paciente, grupamento e tempo do estudo.

A fim de confirmar a reprodutibilidade das medidas e realizar a calibração do operador quinze tomografias foram selecionadas aleatoriamente e todos os pontos e medidas utilizadas foram realizados em dois tempos com intervalo de quinze dias, sob as mesmas condições. Para verificação da concordância intraexaminador foi aplicado a análise de concordância de *Bland-Altman*, o teste de correlação de *Pearson* e o teste T de *Student* pareado que confirmaram a confiabilidade. Os resultados da análise de concordância encontram-se no Apêndice A.

2.2.5 Medidas tomográficas

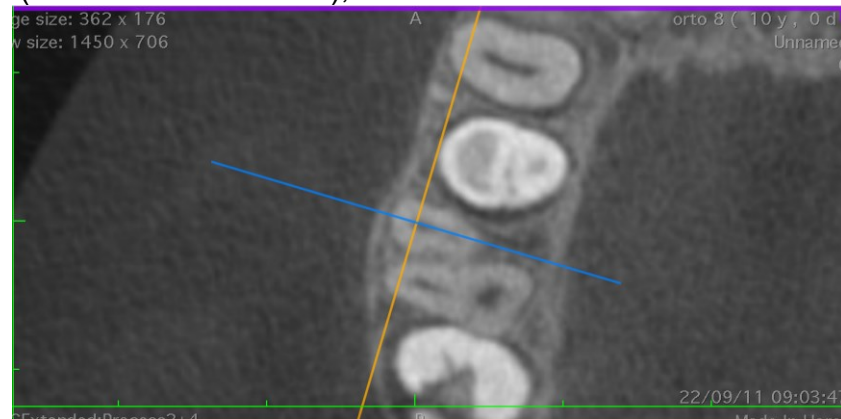
As variáveis utilizadas no presente estudo foram baseadas no estudo de Brunetto et al. (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013) e Garib et al. (GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006) (com algumas modificações), para avaliação das alterações nas estruturas periodontais e inclinação dentária, nos dentes primeiros molares superiores (16 e 26).

2.2.5.1 Avaliação do padrão periodontal

a) Altura da crista óssea vestibular (NOV e NOVC)

As imagens foram reconstruídas no modo de reconstrução multiplanar (MPR) do software. Em seguida, na vista axial, identificou-se a região de furca do primeiro molar superior direito (dente 16) no ponto em que as raízes vestibulares se apresentavam levemente separadas e a altura do corte tomográfico na região de furca foi confirmada na vista sagital conforme descrição no próximo parágrafo. Nesta imagem posicionou-se a linha de referência coronal (linha azul / horizontal), sobre o centro da raiz mesiovestibular (Figura 4).

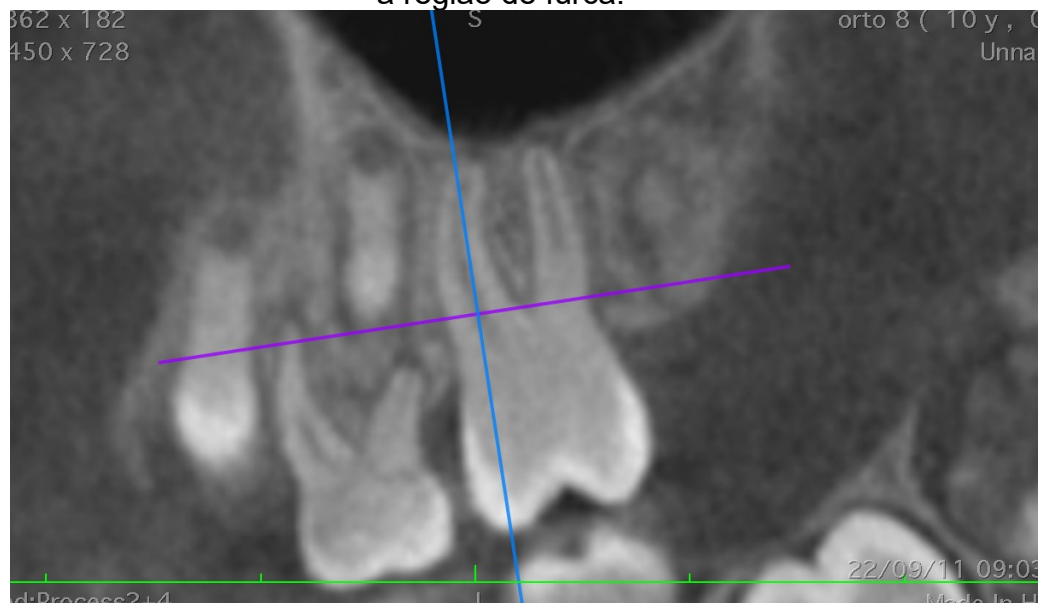
Figura 4 – Padronização da imagem. Corte axial: Posição da linha de referência coronal (linha azul / horizontal), sobre o centro da raiz mesiovestibular.



Fonte: elaborado pelos autores

Em seguida a inclinação da linha de orientação coronal na vista sagital (linha azul / vertical) foi centralizada no longo eixo da cúspide e raiz mesiovestibular do primeiro molar (ápice até ponta de cúspide mesiovestibular). Feito isso, a linha de orientação axial (linha lilás / horizontal) foi ajustada tangenciando a região de furca, a fim de confirmar o posicionamento da altura no corte axial (Figura 5).

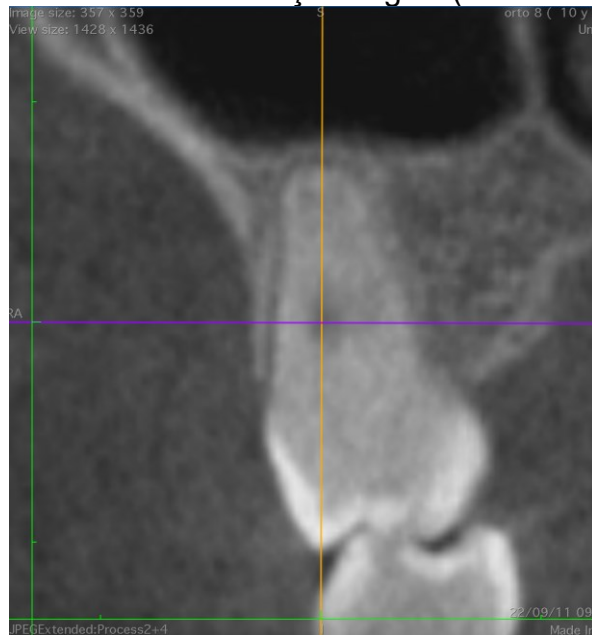
Figura 5 – Padronização da imagem. Corte sagital: linha de orientação coronal (linha azul / vertical) centralizada no longo eixo da cúspide e raiz mesiovestibular do primeiro molar. Linha de orientação axial (linha lilás / horizontal) tangenciando a região de furca.



Fonte: elaborado pelos autores

Na vista coronal a posição do dente 16 foi ajustada de forma que o longo eixo (ápice da raiz mesiovestibular e cúspide mesiovestibular) ficasse paralelo e coincidente com a linha de orientação sagital (linha laranja / vertical) (Figura 6).

Figura 6 – Padronização da imagem. Corte coronal: longo eixo do dente 16 posicionado sobre a linha de orientação sagital (linha laranja / vertical).



Fonte: elaborado pelos autores

Na figura 7 observamos os 3 planos de orientação da tomografia ajustados simultaneamente.

Figura 7 – Padronização da imagem. Três planos de orientação da tomografia ajustados simultaneamente.



Fonte: elaborado pelos autores

O mesmo processo de padronização nos três planos de orientação foi realizado no lado esquerdo para realização das medidas.

A partir da imagem coronal padronizada foram realizadas, em modo de tela cheia, para os dentes 16 e 26, as seguintes medidas referentes à altura da tábua óssea vestibular:

- NOV (nível ósseo vestibular) – distância entre a junção cimento-esmalte (JCE) vestibular e o ponto mais oclusal da crista óssea vestibular (Figura 8):

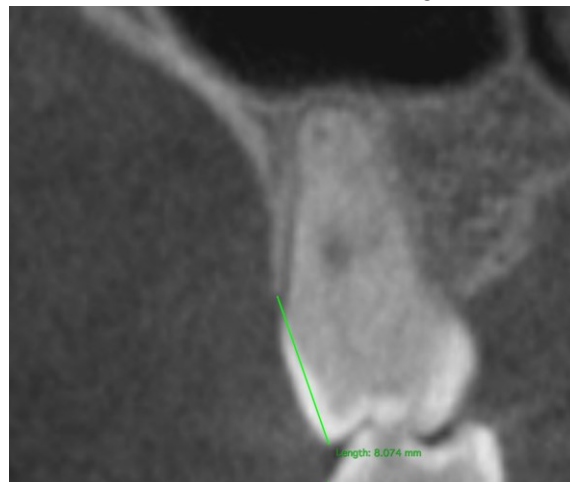
Figura 8 -Ilustração da medida NOV realizada no elemento 16. O mesmo foi realizado no elemento 26.



Fonte: elaborado pelos autores

- NOVC (nível ósseo vestibular – cúspide) - distância entre a ponta da cúspide vestibular e o ponto mais oclusal da crista óssea vestibular (Figura 9):

Figura 9 - Ilustração da medida NOVC realizada no elemento 16. O mesmo foi realizado no elemento 26.

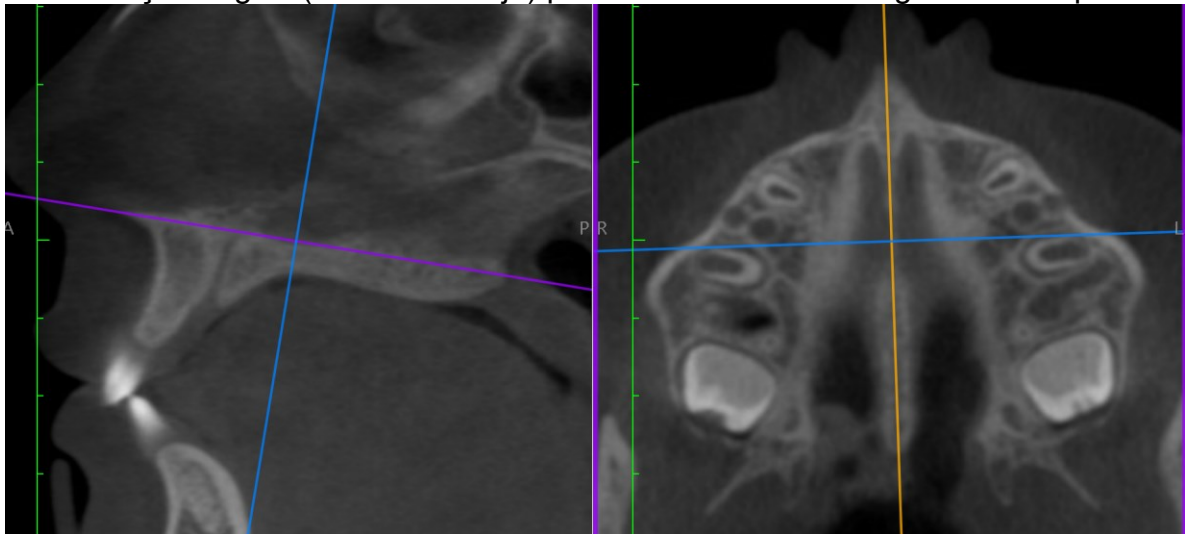


Fonte: elaborado pelos autores

b) Espessura do osso alveolar (EAV e EAP)

As mensurações de espessura de osso alveolar dos dentes superiores posteriores foram realizadas em método semelhante ao proposto por Garib et al. (GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006). Inicialmente, na vista axial, a linha de orientação sagital (vertical/ laranja) foi posicionada sobre a imagem da rafe palatina, passando pelos pontos espinha nasal anterior e posterior (ENA e ENP, respectivamente); simultaneamente, na vista sagital, a linha de orientação axial (horizontal/ lilás) foi nivelada paralelamente ao plano palatino também passando pelos pontos ENA e ENP (Figura 10).

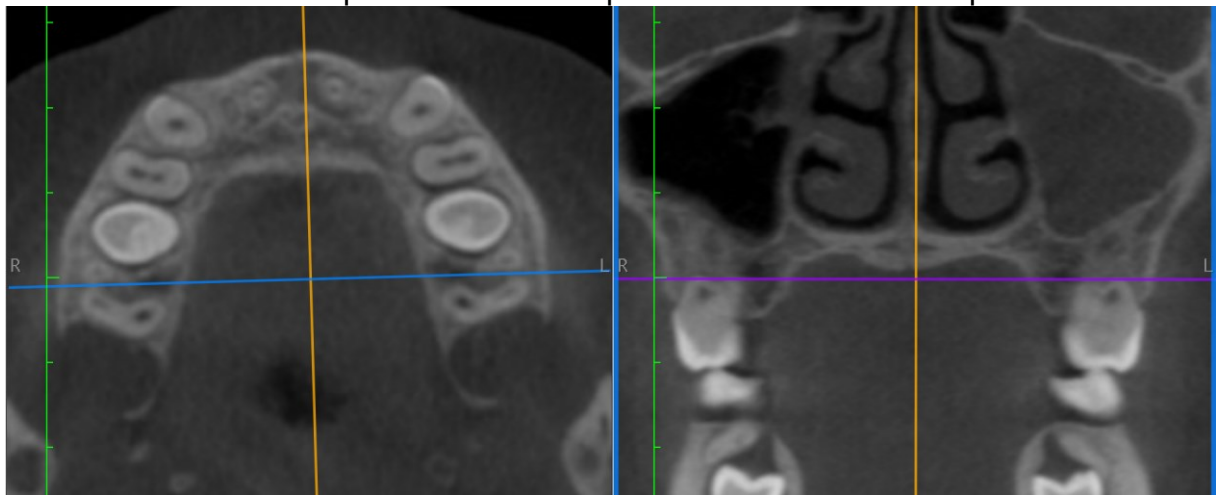
Figura 10 – Padronização da imagem. A) Corte sagital, a linha de orientação axial (horizontal/ lilás) nivelada paralelamente ao plano palatino. B) Corte axial: linha de orientação sagital (vertical/ laranja) posicionada sobre a imagem da rafe palatina.



Fonte: elaborado pelos autores

A partir destes ajustes, no corte axial e sagital (Figura 10), observando-se simultaneamente os cortes axial e coronal, a imagem foi movimentada de forma que as linhas de orientação coronal e axial (azul e lilás, respectivamente) tangenciassem o nível da furca dos primeiros molares permanentes direito e esquerdo (Figura 11).

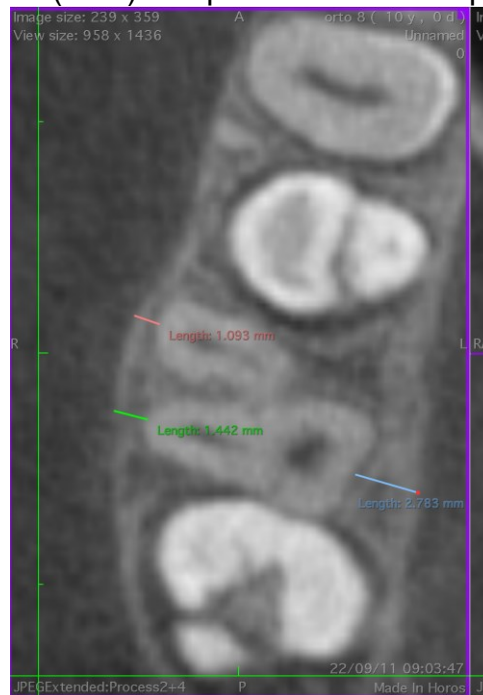
Figura 11 – Padronização da imagem. Cortes axial (A) e coronal (B): Linhas de orientação coronal e axial (azul e lilás, respectivamente) tangenciando o nível da furca dos primeiros molares permanentes direito e esquerdo.



Fonte: elaborado pelos autores

Neste corte, em ambos os lados (dentes 16 e 26), foi medida a espessura óssea onde o centro do contorno externo da raiz estava mais próxima do contorno da crista alveolar. Foi medida a espessura alveolar vestibular (EAV) e espessura alveolar palatina (EAP) dos primeiros molares permanentes. A medida da EAV foi realizada (no lado direito e esquerdo) da porção mais externa da cortical alveolar vestibular até o centro da porção mais vestibular da raiz mesiovestibular e distovestibular dos primeiros molares. A EAP foi medida (no lado direito e esquerdo) da porção mais externa da cortical alveolar palatina até o centro da porção mais lingual da raiz palatina dos primeiros molares superiores (Figura 12).

Figura 12 - Espessura do osso alveolar (EAV e EAP). Corte coronal: Demonstração da aferição da espessura alveolar vestibular (EAV) e espessura alveolar palatina (EAP) dos primeiros molares permanentes.



Fonte: elaborado pelos autores

2.2.5.2 Avaliação do padrão dentário

c) Distância interarticular (DR)

Para a análise da inclinação dos primeiros molares superiores, adaptou-se a metodologia proposta por Brunetto *et al.* (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013). No modo MPR do *software*, na vista axial, a linha de orientação sagital (vertical/ laranja) foi posicionada sobre a imagem da rafe palatina, passando pelos pontos ENA e ENP; simultaneamente, na vista sagital, a linha de orientação axial (horizontal/ lilás) foi nivelada paralelamente ao plano palatino também passando pelos mesmos pontos (Figura 10). Feito o primeiro ajuste, no corte axial, a imagem foi movimentada até obter-se uma imagem na altura de furca dos dentes 16 e 26, na região em que as raízes vestibulares de ambos se apresentaram levemente separadas. A linha de orientação coronal (horizontal/ azul) foi posicionada de forma que passasse por um ponto médio entre as raízes vestibulares dos dentes 16 e 26 simultaneamente. E a correção do nivelamento dos dentes foi realizada, através da movimentação da linha de orientação axial (horizontal/ lilás) na vista coronal, fazendo com que a imagem da região de furca de ambos os dentes tangenciasse esta linha. (Figura 11).

A partir desta imagem (no corte axial), foi determinada a medida DR, definida pela distância entre os pontos mais vestibulares dos condutos radiculares das raízes mesiovestibulares dos primeiros molares superiores (Figura 13).

Figura 13 - Distância interarticular (DR): distância entre os pontos mais vestibulares dos condutos radiculares das raízes mesiovestibulares dos primeiros molares superiores.



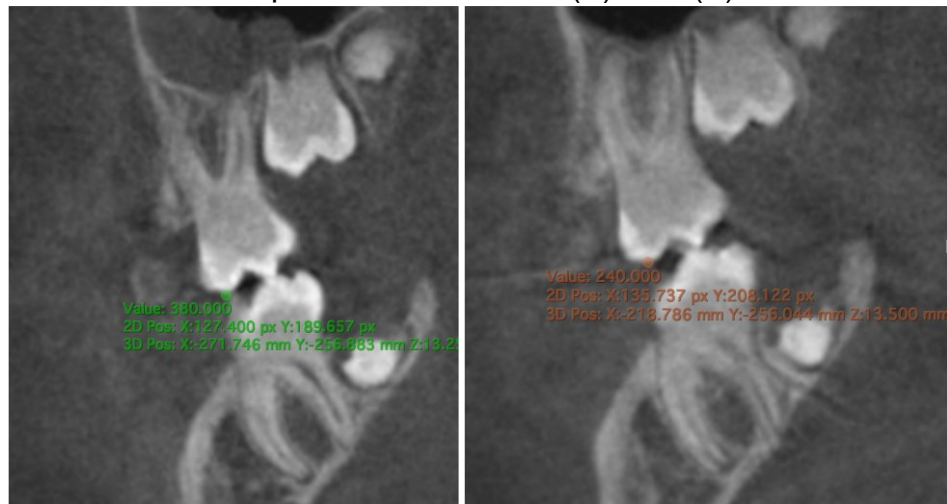
Fonte: elaborado pelos autores

d) Distância intercúspide (DC)

Para obtenção da medida DC utilizou-se a mesma padronização da imagem utilizada para obtenção das medidas NOV e NOVC (Figuras 4, 5, 6 e 7).

Após a padronização da posição das imagens, no corte sagital, foi marcado um ponto correspondente à ponta de cúspide do elemento 16 e na sequência para o elemento 26 (Figura 14).

Figura 14 - Corte sagital: localização e marcação do ponto correspondente à ponta de cúspide do elemento 16 (A) e 26 (B)



Fonte: elaborado pelos autores

Feita a marcação dos pontos referentes às cúspides nos cortes sagitais, nas vistas axial e coronal foi realizado ajuste das linhas de orientação de tal forma que ambos os pontos das cúspides, direita e esquerda, ficassem visíveis (Figura 15).

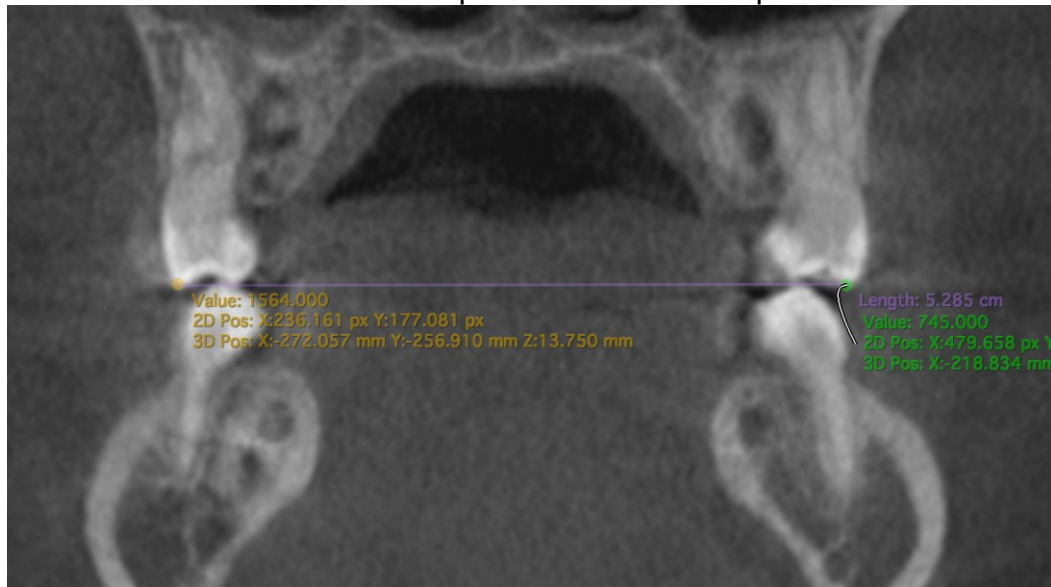
Figura 15 - Corte axial (A) e coronal (B): ajuste na orientação das imagens para que ambos os pontos das cúspides, ficassem visíveis nos dois cortes.



Fonte: elaborado pelos autores

Por fim, uma imagem coronal foi obtida e nela identificada, em modo de tela cheia, a medida DC definida como a distância entre as pontas de cúspide mesiovestibulares dos primeiros molares superiores (Figura 16).

Figura 16 - Distância intercúspide (DC): distância entre as pontas de cúspide mesiovestibulares dos primeiros molares superiores.



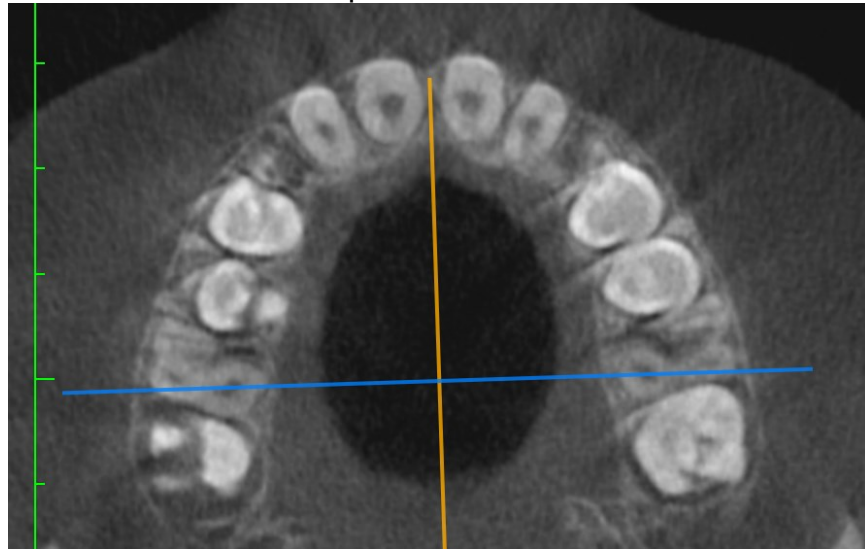
Fonte: elaborado pelos autores

e) Ângulo intermolar (AI)

Para avaliação do ângulo de inclinação dentária, a mesma padronização inicial da imagem tomográfica a partir do plano palatino, já descrita para as medidas EAV e EAP, foi utilizada (Figura 10). Feito isso, na vista axial a imagem foi movimentada até a visualização de um corte na altura de furca dos dentes 16 e 26 (região em que as raízes vestibulares de ambos se apresentassem levemente separadas). E a correção do nivelamento dos dentes foi realizada, através da movimentação da linha de orientação axial (horizontal/ lilás) na vista coronal, fazendo com que a imagem da região de furca de ambos os dentes tangenciasse esta linha (Figura 11).

No corte axial, movimentou-se a linha de referência coronal (azul / horizontal), na janela de visualização axial, de maneira que esta passasse sobre o centro das raízes palatinas dos dentes 16 e 26 (Figura 17).

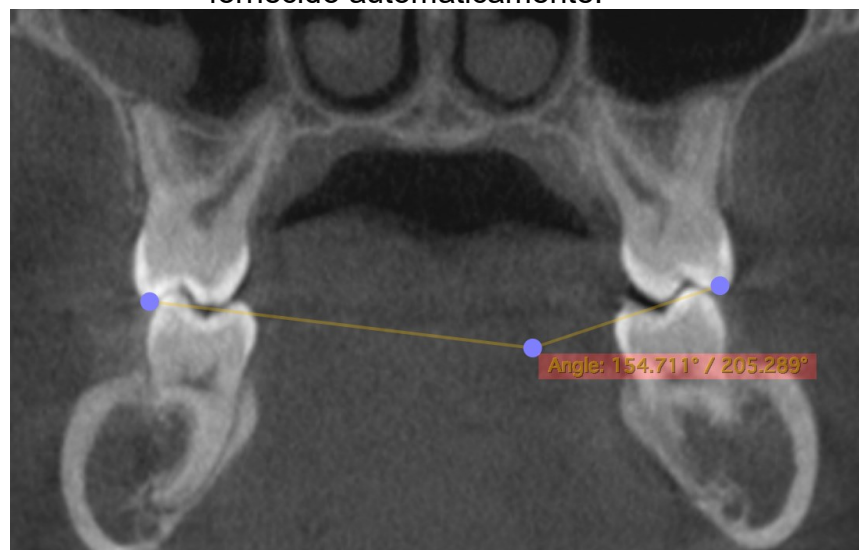
Figura 17 - Corte axial: linha de referência coronal (azul / horizontal), tangenciando o centro das raízes palatinas dos dentes 16 e 26.



Fonte: elaborado pelos autores

Em seguida, no corte coronal, foi utilizada a ferramenta de medida de ângulo do próprio *software*: as linhas de referência da ferramenta foram posicionadas, tangenciando as pontas das cúspides vestibular e palatina de cada primeiro molar superior, direito e esquerdo, e o ângulo formado pela intersecção destas duas linhas foi mensurado e denominado AI (Figura 18).

Figura 18 – Ângulo intermolar (AI). Corte coronal: as linhas de referência da ferramenta são posicionadas tangenciando as pontas das cúspides vestibular e palatina dos elementos 16 e 26. O ângulo formado pela intersecção das linhas é fornecido automaticamente.

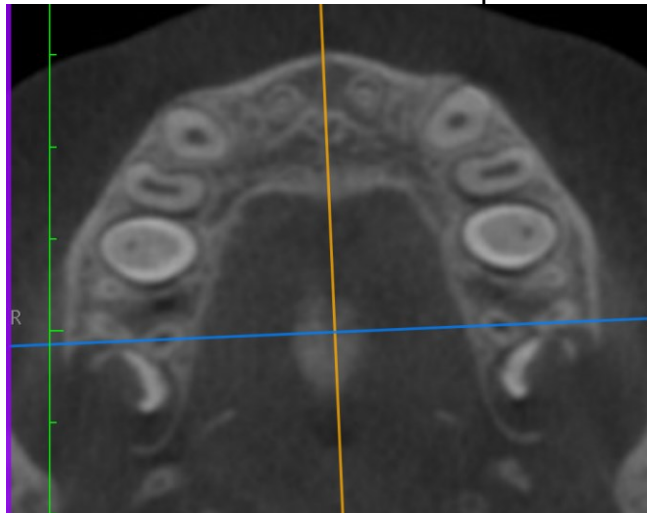


Fonte: elaborado pelos autores

f) Distância interápices (DA)

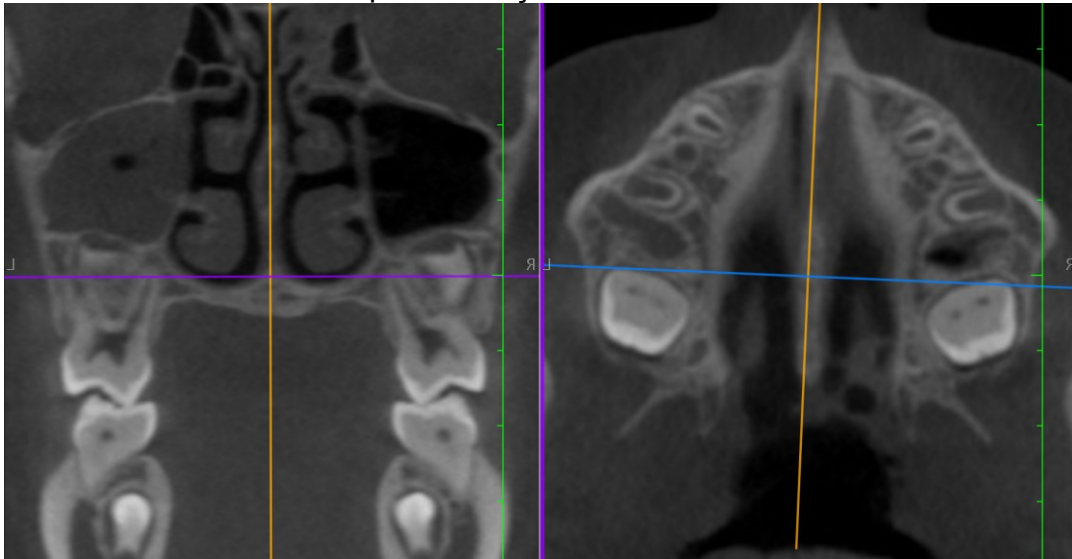
No modo MPR do *software*, em vista axial, foi utilizado um corte na altura dos ápices palatinos dos dentes 16 e 26. No corte axial, movimentou-se a linha de referência coronal (azul / horizontal), na janela de visualização axial, de maneira que esta passasse sobre o centro das raízes palatinas dos dentes 16 e 26 (Figura 19). O ajuste da altura do corte axial mais apical foi realizado ajustando-se a linha de orientação axial (horizontal/ lilás) no corte coronal, e da linha de orientação coronal (horizontal/ azul) no corte axial (Figura 20). A correção do nivelamento dos dentes foi realizada, através da movimentação das linhas de orientação axial e sagital (lilás/horizontal e laranja/vertical), na vista coronal de forma que a primeira tangenciasse os ápices palatinos dos elementos 16 e 26 (Figura 20).

Figura 19 – Padronização da imagem. Corte axial: linha de referência coronal (azul/horizontal) passando sobre o centro das raízes palatinas dos dentes 16 e 26



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 20 – Padronização da imagem: Corte coronal (A) e corte axial (B): ajuste da altura do corte axial mais apical nos dois planos. No corte coronal a linha de orientação axial (lilás/horizontal) tangencia os ápices palatinos dos elementos 16 e 26 para correção do nivelamento.



Fonte: elaborado pelos autores

Por fim, no corte coronal, em tela cheia, a medida da distância entre os ápices palatinos dos elementos 16 e 26 foi mensurada e denominada DA (Figura 21).

Figura 21 - Distância interápices (DA). Corte coronal: distancia entre os ápices das raízes palatinas dos elementos 16 e 26.



Fonte: elaborado pelos autores

2.2.6 Análise estatística

Todos os dados foram tabulados e para fins de análise os dados das variáveis NOV, NOVC e EAP e EAV obtidos dos lados direito e esquerdo foram agrupadas como

uma única variável que levou em consideração a repetição do dado para cada indivíduo da amostra. Da mesma maneira, foram também agrupados em uma única variável os dados obtidos das medidas nas raízes mesial e distal da variável EAV.

Inicialmente foi realizada a análise descritiva e exploratória dos três grupos nos dois tempos do estudo (Tabela 2). Posteriormente foi utilizada a abordagem Bayesiana com modelos multiníveis e medidas repetidas para análise quantitativa dos dados. Quando o número de grupos e/ou a amostra é pequena, ou o modelo se torna mais complexo, é útil utilizar a inferência Bayesiana ao invés da abordagem frequentista (GELMAN; HILL, 2006; KELTER, 2021; PANDIS, 2013; SERNA-MENESES; OCAMPO-PARRA; ARANGO-SANTANDER; GARCIA-GARCIA *et al.*, 2022; SRIMANEEKARN; LEELACHAIKUL; THIRADILOK; MANOPATANAKUL, 2023). Ao encaixar os modelos multiníveis num quadro Bayesiano (GELMAN, 2013), os parâmetros são tratados como variáveis aleatórias combinando tanto informação de distribuição *a priori* como dados da amostra para estimar uma distribuição de probabilidade (*posteriori*) que reflita a incerteza associada ao seu grau de conhecimento com base nos dados (MCELREATH, 2016; Mengersen; Drovandi; Robert; Pyne *et al.*, 2016). Nos métodos Bayesianos não são utilizados testes de significância nos resultados (nem valores *p*); em seu lugar, são utilizadas interpretações probabilísticas dos parâmetros dos modelos para simular previsões e avaliar a qualidade do modelo adequado aos dados (MCELREATH; KOSTER, 2014; PETRIE; BULMAN; OSBORN, 2003). Assim, os métodos Bayesianos permitem uma interpretação probabilística direta dos intervalos de credibilidade (IC - análogos bayesianos dos intervalos de confiança frequentista) e probabilidades posteriores, relevantes na investigação aplicada em ciências da saúde, onde o interesse reside frequentemente na estimativa de pequenos efeitos (DE MORAES; QUINAUD; FERREIRA; LIMA *et al.*, 2022).

Padronizamos em escore Z (subtraindo a média e dividindo pelo desvio padrão) todas as variáveis de interesse para conveniência interpretativa e eficiência computacional. Um escore Z, ou escore padrão, é uma medida que descreve a posição de uma pontuação bruta em termos de seu número de desvios padrão a partir da média indicando quantos desvios padrão uma observação ou ponto de dados está da média. Isso facilita a comparação entre grupos, pois a escala é padronizada (GELMAN; HILL, 2006). Essa padronização é comum em modelos estatísticos para trazer as variáveis para uma escala comparável, facilitando a interpretação dos coeficientes e a comparação dos efeitos entre as diferentes variáveis. Os coeficientes são interpretados

em unidades de desvios-padrão em relação ao preditor correspondente (COHEN; COHEN; WEST; AIKEN, 2003; HAIR; BLACK; BABIN; ANDERSON, 2010).

As variáveis **Grupo** e **Tempo** foram incluídas no modelo como efeitos fixos (variáveis de nível populacional) devido à dificuldade de estimar a variação entre grupos quando o número é pequeno (GELMAN; HILL, 2006). Para incorporar a possível variação nas respostas devido a diferentes tratamentos por grupo ao longo do tempo, um termo de interação entre **Grupo** e **Tempo** foi adicionado ao modelo final. Para este modelo hierárquico, no nível 1, o modelo descreve as medidas sucessivas para cada indivíduo ao longo do tempo, identificando a mudança individual em cada ponto de tempo e sua variação. No nível 2, o modelo caracteriza as diferenças nas trajetórias de mudança entre os indivíduos, bem como a variação associada. Esta estrutura permite uma compreensão mais rica e detalhada da dinâmica da variável resposta em relação aos fatores *Grupo* e *Tempo* e suas interações.

O primeiro passo da abordagem analítica foi ajustar modelos multiníveis aos dados de medidas repetidas, permitindo a possibilidade de variação nos interceptos (isto é, valores iniciais diferentes entre os indivíduos testados) capturando sua heterogeneidade individual. E inclinações fixas para os indivíduos por Grupo (comportamento de mudança semelhante nos resultados das variáveis entre os tempos, dentro de cada grupo). Essa formulação indica que, permitida as variações nos valores iniciais dos indivíduos, a mudança ao longo do tempo e a diferença entre os grupos são modeladas de forma consistente para toda a população (com o ajuste adicional da interação, que permite que a mudança ao longo do tempo possa variar dependendo do grupo).

A especificação do modelo multinível foi a seguinte (1):

$$\gamma_i = \beta^0 + \beta_{T(i)}^{Tempo} + \beta_{G(i)}^{Grupo} + \beta_{T(i).G(i)}^{Tempo.Grupe} + \alpha_{ID(i)}^{Indivíduo} + \epsilon_i \quad (1)$$

$$\alpha_{ID(i)}^{Indivíduo} \sim N(0, \alpha_{Indivíduo}^2), \text{ para } ID = 1, 2, 3, \dots, 48$$

$$\epsilon_i \sim 0, \alpha_{yi}^2$$

Considerando que os resultados das alterações periodontais e de inclinação dentária tendem a ser heterogêneos e os dados disponíveis de medidas repetidas, os autores foram conservadores na modelagem e interpretações. Por isso, utilizou-se

priors pouco informativas para regularizar as estimativas, sendo *priors* normais (0,2) para o parâmetro de nível populacional, também chamado de efeito fixo (ou seja, interceptação e declives) e *priors* exponenciais (1) para os parâmetros de nível de grupo (efeitos aleatórios) (BÜRKNER, 2017).

Nossas estimativas consideraram as variáveis de interesse, ajustando-se para agrupamento cruzado por *Grupo* e *Tempo* entre os indivíduos estudados. Ajustamos os modelos no *software R* versão 4.2.2. (TEAM, 2023) usando o pacote estatístico "brms" (BÜRKNER, 2017), que chama Stan (CARPENTER; GELMAN; HOFFMAN; LEE *et al.*, 2017). O comprimento das correntes e o aquecimento foram suficientes para alcançar a convergência e obter um tamanho de amostra razoável e eficaz. Executamos quatro cadeias para 4.000 iterações com um comprimento de aquecimento de 2.000 itebmn,rações em cada modelo. Para verificar a convergência das cadeias de Markov, inspecionamos os gráficos de rastreamento e as verificações preditivas posteriores para validar os modelos finais (GELMAN, 2013). Os scripts elaborados e utilizados para análise encontram-se no Apêndice B.

Para extrair as amostras posteriores e visualizar os resultados, usamos os pacotes *tidybayes* (KAY, 2023) e *ggplot2* (WICKHAM, 2016). Adicionalmente, a fim de facilitar a interpretação dos resultados das interações entre *Grupo* e *Tempo* foi realizada análise *post-hoc* e a comparação por pares. As análises *post-hoc* são aceitas e válidas para modelos bayesianos (GELMAN, 2013). Para isso foi utilizada a função *emmeans()* do pacote "emmeans" (refere-se a "*estimated marginal means*" ou "*means for the 'marginal' distribution of the specified factors*", frequentemente referido como médias ajustadas ou médias de covariáveis). O método *pairs()* da função *emmeans* foi usado para realizar comparações *post-hoc* entre as médias marginais estimadas. Cabe salientar que estes não são "testes" no sentido clássico, e não produzem valores de significância *p*; fornecem diferenças estimadas e intervalos de credibilidade. (GABRY; SIMPSON; VEHTARI; BETANCOURT *et al.*, 2019; GELMAN, 2013). Os *scripts* utilizados na análise *post-hoc* encontram-se no Apêndice C.

2.3 RESULTADOS

As estatísticas descritivas dos resultados de médias e desvio-padrão para cada variável estudada são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos dados.

Variável		Tempo 1			Tempo 2		
		QH	LHa	RHa	QH	LHa	RHa
Avaliação do padrão periodontal							
NOV	Média (mm)	0,62	0,50	0,61	1,36	0,74	1,96
	(DP)	(0,23)	(0,30)	(0,26)	(1,18)	(0,27)	(2,27)
	N	54	16	26	54	16	26
NOVC	Média (mm)	7,75	7,57	7,62	8,41	7,94	9,10
	(DP)	(0,38)	(0,67)	(0,57)	(1,12)	(0,71)	(2,25)
	N	54	16	26	54	16	26
EAV	Média (mm)	2,67	2,22	2,36	2,01	1,36	1,23
	(DP)	(0,73)	(0,47)	(0,77)	(0,75)	(0,54)	(0,69)
	N	108	32	52	108	32	52
EAP	Média (mm)	1,82	1,59	1,66	2,29	2,38	2,83
	(DP)	(0,71)	(0,47)	(0,68)	(1,01)	(0,65)	(0,71)
	N	54	16	26	54	16	26
Avaliação do padrão dentário							
DR	Média (mm)	46,36	45,09	46,90	48,23	49,56	53,20
	(DP)	(2,36)	(1,74)	(2,28)	(2,74)	(1,68)	(2,62)
	N	27	8	13	27	8	13
DC	Média (mm)	48,65	47,01	48,94	55,39	50,76	55,60
	(DP)	(3,01)	(2,55)	(2,17)	(2,78)	(1,83)	(2,07)
	N	27	8	13	27	8	13
DA	Média (mm)	29,20	27,73	29,04	29,90	31,53	34,41
	(DP)	(2,19)	(1,83)	(2,50)	(2,25)	(2,83)	(2,60)
	N	27	8	13	27	8	13
AI	Média (mm)	148,22	151,06	151,40	129,98	150,86	148,51
	(DP)	(9,06)	(7,06)	(11,18)	(12,17)	(9,06)	(10,97)
	N	27	8	13	27	8	13

Nota: Para variáveis NOV, NOVC, EAV, EAP, DR, DC e DA: médias e desvios-padrão em milímetros. Para variável AI: médias e desvios-padrão em graus

Fonte: elaborado pelos autores

Os resultados das estimativas dos efeitos da modelagem multinível e respectivos intervalos de credibilidade de 95% das variáveis estudadas são exibidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativas do modelo de regressão multinível e intervalos de credibilidade de 95% das variáveis por indivíduos, ajustado por Grupo e Tempo.

Variável	Parâmetro de nível populacional (95% CI)	Parâmetro de nível populacional (β^{Tempo}) (95% CI)	Parâmetro de nível populacional (β^{GRupo}) (95% CI)		Termos de interação $\beta^{Tempo.Grupo}_{T(i).G(i)}$ (95% CI)		Parâmetros ao nível de grupo ($\alpha^{Indivíduo}_{ID(i)}$) (95% CI)	Resíduos ϵ_i (95% CI)
			Estimativa LHa	Estimativa RHa	Estimativa Tempo.L:LHa	Estimativa Tempo.L:RHa		
Padrão Periodontal								
NOV	-0.01 (-0.23, 0.20)	0.45 (0.22, 0.68)	-0.32 (-0.78, 0.14)	0.25 (-0.12, 0.62)	-0.30 (-0.77, 0.17)	0.37 (-0.03, 0.76)	0.38 (0.15, 0.58)	0.84 (0.75, 0.95)
NOVC	-0.02 (-0.25, 0.20)	0.39 (0.17, 0.61)	-0.26 (-0.73, 0.21)	0.23 (-0.18, 0.62)	-0.17 (-0.63, 0.28)	0.48 (0.10, 0.85)	0.43 (0.24, 0.62)	0.83 (0.73, 0.93)
EAP	-0.05 (-0.33, 0.23)	0.38 (0.21, 0.55)	-0.08 (-0.66, 0.48)	0.22 (-0.27, 0.72)	0.25 (-0.10, 0.61)	0.57 (0.28, 0.86)	0.67 (0.52, 0.86)	0.63 (0.56, 0.71)
EAV2	0.27 (0.04, 0.51)	-0.54 (-0.65, -0.43)	-0.63 (-1.11, -0.14)	-0.63 (-1.05, -0.21)	-0.17 (-0.40, 0.08)	-0.39 (-0.59, -0.18)	0.57 (0.45, 0.72)	0.61 (0.57, 0.66)
Padrão Dentário								
DR	-0.21 (-0.49, 0.05)	0.40 (0.29, 0.50)	0.01 (-0.56, 0.57)	0.80 (0.32, 1.29)	0.55 (0.33, 0.76)	0.94 (0.76, 1.12)	0.69 (0.55, 0.86)	0.27 (0.22, 0.34)
DC	0.11 (-0.11, 0.32)	1.12 (1.02, 1.22)	-0.73 (-1.20, -0.26)	0.05 (-0.34, 0.44)	-0.50 (-0.71, -0.29)	-0.01 (-0.19, 0.17)	0.57 (0.45, 0.72)	0.27 (0.22, 0.33)
DA	-0.20 (-0.49, 0.09)	0.17 (0.03, 0.30)	0.02 (-0.54, 0.58)	0.72 (0.20, 1.22)	0.74 (0.45, 1.02)	1.11 (0.88, 1.35)	0.72 (0.57, 0.91)	0.36 (0.29, 0.45)
AI	-0.36 (-0.62, -0.09)	-0.95 (-1.14, -0.76)	0.86 (0.31, 1.43)	0.79 (0.33, 1.26)	0.93 (0.54, 1.33)	0.79 (0.46, 1.12)	0.61 (0.44, 0.80)	0.50 (0.40, 0.62)

Nota: Todos os resultados foram padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

A fim de facilitar a interpretação dos resultados das estimativas da modelagem multinível para interação *Tempo*Grupo* e respectivos intervalos de credibilidade de 95%, os resultados serão apresentados graficamente para cada variável estudada. Os gráficos fornecem uma visão global do efeito das variáveis preditoras sobre a resposta, a fim de explicar as tendências e relações no modelo. Apresentam as linhas de efeito predito com intervalos de credibilidade.

Os resultados dos testes *post-hoc* para comparação por pares, para cada variável, encontram-se em tabelas. Estes resultados representam as diferenças entre as médias marginais e os intervalos de credibilidade associados. Quando o intervalo de credibilidade não inclui zero, indica que há diferença estatisticamente significativa entre as médias de dois grupos ou tempos. Usaremos o termo “estatisticamente significativo” a fim de facilitar o entendimento dos resultados, apesar de não usarmos valores de corte para as estimativas como ocorre com o valor *p* na análise frequentista.

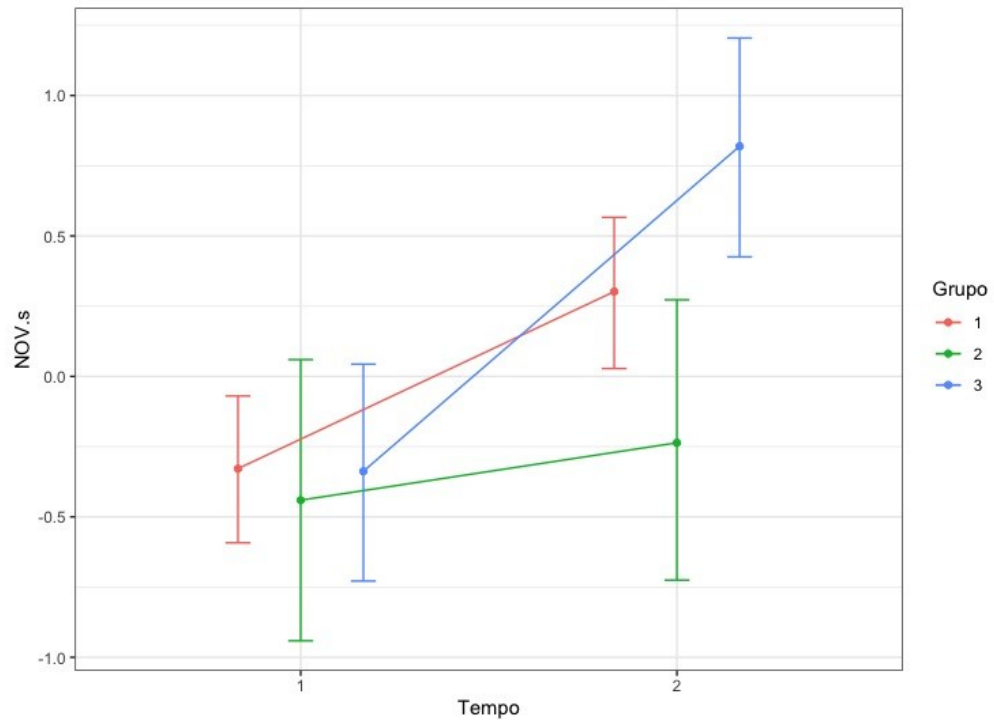
Salienta-se que a unidade de medida dos efeitos e estimativas dos gráficos e tabelas está em unidades de desvio-padrão.

2.3.1 Avaliação do padrão periodontal

As estimativas e respectivos intervalos de credibilidade de 95% das variáveis de avaliação do padrão periodontal (altura da crista óssea - NOV e NOVC; espessura do osso alveolar vestibular - EAV e espessura do osso alveolar palatino - EAP), são apresentadas nas Figuras 22 a 25 e Tabelas 4 a 11. Tendo em vista que as variáveis foram transformadas para reduzir a variabilidade da distribuição entre os dados originais, os gráficos e tabelas são apresentados na escala de escore Z.

Observou-se que houve um aumento para a medida NOV para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo que o Grupo 3 (RHa) apresentou o maior aumento nesta medida (+1,35mm), seguido pelo Grupo 1 (QH) (+0,74mm). O Grupo 2 não apresentou alterações significativas (+0,24mm). No Tempo 1 não houve diferença entre os Grupos. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que o Grupo 1 (QH) apresentou valores pouco maiores que o Grupo 2 (LHa) (sem significância estatística) e valores significativamente menores do que o Grupo 3 (RHa). O Grupo 3 (RHa) apresentou valores significativamente maiores que os Grupos 1 e 2 (Figura 22) (Tabelas 4 e 5).

Figura 22 - Estimativas para variável NOV para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 4 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável NOV

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo1 - Tempo2	-0,74mm	-0.63*	-0.942	-0.317
2	Tempo1 - Tempo2	-0,24mm	-0.21	-0.784	0.358
3	Tempo1 - Tempo2	-1,35mm	-1.16*	-1.602	-0.691

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 5 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para Variável NOV

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	0,13	0.1102	-0.4416	0.6835
1	QH - RHa	0,02	0.0107	-0.4498	0.4719
1	LHa - RHa	-0,11	-0.0967	-0.7100	0.5543
2	QH - LHa	0,62	0.5372	-0.0365	1.0926
2	QH - RHa	-0,60	-0.5180*	-0.9827	-0.0332
2	LHa - RHa	-1,22	-1.0492*	-1.7115	-0.4341

Notas:

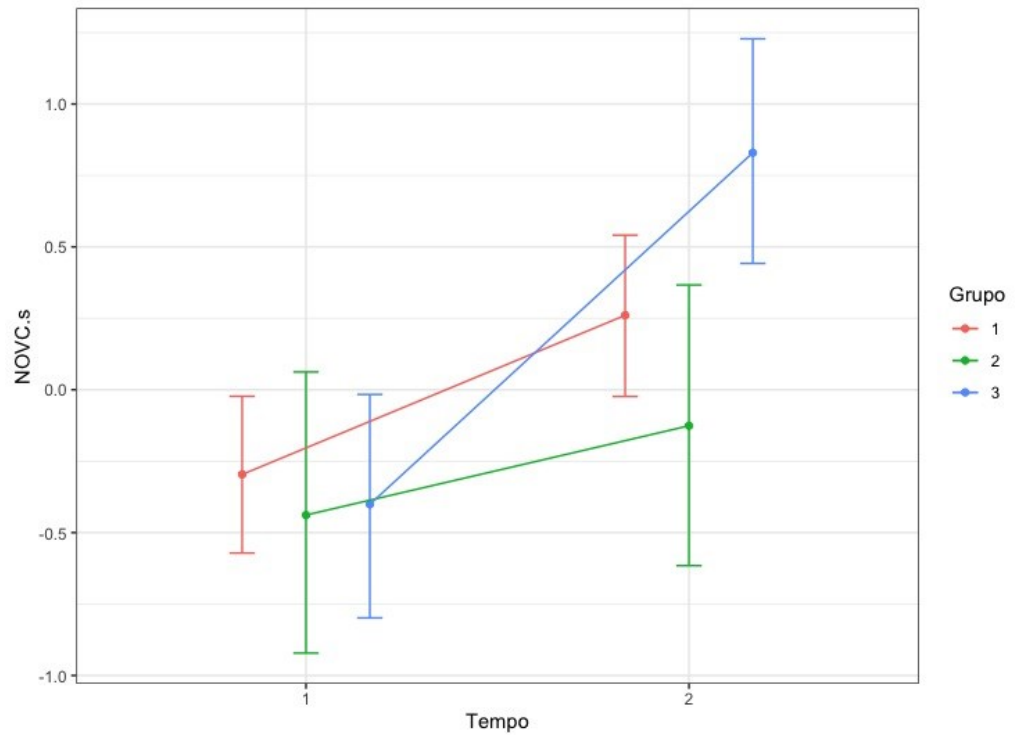
1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Com comportamento semelhante, observou-se aumento para a medida NOVC para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo que o Grupo 3 (RHa) apresentou o maior aumento nesta medida (+1,48mm), seguido pelo Grupo 1 (QH) (+0,66mm). O Grupo 2 (LHa) não apresentou alterações significativas (+0,37mm). Não houve diferença significativa entre os grupos no Tempo 1. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que o Grupo 2 (LHa) e Grupo 1 (QH) apresentam valores significativamente menores do que o Grupo 3 (RHa). E não há diferença significativa entre os Grupos 1 e 2 (Tabela 6 e 7 e Figura 23).

Figura 23 - Estimativas para variável NOVC para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 6 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável NOVC

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo1 - Tempo2	-0,66	-0.553*	-0.852	-0.239
2	Tempo1 - Tempo2	-0,37	-0.311	-0.873	0.232
3	Tempo1 - Tempo2	-1,48	-1.230*	-1.673	-0.771

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 7 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para Variável NOVC

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	0,17	0.1484	-0.422	0.6921
1	QH - RHa	0,13	0.1040	-0.352	0.6014
1	LHa - RHa	-0,05	-0.0402	-0.635	0.6136
2	QH - LHa	0,47	0.3922	-0.199	0.9368
2	QH - RHa	-0,68	-0.5730*	-1.036	-0.0861
2	LHa - RHa	-1,15	-0.9642*	-1.591	-0.3688

Notas:

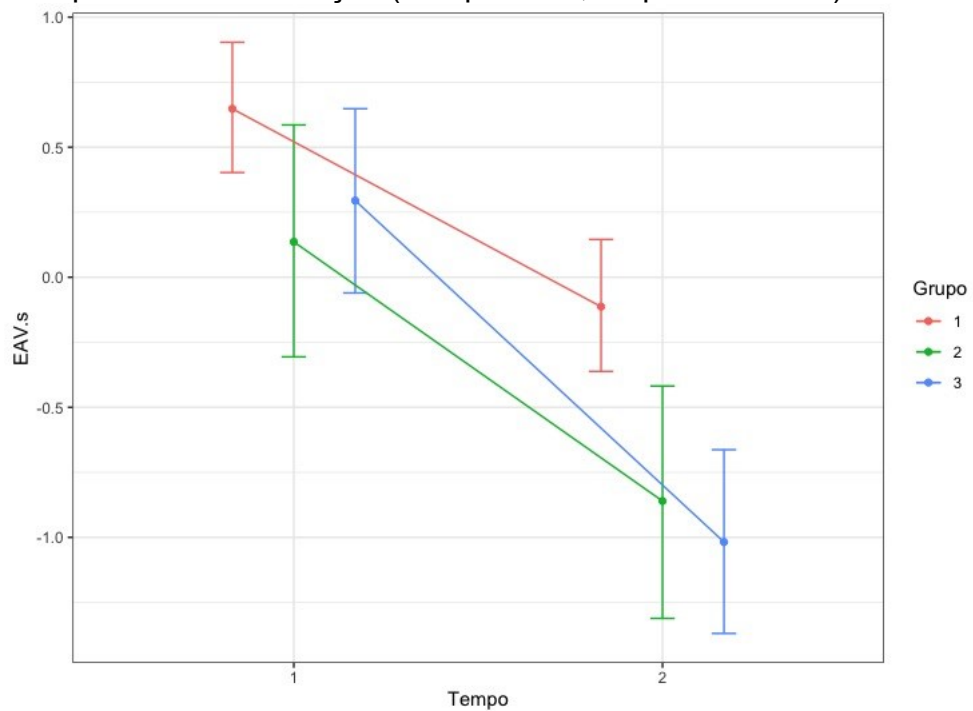
1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Observou-se uma redução para a medida EAV para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo que o Grupo 3 apresentou a maior redução (-1,13mm), seguido pelo Grupo 2 (LHa) (-0,88mm) e depois pelo Grupo 1 (QH), que apresentou a menor (-0,66mm). Não houve diferença entre os grupos no Tempo 1. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que os Grupo 2 (LHa) e 3 apresentaram resultados semelhantes e significativamente menores do que o Grupo 1 (QH) (Figura 21; Tabelas 8 e 9).

Figura 24 - Estimativas para variável EAV para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 8 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável EAV

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo1 - Tempo2	0,65	0.762*	0.605	0.927
2	Tempo1 - Tempo2	0,86	0.993*	0.690	1.293
3	Tempo1 - Tempo2	1,13	1.309*	1.078	1.559

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 9- Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para Variável EAV

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	0,45	0.513	-0.0229	0.991
1	QH - RHa	0,31	0.350	-0.0797	0.786
1	LHa - RHa	-0,14	-0.159	-0.7114	0.416
2	QH - LHa	0,65	0.744*	0.2620	1.259
2	QH - RHa	0,78	0.900*	0.4709	1.333
2	LHa - RHa	0,05	0.159	-0.4154	0.708

Notas:

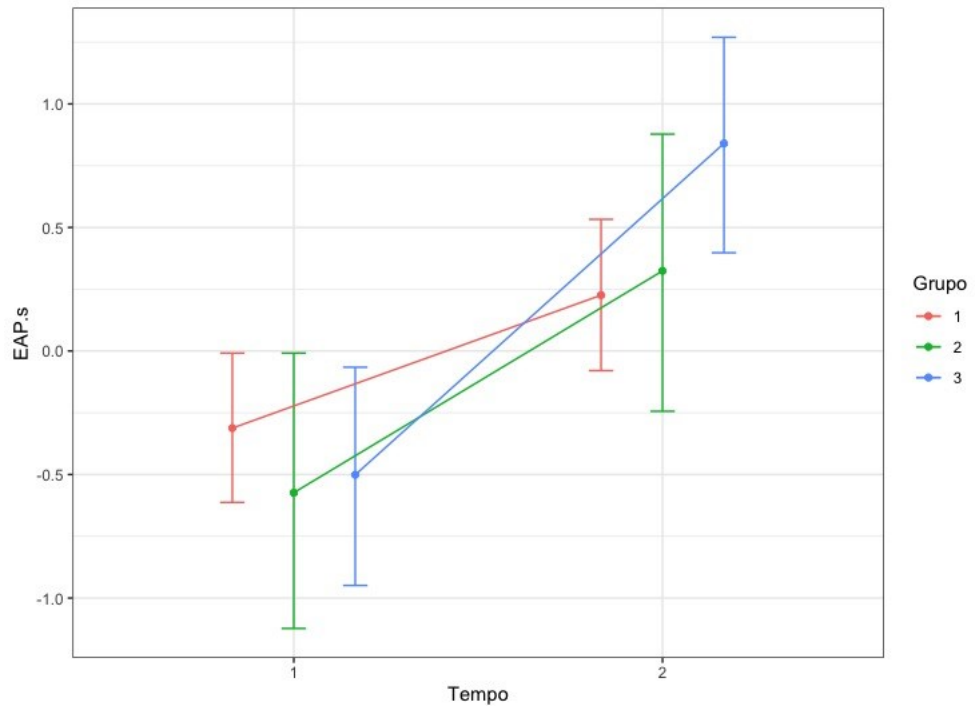
1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Observa-se que houve um aumento para a medida EAP para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo o incremento maior para o Grupo 3 (RHa) (+1,17mm), seguido pelo Grupo 2 (LHa) (+0,79mm) e Grupo 1 (QH) (+0,47mm), regressivamente. Não houve diferença significativa entre os grupos no Tempo 1. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que houve o Grupo 3 (RHa) apresentou valores significativamente maiores do que o Grupo 1 (QH). Não houve diferença significativa entre os Grupos 1 e 2 (Tabelas 10 e 11; Figura 25).

Figura 25 - Estimativas para variável EAP para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 10 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável EAP

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo 1 - Tempo 2	-0,47	-0.538*	-0.77	-0.290
2	Tempo 1 - Tempo 2	-0,78	-0.896*	-1.32	-0.452
3	Tempo 1 - Tempo 2	-1,24	-1.340*	-1.69	-0.991

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 11 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável EAP

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	0,23	0.2645	-0.361	0.9062
1	QH - RHa	0,16	0.1908	-0.353	0.7215
1	LHa - RHa	-0,07	-0.0678	-0.769	0.6188
2	QH - LHa	-0,08	-0.0952	-0.717	0.5591
2	QH - RHa	-0,54	-0.6114*	-1.148	-0.0787
2	LHa - RHa	-0,46	-0.5113	-1.216	0.1734

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

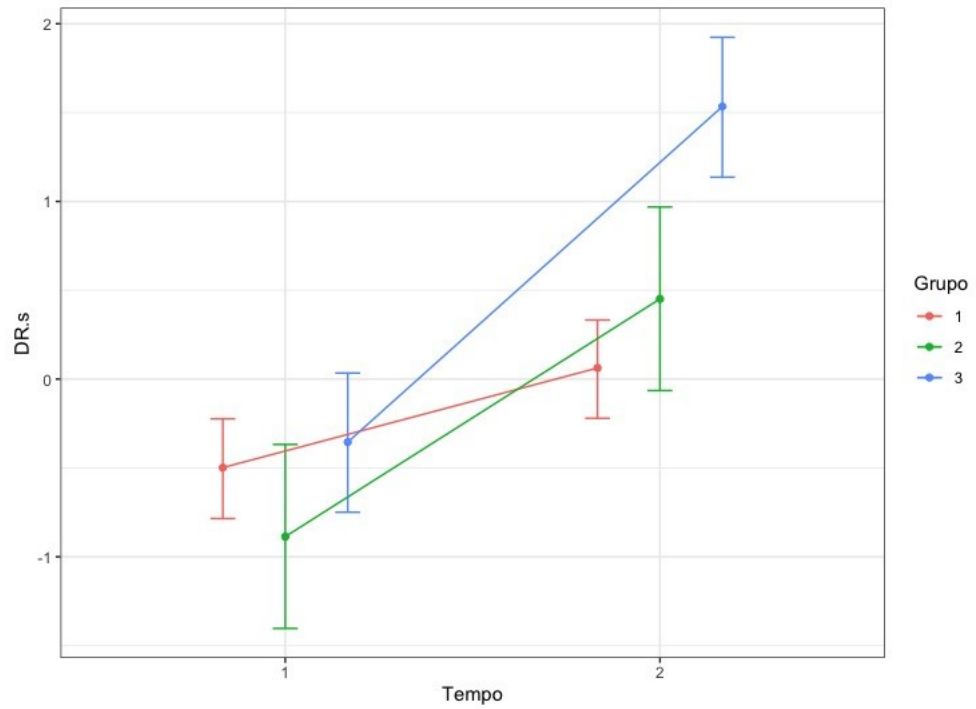
Fonte: elaborado pelos autores

2.3.2 Avaliação do padrão dentário

Os resultados da modelagem multinível e respectivos intervalos de confiança de 95% das mudanças das variáveis de avaliação do padrão dentário (distância interradicular – DR; distância intercúspide – DC; distância interápices – DA; e ângulo intermolar - AI) estão exibidas nas Figuras 26 a 29 e Tabelas de 12 a 19. Tendo em vista que as variáveis foram transformadas para reduzir a variabilidade da distribuição entre os dados originais, os gráficos e tabelas são apresentados na escala de escore Z.

Observa-se que houve um aumento para a medida DR para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo que o Grupo 1 (QH) apresentou o menor aumento nesta medida (+1,87mm), enquanto o Grupo 3 (RHa) apresentou o maior aumento (+6,30mm), seguido pelo Grupo 2 (LHa) (+4,47mm). No Tempo 1 não houve diferença significativa entre os grupos. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que o Grupo 3 (RHa) apresenta valores significativamente maiores do que os Grupos 1 e 2. Não houve diferença significativa entre os Grupos 1 e 2 (Figura 23; Tabelas 12 e 13).

Figura 26 - Estimativas para variável DR para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 12 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável DR

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo 1 - Tempo 2	-1,87	-0.562*	-0.71	-0.423
2	Tempo 1 - Tempo 2	-4,47	-1.339*	-1.62	-1.082
3	Tempo 1 - Tempo 2	-6,30	-1.888*	-2.10	-1.684

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 13 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável DR

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	1,26	0.385	-0.199	0.967
1	QH - RHa	-0,54	-0.146	-0.594	0.345
1	LHa - RHa	-1,81	-0.537	-1.156	0.135
2	QH - LHa	- 1,33	-0.389	-0.989	0.167
2	QH - RHa	-4,97	-1.474*	-1.950	-1.013
2	LHa - RHa	-3,64	-1.080*	-1.702	-0.433

Notas:

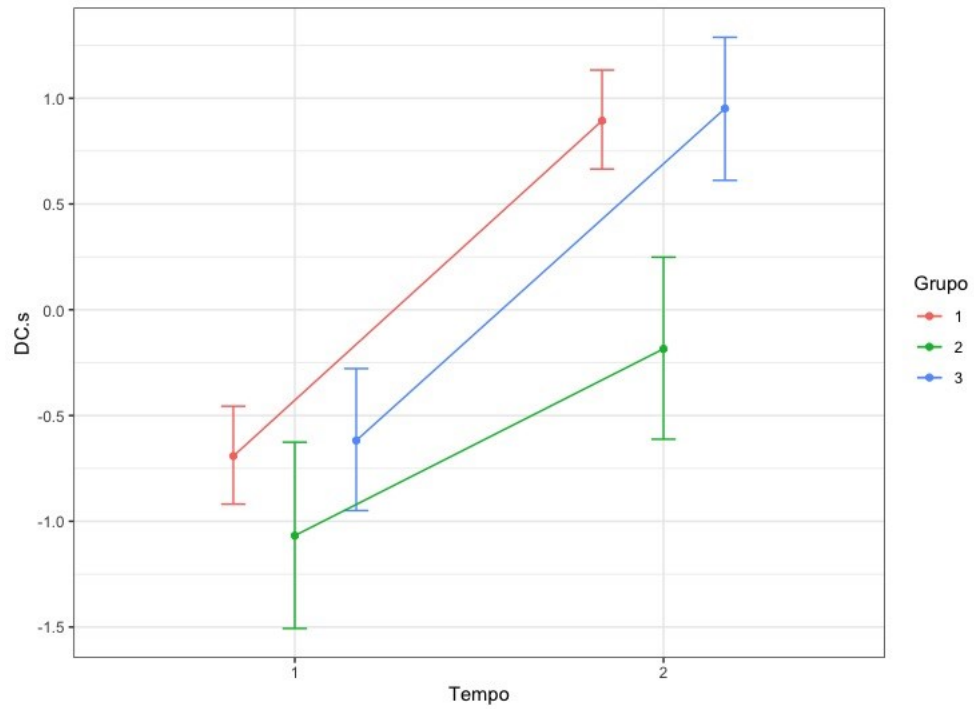
1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Observa-se que houve um aumento para a medida DC para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo que o Grupo 2 (LHa) apresentou o menor aumento nesta medida (+3,75mm), enquanto o Grupo 1 (QH) e 3 apresentaram incrementos maiores (+6,74mm e +6,66mm respectivamente). Não houve diferença significativa entre os grupos no Tempo 1. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que os Grupos 1 e 3 apresentam valores significativamente maiores do que o Grupo 2 (LHa), e não houve diferença significativa entre os Grupos 1 e 3 (Figura 27; Tabelas 14 e 15).

Figura 27 - Estimativas para variável DC para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 14 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável DC

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo 1 - Tempo 2	-6,74	-1.587*	-1.74	-1.447
2	Tempo 1 - Tempo 2	-3,75	-0.883*	-1.12	-0.609
3	Tempo 1 - Tempo 2	-6,66	-1.570*	-1.78	-1.373

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 15 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável DC

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	1,64	0.3792	-0.126	0.878
1	QH - RHa	-0,29	-0.0753	-0.463	0.365
1	LHa - RHa	-1,93	-0.4503	-1.017	0.094
2	QH - LHa	4,63	1.0811*	0.569	1.561
2	QH - RHa	-0,21	-0.0571	-0.461	0.348
2	LHa - RHa	-4,84	-1.1366*	-1.703	-0.590

Notas:

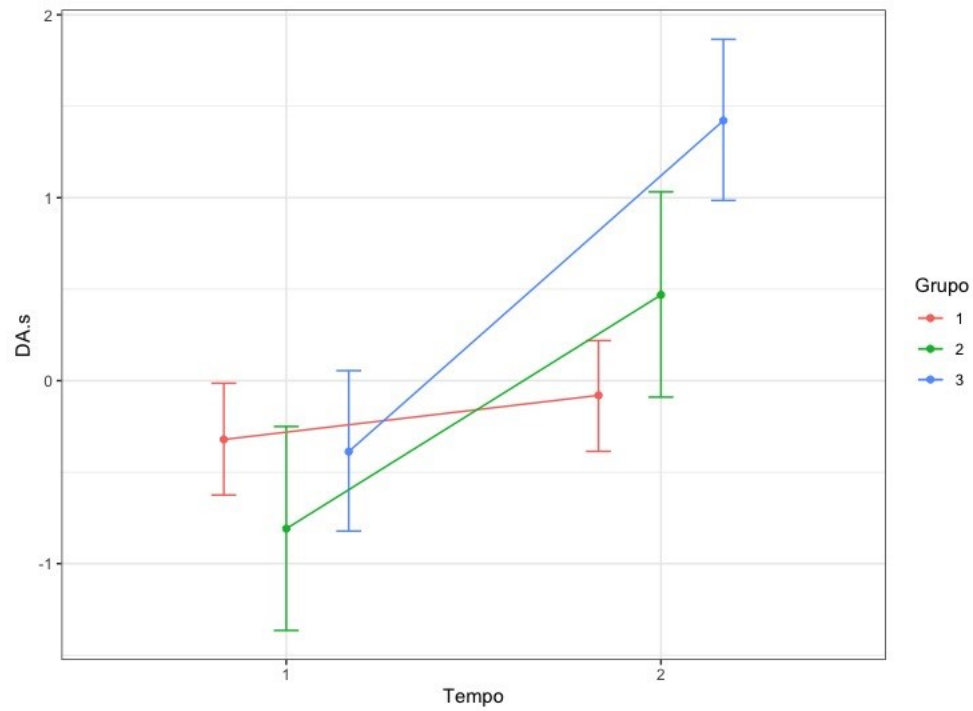
1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Observa-se que houve um aumento para a medida DA para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo que o Grupo 3 (RHa) apresentou o maior aumento nesta medida (+5,37mm) seguido pelo Grupo 2 (LHa) (+3,80mm), enquanto o Grupo 1 (QH) apresentou o menor incremento (+0,70mm). No Tempo 1 não foi verificada diferença significativa entre os grupos. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que o Grupo 3 (RHa) apresenta valores significativamente maiores do que os Grupos 1 e 2 e estes não apresentam diferença significativa entre si (Figura 28, Tabelas 16 e 17).

Figura 28 - Estimativas para variável DA para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 16 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável DA

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo 1 - Tempo 2	-0,70	-0.24*	-0.433	-0.0467
2	Tempo 1 - Tempo 2	-3,80	-1.28*	-1.647	-0.9295
3	Tempo 1 - Tempo 2	-5,37	-1.81*	-2.093	-1.5324

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 17 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável DA

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em mm)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	1,47	0.4821	-0.141	1.111
1	QH - RHa	0,16	0.0651	-0.460	0.617
1	LHa - RHa	-1,31	-0.4219	-1.122	0.298
2	QH - LHa	-1,64	-0.5581	-1.175	0.069
2	QH - RHa	-4,52	-1.5071*	-2.019	-0.983
2	LHa - RHa	-2,88	-0.9530*	-1.684	-0.238

Notas:

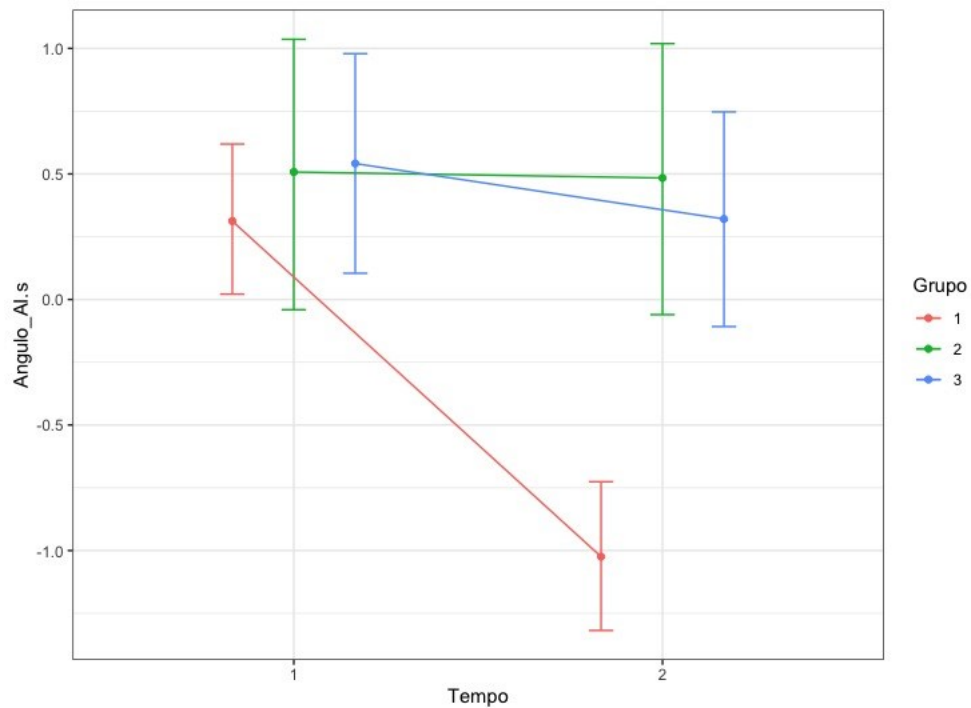
1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Observou-se que uma redução para a medida AI para todos os grupos entre os dois tempos do estudo, sendo que o Grupo 1 (QH) apresentou uma redução significativa (-18,24°), enquanto para os Grupos 2 e 3 a redução não foi significativa (-0,20° e - 2,89°, respectivamente). No Tempo 1 não se observa diferença significativa entre os grupos. Quando comparamos os valores entre os grupos no Tempo 2, observa-se que o Grupo 1 (QH) apresenta valores significativamente menores do que os Grupos 2 e 3, que não apresentam diferença significativa entre si (Figura 29; Tabelas 18 e 19).

Figura 29 - Estimativas para variável AI para os Grupos 1, 2 e 3 antes e após o período de contenção (Tempo 1 e 2, respectivamente).



Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 18 - Comparações Post-hoc de Tempo por Grupo para variável AI

Grupo	Contraste dos Tempos	Média descritiva (diferença em graus)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	Tempo 1 - Tempo 2	18,25	1.3365*	1.074	1.613
2	Tempo 1 - Tempo 2	0,20	0.0273	-0.471	0.507
3	Tempo 1 - Tempo 2	2,89	0.2204	-0.169	0.611

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 19 - Comparações Post-hoc de Grupos por Tempo para variável AI

Tempo	Contraste dos Grupos	Média descritiva (diferença em graus)	Estimativa dos Efeitos	HPDI Inferior	HPDI Superior
1	QH - LHa	-2,84	-0.1930	-0.790	0.463
1	QH - RHa	-3,18	-0.2246	-0.775	0.284
1	LHa - RHa	-0,34	-0.0349	-0.735	0.657
2	QH - LHa	-20,88	-1.5053*	-2.143	-0.902
2	QH - RHa	-18,54	-1.3414*	-1.882	-0.845
2	LHa - RHa	2,35	0.1575	-0.558	0.839

Notas:

1) (*) estimativas/efeitos estatisticamente significativos

2) Estimativas estão padronizados (z-score).

Fonte: elaborado pelos autores

2.4 DISCUSSÃO

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é uma ferramenta eficaz na avaliação do risco e dos impactos do tratamento ortodôntico sobre a tábua óssea vestibular, apresentando acurácia diagnóstica superior a outros métodos de imagem (BAYAT; TALAEIPOUR; SARLATI, 2016). No presente estudo, utilizou-se um voxel de 0,25 mm, que teoricamente proporciona elevada precisão e boa concordância para o diagnóstico tanto da deiscência quanto das alterações na espessura da tábua óssea vestibular (TIMOCK; COOK; MCDONALD; LEO *et al.*, 2011). Contudo, pequenas medidas lineares, como a espessura óssea, necessitam de interpretação cuidadosa devido à limitada resolução espacial, mesmo em imagens obtidas com voxel de até 0,3 mm (MOLEN, 2010). É de se esperar que a resolução espacial limite a capacidade de distinguir entre o dente e a placa cortical. Os indivíduos que apresentaram pouco ou nenhum osso cortical podem ter tido ossos muito finos que não foram detectados devido aos limites de resolução.

No presente estudo, a padronização dos *slices* da TCFC nos três planos de orientação para as avaliações de todas as medidas foi importante para reduzir o possível viés dos diferentes graus de inclinação dos dentes de ancoragem que se alteram como efeito dos movimentos da expansão palatina (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013).

Os erros de método neste estudo variaram, em média, 0,06mm para as medidas lineares e 0,81 graus para a medida angular, semelhante a outros estudos que avaliaram as espessuras corticais e as perdas ósseas periodontais (CARDINAL; DA ROSA ZIMERMANN; MENDES; ANDRADE *et al.*, 2022; FARNSWORTH; ROSSOUW; CEEN; BUSCHANG, 2011; GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006; MISCH; YI; SARMENT, 2006; VANDENBERGHE; JACOBS; YANG, 2008).

Os dados dos indivíduos analisados nesta pesquisa apresentam uma configuração hierárquica e complexa. Para lidar com tal estrutura de dados intrincada, o tamanho amostral pequeno e desigual e a heterogeneidade intra e intergrupos, empregou-se a modelagem multinível dentro de uma abordagem bayesiana (GELMAN, 2013; MCELREATH, 2020). Em 2009, Berchialla *et al.* (BERCHIALLA; BALDI; NOTARO; BARONE-MONFRIN *et al.*, 2009) analisaram abordagens estatísticas para estrutura de dados semelhantes, e concluíram que é aconselhável a utilização de modelos lineares mistos generalizados (*generalized linear mixed models*) num quadro Bayesiano para pesquisas na área da Odontologia, por ser uma abordagem que reconhece a agregação de dados, a assimetria (não normalidade) e dispersão dos dados entre os grupos. Os modelos lineares mistos são, desta maneira, mais apropriados para fazer inferências em estudos com medições repetidas para cada sujeito, como é o caso dos pacientes nas pesquisas odontológicas e dos sujeitos em desenhos de estudos hierárquicos, que são cada vez mais utilizados na prática. Segundos os autores, a abordagem Bayesiana é um procedimento muito útil devido à sua capacidade de fornecer prontamente uma abordagem flexível para a implementação dos modelos mistos fornecendo possibilidades para resolução de problemas de inferência que ultrapassa as limitações da máxima verossimilhança.

Sendo assim, por estas características analíticas, a abordagem bayesiana tem sido cada vez mais utilizada nas ciências da saúde, apesar de ainda pouco usada na Odontologia, de maneira geral, e na Ortodontia (BERCHIALLA; BALDI; NOTARO; BARONE-MONFRIN *et al.*, 2009; BITTL; HE, 2017; SERNA-MENESES; OCAMPO-PARRA; ARANGO-SANTANDER; GARCIA-GARCIA *et al.*, 2022; SRIMANEEKARN; LEELACHAIKUL; THIRADILOK; MANOPATANAKUL, 2023), se restringindo mais às metanálises de revisões sistemáticas. Embora a teoria da estatística bayesiana já exista há muitos anos (próximo de 4 séculos), sua aplicação no passado era limitada. Isto se deve ao fato de ser muito difícil, se não impossível, calcular analiticamente a

distribuição *posteriori*. Em vez disso, é necessário recorrer-se a técnicas de simulação, como os métodos de Monte Carlo, para aproximar as distribuições, e estas são extremamente intensivas em termos de computação. Com o advento de computadores rápidos e potentes e de *softwares* gratuitos (como R), esta dificuldade foi, em grande medida, ultrapassada e os métodos Bayesianos estão tornando-se mais populares e com muitas possibilidades de aplicação (PETRIE; BULMAN; OSBORN, 2003). Adicionalmente, além das vantagens citadas anteriormente, muitos estudos já chamaram a atenção para o mau uso e a má interpretação do valor p , enfatizando a pouca informação que este conceito transmite (KRUSCHKE, 2013; PANDIS, 2013; SRIMANEEKARN; LEELACHAIKUL; THIRADILOK; MANOPATANAKUL, 2023; WASSERSTEIN; SCHIRM; LAZAR, 2019). Embora os estatísticos há muito questionem os problemas do uso do valor P (KRUSCHKE, 2013; LEUNG, 2001; PANDIS, 2013; SCHOBER; BOSSERS; SCHWARTE, 2018) a inferência frequentista com o teste de hipóteses ainda são as abordagens mais populares de estatística inferencial utilizadas na pesquisa ortodôntica. É importante lembrar, que em 2003 Petrie et al. (PETRIE; BULMAN; OSBORN, 2003) já afirmavam que deveria reconhecer-se que a abordagem bayesiana na análise de dados é um dos maiores desenvolvimentos da estatística desde que foi criado o quadro teórico do teste de significância convencional. Para os autores, após quase um século, e com o advento de computadores potentes, o tema "estatística" deveria estar à beira de uma "revolução" (PETRIE; BULMAN; OSBORN, 2003).

Quando avaliamos alterações da morfologia e espessura do osso alveolar periodontal é importante correlacionar estes dados com as possíveis alterações simultâneas que ocorrem na inclinação e movimentação dentária. É plausível esperar que uma maior inclinação da coroa dentária para vestibular promova alterações distintas das que ocorrem quando há uma movimentação de corpo do elemento dentário na mesma direção. Desta forma, o presente estudo associou medidas de inclinação e movimentação dentária com a de espessura e altura do osso alveolar a fim de avaliar se existem diferenças nas respostas ósseas dependendo do tipo de movimento dentário promovido pelos aparelhos nos dentes de ancoragem.

Apesar dos diferentes tipos de resposta, todos os aparelhos estudados foram capazes de corrigir a atresia do arco maxilar, confirmado pela avaliação clínica (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013; FLORIANO, 2013; PEREIRA; JACOB; LOCKS; BRUNETTO *et al.*, 2017) e dados das tomografias.

Antes de discutirmos os efeitos da expansão rápida e lenta, é importante lembrar que não existe um protocolo padrão de ativação dos aparelhos expansores. Nos protocolos de ERM a variabilidade costuma ser menor, variando em torno de 1 a 4 vezes ao dia e durando de uma a quatro semanas de ativação, em média. Já para a ELM os protocolos são bastante variados, pois além de dependerem da taxa de ativação, também dependem do tipo do aparelho. Para expansão lenta podem ser utilizados aparelhos removíveis (com molas ou parafusos) e aparelhos fixos (com molas ou parafusos). É lógico esperar que a força aplicada por um aparelho removível com parafuso ativado uma vez por semana será distinta da de um aparelho fixo com mola ativado uma vez por mês. E seus efeitos sobre os dentes e estruturas de suporte provavelmente, também, deverão ser diferentes.

Dessa maneira, também não há padronização dos protocolos de ativação entre os estudos clínicos que se dispuseram a avaliar e comparar os efeitos das expansões rápida e lenta. Alguns estudos estipulam uma quantidade de expansão fixa para os diferentes métodos estudados (por exemplo 6, 7 ou 8mm de expansão total) (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; BIGLIAZZI; MAGALHÃES; MAGALHÃES; BERTOZ *et al.*, 2017; BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013; FRANCHI; BACCETTI; LIONE; FANUCCI *et al.*, 2010; LEMOS RINALDI; AZEREDO; MARTINELLI DE LIMA; DEON RIZZATTO *et al.*, 2018; MUMMOLO; MARCHETTI; ALBANI; CAMPANELLA *et al.*, 2014; OZEL; AKSOY; KIRZIOGLU; DOGUC *et al.*, 2018; PODESSER; WILLIAMS; CRISMANI; BANTLEON, 2007; WEISSHEIMER; DE MENEZES; MEZOMO; DIAS *et al.*, 2011), enquanto outros utilizam referenciais nas relações dentárias para estipular a quantidade de expansão total a ser atingida (por exemplo, a sobrecorreção até que as cúspides palatinas superiores dos primeiros molares toquem as cúspides vestibulares dos molares inferiores) (AKIN; BAKA; ILERI; BASCIFTCI, 2015; AKYALCIN; SCHAEFER; ENGLISH; STEPHENS *et al.*, 2013; BARATIERI; ALVES; BOLOGNESE; NOJIMA *et al.*, 2014; CARDINAL; DA ROSA ZIMERMANN; MENDES; ANDRADE *et al.*, 2022; CORBRIDGE; CAMPBELL; TAYLOR; CEEN *et al.*, 2011; DAVIDOVITCH; EFSTATHIOU; SARNE; VARDIMON, 2005; DE ALMEIDA, A. M.; OZAWA, T. O.; ALVES, A. C. D. M.; JANSON, G. *et al.*, 2017; FASTUCA; MICHELOTTI; NUCERA; D'ANTÒ *et al.*, 2020; GHONEIMA; ABDEL-FATTAH; ERASO; FARDO *et al.*, 2010; LEONARDI; SICUREZZA; CUTRERA; BARBATO, 2011; LO GIUDICE; FASTUCA; PORTELLI; MILITI *et al.*, 2017; MARTINA; CIOFFI; FARELLA; LEONE *et al.*, 2012;

RABAH; AL-IBRAHIM; HAJEER; AJAJ, 2022; RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007; SERAFIN; FASTUCA; CAPRIOGLIO, 2022). Cada uma das abordagens tem vantagens e desvantagens. Clinicamente, para o tratamento dos pacientes, faz mais sentido estipular a sobrecorreção dentária como parâmetro para ativação dos aparelhos, desta forma respeita-se a necessidade individual quanto à quantidade de expansão maxilar. Em contrapartida, para fins de pesquisa, a padronização da magnitude da expansão pode diminuir a variabilidade das respostas, o viés e facilitar a comparação entre os grupos (BAHAMMAM; EL-BIALY, 2023; BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013; FLORIANO, 2013; JACOB; RIBEIRO; ENGLISH; PEREIRA *et al.*, 2019; PEREIRA; JACOB; LOCKS; BRUNETTO *et al.*, 2017), principalmente em amostras pequenas como é o caso de grande parte das pesquisas de expansão maxilar. No presente estudo a amostra avaliada preconizou a padronização da ativação dos expansores palatinos em 8 mm para todos pacientes.

Apesar desta vantagem, precisamos considerar que a padronização das ativações poderia causar expansões exacerbadas (e maior potencial de danos aos tecidos de suporte), ou correção aquém da necessária, para um certo número de indivíduos das amostras estudadas. Resta a dúvida se estes efeitos extremos se anulariam em termos de análise de dados, visto que teriam, a princípio, igual chance de ocorrer numa mesma amostra. A despeito das vantagens e desvantagens de cada método, precisamos lembrar que a comparação dos resultados entre os diferentes estudos necessita levar em consideração o protocolo de ativação adotado, o que poderia explicar, pelo menos em parte, os resultados muitas vezes divergentes para um mesmo parâmetro avaliado.

A taxa de expansão de 0,4 mm por semana por semana foi aplicada ao grupo de expansão lenta da maxila com Haas (LHa) e de 2mm por mês, o equivalente a 0,5mm por semana, para o quadrihélice (QH) estas estão de acordo com a lógica de que taxas de expansão mais lentas permitem alterações mais fisiológicas nos tecidos (BELL, 1982; ISAACSON; INGRAM, 1964; MARTINA; CIOFFI; FARELLA; LEONE *et al.*, 2012; PROFFIT; FIELDS; LARSON; SARVER, 2018), bem como a formação de osso suficientemente maduro para manter a separação palatina (COTTON, 1978; PROFFIT; FIELDS; LARSON; SARVER, 2018; STOREY, 1973). Para a ativação do aparelho quadrihélice Henry (HENRY, 1993) sugere 8 mm na área dos molares, mantendo os braços paralelos, o que produziria carga de 450 a 500gf, suficiente para

gerar resposta ortopédica na fase da dentição mista (CORBRIDGE; CAMPBELL; TAYLOR; CEEN *et al.*, 2011). Para o grupo ERM (RHa), foi aplicada taxa de expansão de $\frac{1}{4}$ volta duas vezes por dia (0,4mm por dia), até completar 8mm de expansão, e estão de acordo com as recomendações preconizadas para protocolos de ERM (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; BIGLIAZZI; MAGALHÃES; MAGALHÃES; BERTOZ *et al.*, 2017; HAAS, A. J., 1965; HAAS, 1970; WEISSHEIMER; DE MENEZES; MEZOMO; DIAS *et al.*, 2011).

A expansão da maxila, ao nível dentário, apresentou um padrão triangular com uma base mais larga no nível da cúspide dos primeiros molares superiores. Foi observado, que o Grupo QH, que utilizou aparelho de expansão flexível (quadrihélice), apresentou maior aumento na inclinação dentária do que os grupos que utilizaram aparelhos rígidos (disjuntor de Haas: LHa e RHa), como pode-se observar pela maior redução do ângulo intermolar (AI) (Figura 29 Tabela 17), e na discrepância das alterações da distância intercúspide (DC) (Figura 27; Tabela 13) e distância interápice (DA) (Figura 28, Tabela 15) para aquele grupo (QH). Se observou um aumento muito pequeno (média 0,70mm) da distância entre os ápices (DA) e um grande aumento (média 6,74mm) da distância entre as cúspides dos primeiros molares (DC) no QH. Em contrapartida, para os Grupos 2 e 3 (LHa e RHa), observamos que não houve alteração significativa na angulação intermolar entre os Tempos 1 e 2 (Figura 29; Tabela 17), e as alterações nas distâncias intercúspides e interápices apresentaram comportamentos semelhantes e proporcionais em ambos os grupos, entre as avaliações inicial e final (Tabelas 13 e 15). Isso demonstra que os aparelhos rígidos estudados foram capazes de promover maior movimento de corpo do que o aparelho flexível estudado, independentemente do protocolo de ativação utilizado (rápido ou lento). Vale observarmos que, apesar do aumento médio de 0,70mm na medida DA para o QH ser relativamente pequena, ela apresenta significância estatística (Tabela 15). A compreensão dos efeitos estatísticos requer uma análise conjunta do tamanho e da significância do efeito. Neste contexto, observa-se um efeito estimado de -0.24 para o QH entre os tempos. A magnitude desse efeito é sutil, com um *d de Cohen* aproximando-se de 0,2, indicando um efeito pequeno (COHEN, 1988). Do ponto de vista clínico, uma expansão inferior a 1,0mm na área apical pode ser considerada praticamente inexpressiva, se consideramos que o aparelho foi ativado 8,0mm. Dessa forma, é plausível inferir que os efeitos dentários da ELM utilizando o aparelho quadrihélice (especificamente nos primeiros molares) são predominantemente

atribuídos à inclinação da coroa em direção vestibular. Sendo assim, pode-se supor que o aparelho quadrihélice não foi capaz de promover expansão maxilar esquelética na região da base óssea apical da amostra estudada.

A inclinação vestibular dos dentes de ancoragem resultante da expansão maxilar é um achado comum na ERM (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; GARIB; HENRIQUES; JANSON; FREITAS *et al.*, 2005; GARRETT; CARUSO; RUNGCHARASSAENG; FARRAGE *et al.*, 2008; GHONEIMA; ABDEL-FATTAH; ERASO; FARDO *et al.*, 2010; LAGRAVÈRE; CAREY; HEO; TOOGOOD *et al.*, 2010; PODESSER; WILLIAMS; CRISMANI; BANTLEON, 2007; RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007; SUN; SMITH; KORTAM; KIM *et al.*, 2011). Mesmo com a associação de ancoragem rígida com mini-implantes Chun *et al.* (CHUN; DE CASTRO; OH; KIM *et al.*, 2022) observaram aumentos nas inclinações dos dentes de ancoragem nos grupos ERM e MARPE. Em ambos os tipos de intervenção, a inclinação dos primeiros molares aumentou significativamente após a expansão (3,40° e 3,94°). Para o autor isso pode ser explicado pelo fato de que ambos os expansores foram fixados nos primeiros molares e, inevitavelmente, causaram efeitos ortopédicos e ortodônticos semelhantes na região posterior.

Pereira *et al.* (PEREIRA; JACOB; LOCKS; BRUNETTO *et al.*, 2017) avaliaram os efeitos dentários imediatos (logo após o fim das ativações) em parte da mesma amostra do presente estudo utilizando o aparelho de Haas, e verificou aumento de 21° no ângulo intermolar para o grupo ERM e de 9° para o grupo ELM (ambos com expansor de Haas). Resultados discrepantes dos aumentos encontrados no presente estudo, de 2,89° para EMR (RHa) e 0,20° para EML (LHa). Os dados de nosso estudo avaliam os efeitos pós-contenção em alguns indivíduos da amostra destes dois grupos iniciais da pesquisa de Pereira *et al.* Parte desta diferença pode ser explicada pela verticalização dos dentes e/ou processo alveolar durante o período de contenção. Vale ressaltar que a metodologia para verificação da inclinação dos primeiros molares difere, o que também pode interferir, em alguma medida, na diferença dos resultados. Esta mudança concorda com os achados de Davidovitch *et al.* (DAVIDOVITCH; EFSTATHIOU; SARNE; VARDIMON, 2005) que verificaram que o aumento exacerbado na inclinação da coroa para vestibular (de 14° a 20°) dos molares causada pela ERM foi transitória, retornando a valores próximos aos iniciais um ano após o final do período de contenção. O mesmo observado anteriormente por Darendeliev *et*

al. (DARENDELILER; STRAHM; JOHO, 1994) e também mais recentemente por Wong et al. (WONG; SINCLAIR; KEIM; KENNEDY, 2011).

O mesmo raciocínio, de acomodações dentárias no médio e longo prazo, pode explicar parcialmente as diferenças para as medidas DR, DC do estudo de Brunetto et al. (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013)., observadas para avaliação dos efeitos imediatos da ERM e ELM na mesma amostra de Pereira et al.. Os autores verificaram um aumento de 4,85mm e 6,30mm de incremento na variável DR para os grupos ERM e ELM, respectivamente; e de 9,26mm e 9,02mm na medida DC para os grupos ERM e ELM, respectivamente. Em contrapartida, no presente estudo foi observado: 6,30mm para ERM e 4,47mm para ELM na medida DR; e de 6,66mm para ERM e 3,75mm para ELM para medida DC. Vale ressaltar que tanto o estudo de Pereira et al. (PEREIRA; JACOB; LOCKS; BRUNETTO *et al.*, 2017) quanto o de Brunetto et al. (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013) contaram com um número maior de indivíduos participantes, que não estiveram disponíveis para as tomadas tomográficas ao final do período de contenção em nossa pesquisa.

Kartalian et al. (KARTALIAN; GOHL; ADAMIAN; ENCISO, 2010) demonstraram que não ocorreu nenhuma inclinação dentária significativa após o tratamento com ERM, mas verificaram uma inclinação alveolar significativa. Estes dados foram obtidos com um intervalo médio de 17,9 meses após a tomografia inicial, tempo maior do que o monitorado na maioria dos estudos. Em nossa pesquisa, não medimos a inclinação vestibular do osso alveolar, mas a hipótese de inclinação alveolar é válida e pode explicar também a inclinação vestibular dentária observada nos estudos.

Comparando os grupos que utilizaram expensor do tipo Haas (LHa e RHa) observamos que o RHa promoveu maior expansão dentária quando comparado com o LHa, como podemos observar pelas alterações das medidas DR, DC e DA que foram significativamente maiores para o primeiro (Figuras 26, 27 e 28). Ribeiro et al. (LUIZ ULEMA RIBEIRO; JACOB; BRUNETTO; DA SILVA PEREIRA *et al.*, 2020) em estudo avaliando a mesma amostra dos grupos LHa e RHa no período pós-contenção verificaram maiores efeitos ortopédicos no grupo ERM do que no grupo expansão lenta. Ou seja, a força pesada liberada em curto período de tempo (ERM) foi capaz de promover maior expansão esquelética, contribuindo também para o maior aumento das medidas de movimentação dentária vestibular observadas na presente pesquisa.

Quando comparamos os grupos com protocolos de expansão lenta (QH e LHa) verificamos que o aparelho rígido (Haas) apresentou maior aumento na expansão dentária da região apical (Figura 28; Tabela 15), apesar de não haver diferença significativa entre os grupos no Tempo 2 (Tabela 16). Os incrementos proporcionais observados nas medidas DR, DC e DA (Tabelas 11, 13 e 15) e a estabilidade do ângulo AI (Figura 29, Tabela 17) observados para o grupo LHa reforçam a maior capacidade de controle de torque promovido pelo aparelho rígido quando usado para ELM e confirma o movimento dentário “de corpo” (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009). Lanteri *et al.* (LANTERI, V.; CAVAGNETTO, D.; ABATE, A.; MAINARDI, E. *et al.*, 2020) também não observou aumento significativo na inclinação dos dentes de ancoragem com aparelho rígido (semelhante ao Hyrax) usado para ELM em sua pesquisa.

O expensor do tipo Haas difere do aparelho quadrihélice para além do *design*. A presença de um apoio acrílico próximo ao palato, reforça a ancoragem a fim de promover uma maior resposta ortopédica durante a expansão (HAAS, 1970). Este apoio acrílico contra o palato, pode estar relacionado a um maior movimento de corpo dos dentes de ancoragem, ao invés de inclinação (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013; GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006; LEMOS RINALDI; AZEREDO; MARTINELLI DE LIMA; DEON RIZZATTO *et al.*, 2018) (BISHARA; STALEY, 1987; HAAS, 1961; RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007; WERTZ, 1970).

Resultados semelhantes ao presente estudo foram verificados por Vizzotto *et al.* (VIZZOTTO; DE ARAÚJO; DA SILVEIRA; BOZA *et al.*, 2008), que relataram que o aumento das medidas transversais observadas na arcada superior tratada com o aparelho quadrihélice foi resultado da inclinação vestibular, refletindo, em grande parte, a predominância da “força ortodôntica” exercida pelo aparelho (FRANK; ENGEL, 1982). Em contrapartida, estes resultados diferem dos resultados obtidos por Sandikçioğlu e Hazar (SANDIKÇIOĞLU; HAZAR, 1997), que relataram que o aparelho quadrihélice promoveu movimentos de proporções idênticas para os efeitos ortodônticos e ortopédicos.

Luebbert *et al.* (LUEBBERT; GHONEIMA; LAGRAVÈRE, 2016) verificaram que a maior expansão dentária, ocorre na direção transversal na região posterior da maxila e é menor na região anterior entre os incisivos. Além disso verificaram que a ERM resultou na inclinação dos dentes para vestibular. Isso é consistente com outros

estudos que indicam que a carga mecânica na região anterior resulta na separação da sutura, enquanto na região posterior há maior resistência esquelética, resultando principalmente em expansão dentária (DAVIDOVITCH; EFSTATHIOU; SARNE; VARDIMON, 2005; GHONEIMA; ABDEL-FATTAH; ERASO; FARDO *et al.*, 2010).

Evidências sugerem que movimentos dentários na direção da cortical vestibular podem promover a aposição óssea na porção externa. No entanto, mesmo assim, se a velocidade de aposição não superar a da reabsorção, poderá criar defeitos ósseos permanentes (CAPPS; CAMPBELL; BENSON; BUSCHANG, 2016). A técnica ERM, utiliza forças ortopédicas de elevada intensidade, é de se esperar que possam intensificar os efeitos prejudiciais aos dentes de ancoragem e seus tecidos de suporte.

Quando avaliamos as alterações nas estruturas de suporte periodontais, observamos que o protocolo de expansão rápida, utilizando aparelho rígido (RHa) promoveu maior reabsorção vertical da crista alveolar vestibular, observado pelos valores finais das medidas NOV e NOVC que foram maiores para o RHa quando comparados com o grupo com protocolo de expansão lenta para o mesmo aparelho (LHa) (Figuras 22 e 23; Tabelas 4 e 6), sendo que este (LHa) não apresentou alterações significativas entre os dois tempos do estudo para estas medidas (Tabelas 3 e 5). O grupo QH apresentou comportamento intermediário, com aumento significativo de perda óssea vertical vestibular (Tabelas 3 e 5), porém não tão acentuada quanto para grupo RHa onde os valores finais demonstram maior perda vertical da crista óssea (Tabelas 4 e 6) do que o Grupo 2 (LHa). Quando comparados os dois grupos de ELM (QH e LHa), apesar do maior e significativo aumento da perda óssea vertical observada para o QH (Tabelas 3 e 5), as diferenças das medidas finais entre os grupos não foram estatisticamente significativas. Desta forma para as medidas NOV e NOVC podemos considerar que os grupos com protocolos de expansão lenta (QH e LHa) apresentaram efeitos clinicamente semelhantes ao final o tratamento; e menos efeitos deletérios sobre a altura vertical da crista alveolar do que a ERM.

Quando avaliamos a espessura óssea a nível de furca (medidas EAV e EAP), observamos que todos os grupos apresentaram redução na espessura óssea alveolar vestibular (EAV), mas os grupos com aparelho de Haas (LHa e RHa) apresentaram maior redução, sendo que esta foi um pouco mais acentuada para o grupo RHa (Figura 24; Tabela 7). Quando comparamos os valores finais (pós-contenção), verificamos que os grupos LHa e RHa apresentam valores significativamente menores

na espessura alveolar vestibular, quando comparados com o QH (Figura 24 Tabela 8). Analisando as alterações na espessura óssea alveolar palatina (EAP), observamos que todos os grupos apresentaram aumentos significativos, e os grupos LHa e RHa apresentaram incrementos mais acentuados, enquanto Grupo 1 (QH) apresentou menor aumento (Figura 25 Tabela 9). Quando comparamos os valores finais (pós-contenção), verificamos que o grupo RHa apresentou valores significativamente maiores na espessura alveolar palatina (EAP), quando comparados com o QH (Figura 25 Tabela 10). Apesar do maior aumento na medida e do valor médio do grupo RHa ser maior do que o do grupo LHa, as diferenças nas médias finais não foram significativas (Figura 25 Tabela 10). A variabilidade dos dados no LHa é muito grande (extenso intervalo de credibilidade), o que pode não permitir aferir de maneira concreta o comportamento do grupo em relação aos demais.

Analisando a ERM, alguns autores verificam resultados semelhantes, e observaram uma redução na espessura óssea vestibular na região dos primeiros molares que variou de algo em torno de 0,5 mm a 1,25 mm (AKYALCIN; SCHAEFER; ENGLISH; STEPHENS *et al.*, 2013; ALOMARI; SULTAN, 2019; BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009; BAYSAL; KARADEDE; HEKIMOGLU; UCAR *et al.*, 2012; DIGREGORIO; FASTUCA; ZECCA; CAPRIOGLIO *et al.*, 2019; DOMANN; KAU; ENGLISH; XIA *et al.*, 2011; LEMOS RINALDI; AZEREDO; MARTINELLI DE LIMA; DEON RIZZATTO *et al.*, 2018; PANGRAZIO-KULBERSH; JEZDIMIR; DE DEUS HAUGHEY; KULBERSH *et al.*, 2013; RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007). Garib *et al.* (GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006) verificaram resultados semelhantes após a ERM. Surgiram deiscências ósseas na face vestibular dos dentes de suporte, demonstrado pelo aumento da altura no nível da crista óssea alveolar vestibular nos primeiros molares na faixa de 1,5mm (média total). Os segundos pré-molares, que não foram bandados, e os caninos, que não foram circundados pelo expensor, não apresentaram reduções no nível vertical da crista alveolar. Avaliando a espessura da tábua óssea vestibular dos dentes de suporte (primeiros pré-molares e primeiros molares permanentes) relataram reduções significativas na tanto para expansores mucodento suportados quanto para expansores dento suportados, variando em torno de 1,0 mm nos primeiros molares para os expansores do tipo Haas, após 3 meses de expansão (usaram 7mm de expansão total). Valores muito próximos aos observados para o grupo ERM (RHa) no presente estudo (redução na EAV de 1,3mm) (Tabela 12). Os autores ainda relataram,

grande variabilidade dos resultados na altura da crista óssea alveolar, onde as pacientes com tábuas ósseas vestibulares mais finas inicialmente tiveram reduções maiores do nível da crista alveolar após a expansão, independentemente do aparelho (Haas ou Hyrax). Em pacientes com tábuas ósseas inicialmente mais espessas, a ERM não teve efeitos tão negativos sobre o periodonto bucal. Apesar de fazer sentido precisamos considerar estas observações com cuidado, dado o tamanho da amostra de apenas 8 meninas. Em contrapartida, Akyalcin et al (AKYALCIN; SCHAEFER; ENGLISH; STEPHENS *et al.*, 2013) não observaram efeitos deletérios evidentes no osso cortical vestibular alveolar, bem como na inclinação dos dentes de ancoragem. Contudo, vale salientar que a metodologia do estudo é confusa. Os pacientes receberam terapia com Hyrax com duas ou quatro bandas, os protocolos de ativação foram de uma ou duas vezes ao dia e o período de ativação variou entre 3 e 4 semanas. Não é explicado quais ou quantos pacientes receberam os diferentes tipos de ativação ou os diferentes desenhos do expensor de Hyrax. Com isso, pode-se supor que os efeitos tenham grande variabilidade ao longo da amostra heterogênea, ficando difícil verificar resultados significativos para qualquer parâmetro avaliado. Além disso, antes da avaliação de longo prazo (T3) os sujeitos foram submetidos à ortodontia corretiva com aparelho fixo. Desta forma prejudica a diferenciação dos efeitos decorrentes da ERM das outras terapias aplicadas posteriormente.

Avaliando vários tipos de protocolos de ativação para EMR, o estudo de Lemos Rinaldi et al. (LEMOS RINALDI; AZEREDO; MARTINELLI DE LIMA; DEON RIZZATTO *et al.*, 2018), verificou que as medidas de espessura óssea vestibular diminuíram significativamente em todos os grupos. Comparativamente, a avaliação da redução da espessura no grupo Haas 2/4 foi de 1,28mm e no 4/4 de 1,11mm. Semelhantes aos verificados no presente estudo. O grupo Haas com ativação de 4/4 de volta por dia apresentou a menor variação nas medidas da altura da tábua óssea e da espessura quando comparado com os protocolos de ativação de 2/4 de volta por dia (este com resultados semelhantes ao presente estudo). A distância entre a junção cimento-esmalte vestibular dos primeiros molares superiores e a porção mais cervical da crista óssea alveolar vestibular aumentou em uma média de apenas 18,5% (0,23 mm) no grupo 4/4 e 1,28mm no grupo 2/4. Segundo os autores, a preservação da crista óssea parece estar relacionada à menor inclinação dentária vestibular no grupo 4/4. Esta observação faz sentido, porém, no presente estudo o grupo que apresentou maior inclinação vestibular foi QH, enquanto que a redução da altura da crista marginal

foi intermediária para este grupo, e menor do que as apresentadas pelo grupo ERM (RHa). Contudo, o protocolo de ativação de QH foi de ELM, com forças mais leves e por este motivo pode não ter afetado a altura da crista vestibular de forma tão acentuada quanto as observadas no estudo de Lemos Rinaldi et al., associadas a inclinação dos dentes de ancoragem na ERM.

Brunetto et al (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013) compararam os efeitos imediatos sobre os osso alveolar marginal na ERM e ELM com aparelho de Haas em indivíduos da mesma amostra estudada na presente pesquisa (dos Grupos LHa e RHa). Observaram redução de 0,75 e 0,78mm nas medidas NOV e NOVC para o grupo ERM e 2,94 e 3,28mm nas medidas NOV e NOVC para o grupo ELM. Estes achados vão no sentido contrário aos verificados no presente estudo, onde as maiores perdas verticais foram observadas no grupo ERM (RHa), enquanto as alterações verticais na cortical vestibular no LHa não foram significativas. O mesmo comportamento é observado nas variáveis que avaliaram a espessura óssea alveolar vestibular. Apesar de utilizar metodologias diferentes para estas medidas, os autores observaram maior perda de espessura no grupo ELM (praticamente o dobro do observado para ERM). O oposto dos resultados observados no presente estudo, onde a redução de espessura foi ligeiramente maior no RHa (ERM) e ao final do período de contenção não foi observada diferença entre os grupos. Esta diferença no comportamento das variáveis se explica pelas diferenças dos tempos de avaliação final. No estudo de Brunetto et al., no grupo de expansão rápida da maxila, os exames T2 foram realizados entre 21-28 dias de tratamento (ao fim do período de ativação), e no grupo de expansão lenta, os exames foram obtidos entre 141-148 dias (também ao fim do período de ativação). No presente estudo, as tomografias de T2 (finais) foram obtidas num intervalo 180 dias para os dois grupos, propiciando cerca de 1 mês de contenção para a ELM e 5 meses para a ERM. Essa diferença permitiu o movimento e acomodação dentária (e movimento ortodôntico) e através do osso alveolar no grupo ERM, compensando a menor movimentação dentária observada inicialmente no estudo de Brunetto et al. Já para o grupo ELM a interrupção das ativações permitiu a acomodação das raízes mais lingualmente e o reparo tecidual ao redor dos dentes de ancoragem. As evidências demonstraram que o movimento dentário lingual leva à aposição óssea na crista alveolar vestibular e na direção coronal. E a sobrecorreção da atresia maxilar poderá permitir a verticalização durante e após o período de contenção, e a lingualização radicular dos dentes

posteriores.(ENGELKING; ZACHRISSON, 1982; THILANDER; NYMAN; KARRING; MAGNUSSON, 1983). Além disso, neste mesmo estudo de Brunetto et al., as imagens tomográficas foram adquiridas sem a remoção dos expansores palatinos. Isso implica uma redução da resolução espacial e influencia na exibição das imagens resultando em uma capacidade mais limitada de distinguir entre as porções radiculares dos dentes e as tábuas ósseas vestibulares. Desta maneira, a comparação dos resultados entre os estudos deve ser realizada com cautela.

Para Utreja (UTREJA; BAIN; TUREK; HOLLAND *et al.*, 2018) uma força leve e contínua produz padrões de modelagem e remodelação óssea associados à formação de novo osso ao longo da tábua óssea labial. Com base em seu estudo em animais alega que a expansão maxilar com força leve e contínua é uma alternativa viável à ERM com forças pesadas e intermitentes. No presente estudo, de fato, observamos que os protocolos de expansão lenta promoveram menor efeitos deletérios sobre a altura óssea das cristas marginais, já que os grupos QH e LHa mantiveram valores mais próximos aos iniciais (apesar da perda significativa para o QH). Contudo, quando analisamos a espessura óssea vestibular na altura do nível da furca, verificamos que os aparelhos rígidos (LHa e RHa: Haas) tem comportamento semelhante reduzindo mais a espessura alveolar vestibular do que o aparelho flexível (QH: quadrihélice).

Poucas pesquisas relacionaram os procedimentos de expansão lenta da maxila aos expansores palatinos rígidos (como aparelho de Haas), e a maioria delas sem exames tomográficos (DARENDELILER; STRAHM; JOHO, 1994; HUYNH; KENNEDY; JOONDEPH; BOLLEN, 2009; LANTERI; COSSELLU; GIANOLIO; BERETTA *et al.*, 2018; LANTERI; GIANOLIO; GUALANDI; BERETTA, 2018; MUMMOLO; MARCHETTI; ALBANI; CAMPANELLA *et al.*, 2014; WONG; SINCLAIR; KEIM; KENNEDY, 2011), e outras avaliaram quantitativamente, por meio de TCFC, (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013; JACOB; RIBEIRO; ENGLISH; PEREIRA *et al.*, 2019; LANTERI, VALENTINA; CAVAGNETTO, DAVIDE; ABATE, ANDREA; MAINARDI, ELEONORA *et al.*, 2020; LUIZ ULEMA RIBEIRO; JACOB; BRUNETTO; DA SILVA PEREIRA *et al.*, 2020; PEREIRA; JACOB; LOCKS; BRUNETTO *et al.*, 2017), sendo que Brunetto et al., Jacob et al., e Luiz Ulema Ribeiro et al. Pereira et al. avaliaram indivíduos da mesma amostra do presente estudo. Desta forma, não foi possível fazer muitas comparações diretas entre o Grupo 2 (LHa) e a literatura.

Avaliando os efeitos dentoalveolares da ELM, Corbridge et al (CORBRIDGE; CAMPBELL; TAYLOR; CEEN *et al.*, 2011) verificaram, com a terapia utilizando aparelho quadrihélice, que os dentes se moveram através do alvéolo, levando a uma diminuição substancial da espessura do osso vestibular (redução média de 1,6 mm) e a um aumento da espessura do osso lingual. A perda de espessura do osso vestibular pós-tratamento, em seu estudo, foi semelhante à espessura relatada após a ERM em outros estudos e para o presente Grupo 3 (RHa) (GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006; RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007). Estes achados de que o quadrihélice move os molares para vestibular com inclinação mínima estão de acordo com Boysen et al. (BOYSEN; LA COUR; ATHANASIOU; GJESSING, 1992). Esta redução foi bem maior do que a observada no presente estudo (de 0,65mm - Tabela 8) para o aparelho quadrihélice. Talvez a ativação do torque da raiz vestibular antes da cimentação relatada pelo autor, e que foi usada para diminuir ainda mais a inclinação dentária, poderia explicar a falta de osso vestibular observada naquele estudo.

Lanteri et al. (LANTERI, V.; CAVAGNETTO, D.; ABATE, A.; MAINARDI, E. *et al.*, 2020) não observou alterações significativas na espessura do osso alveolar vestibular dos primeiros molares na ELM com o *Leaf Expander*. Essa diferença provavelmente é devida ao fato de que, em seu estudo, o expansor maxilar foi ancorado nos segundos molares decíduos, protegendo assim as estruturas periodontais do primeiro molar permanente, conforme mencionado por Digregorio et al. (DIGREGORIO; FASTUCA; ZECCA; CAPRIOGLIO *et al.*, 2019). Digregorio et al. (DIGREGORIO; FASTUCA; ZECCA; CAPRIOGLIO *et al.*, 2019) demonstraram que ERM ancorada em nos segundos molares decíduos como dentes de ancoragem não afetou a espessura da tabua óssea vestibular nos primeiros molares permanentes superiores.

Embora exista uma literatura consistente sobre os efeitos adversos da ERM no suporte ósseo, os dados que correlacionam esses achados com as alterações nos tecidos moles ainda são escassos (LO GIUDICE; BARBATO; COSENTINO; FERRARO *et al.*, 2018). Mesmo diante de uma diminuição do volume ósseo, a espessura gengival vestibular e os níveis de fixação não parecem diminuir consideravelmente em curto ou médio prazo (FURTADO; FURTADO; EL HAJE; ROSÁRIO *et al.*, 2018). Ainda assim, a perda de volume ósseo não deixa de ser uma preocupação. Na tentativa de evitar estes efeitos colaterais Alomari et al. (ALOMARI;

SULTAN, 2019) testaram infiltrar plasma rico em plaquetas na face vestibular dos dentes de ancoragem do expansor antes do procedimento de ERM. Verificaram que a aplicação de PRP não produziu nenhum efeito de cura ou de proteção em comparação com o grupo de controle. Muito pelo contrário, a prevalência de defeitos alveolares foi maior no grupo PRP.

Considerando estes dados dos tecidos periodontais e as medidas que avaliaram a movimentação dentária podemos verificar que o protocolo de expansão rápida promoveu maior movimentação dentária para vestibular e também maior efeito sobre a reabsorção óssea nesta mesma face. Se considerarmos a distância intermolar tomada na mesma altura onde foi aferida a espessura óssea (medidas DR e EAV) este fato se confirma. O maior aumento transversal na medida DR ocorreu para o RHa (média de 6,30mm), seguido pelo LHa (média de 4,47mm) que também utilizou aparelho de Haas (Figura 26 Tabela 11), confirmando que o maior deslocamento vestibular na área levou a uma maior redução na espessura alveolar vestibular para estes mesmos grupos (Figura 24; Tabelas 7 e 8). O fato de QH ter apresentado resultados de expansão com maior inclinação coronal para vestibular e pouco incremento na distância interarticular (DR) (média de 1,87mm) dos que os outros grupos (Figura 26, Tabela 11), pode explicar o fato de a ELM com quadrihélice afetar menos a espessura óssea alveolar vestibular (EAV) do que a ELM com aparelho de Haas (Figura 24 Tabela 8). Seu efeito sobre a variável EAV é significativamente menor do que o observado para os Grupos LHa e RHa (Figura 24 Tabela 8). Apesar disso, quando avaliamos o tamanho do efeito das estimativas, vale salientar que todos os protocolos avaliados no presente estudo apresentaram efeitos negativos, de diminuição da espessura óssea vestibular; sendo considerado um efeito médio para o aparelho quadrihélice e muito alto para os aparelhos de Haas (COHEN, 1988) (Tabela 7). Considerando a hipótese, de que diferentes tipos de movimentação ou inclinação dentária contribuiriam para alterações distintas nas estruturas de suporte, podemos considerar plausível. Os grupos de aparelho rígido promoveram maior movimentação de corpo, mas também promoveram maior redução da espessura óssea vestibular. Estes achados concordam parcialmente com Rungcharassaeng et al. (RUNGCHARASSAENG; CARUSO; KAN; KIM *et al.*, 2007) que observaram que os dentes em que ocorreu maior aumento da inclinação coronal para vestibular (segundo pré-molar), também ocorreu menor perda óssea vertical e menor redução na espessura óssea vestibular.

Analizando os efeitos dos protocolos de expansão na variável EAP (Figura 25, Tabela 9) observa-se que os incrementos na medida mantiveram a proporcionalidade com as reduções na medida EAV para cada grupo (Tabela 7). O que indica o movimento ortodôntico dos dentes de ancoragem através do osso alveolar.

O protocolo de expansão rápido estudado promoveu maior perda óssea vertical na altura da crista (NOV e NOVC) (Figuras 22 e 23, Tabelas 4 e 6). Ao mesmo tempo em que teve maior capacidade de promover expansão, quando comparado com os protocolos de expansão lenta. Talvez as forças pesadas utilizadas no protocolo de expansão rápida com aparelho de Haas afetem mais as áreas de cortical óssea fina, como a região cervical marginal por terem maior probabilidade de causar áreas de isquemia e hialinização em regiões que já tem menor acesso a irrigação sanguínea, dificultando sua recuperação e remodelação à medida que ocorre a movimentação dentária. Esta afirmação pode explicar a evolução das medidas de altura e espessura óssea realizadas para os indivíduos do Grupo 3 (RHa) por Brunetto et al. (BRUNETTO; ANDRIANI; RIBEIRO; LOCKS *et al.*, 2013) em comparação com os valores do presente estudo, já comentadas em parágrafo anterior.

A avaliação dos efeitos dentários/ periodontais da ERM e ELM a longo prazo foi realizada em poucos estudos (AKYALCIN; SCHAEFER; ENGLISH; STEPHENS *et al.*, 2013; FERRIS; ALEXANDER; BOLEY; BUSCHANG, 2005; HAAS, 1980; HEROLD, 1989; LIMA FILHO; RUELLAS, 2007; MCNAMARA; BACCETTI; FRANCHI; HERBERGER, 2003; MOUSSA; O'REILLY; CLOSE, 1995). Os estudos disponíveis tem problemas de amostras pequenas pela perda de seguimento bem como o alto risco de viés dadas a sobreposição dos efeitos de outros tratamentos ortodônticos posteriores à expansão da maxila.

Foi demonstrado experimentalmente que os dentes movidos vestibularmente através da placa cortical e que permanecem mal posicionados por até 8 meses demonstram melhorias significativas nos níveis ósseos, incluindo a reposição coronal do osso, após serem movidos lingualmente (ENGELKING; ZACHRISSON, 1982). Wainwright, (WAINWRIGHT, 1973) que criou fenestrações inclinando e projetando as raízes através da placa cortical, mostrou proliferação de osso nas bordas das perfurações e cicatrização parcial do ligamento periodontal para os dentes que foram retidos; os dentes que foram movidos de volta para o osso apresentaram reparo completo. Ballanti et al. (BALLANTI; LIONE; FANUCCI; FRANCHI *et al.*, 2009)

verificou após o término do período de contenção de 6 meses da ERM, uma recuperação da espessura das placas vestibular e lingual.

O acompanhamento a longo prazo, com exames de imagem periódicos permitiria uma melhor compreensão das alterações na espessura e altura do osso alveolar longitudinalmente, ao longo do tempo. Contudo existe um problema ético em submeter pacientes a exames de imagem tomográficas sem indicação clínica precisa. Espera-se que o desenvolvimento contínuo de técnicas tridimensionais livres de radiação, como a ressonância magnética (RM), ajude a resolver esse problema futuramente. Outra vantagem seria a possibilidade de avaliação por exames de imagem dos níveis ósseos antes do procedimento de expansão da maxila, o que poderia ser útil para determinar os pacientes nos quais a terapia deve ser escolhida com cautela para evitar efeitos prejudiciais nos tecidos periodontais.

Como visto, os danos aos tecidos ósseos marginais dos dentes de ancoragem são inerentes aos procedimentos de expansão maxilar, rápida ou lenta, em maior ou menor grau. Além disso, até o momento, não há evidência de que o uso de mini-implantes para ancoragem da expansão maxilar (MARPE e semelhantes) seria capaz de produzir menos perda da espessura do osso alveolar vestibular e do nível ósseo marginal na região dos dentes de ancoragem do que a ERM convencional (COPELLO; MARAÑÓN-VÁSQUEZ; BRUNETTO; CALDAS *et al.*, 2020). Portanto, como forma de evitar efeitos deletérios nos tecidos de suporte dos dentes permanentes, a ancoragem deve ser usada às custas de dentes decíduos sempre que possível (COPELLO; MARAÑÓN-VÁSQUEZ; BRUNETTO; CALDAS *et al.*, 2020; DIGREGORIO; FASTUCA; ZECCA; CAPRIOGLIO *et al.*, 2019; GARIB; HENRIQUES; JANSON; DE FREITAS *et al.*, 2006). E alternativas para diminuir ou distribuir a carga recebida pelos dentes de suporte durante a ativação dos aparelhos devem ser priorizadas (PANGRAZIO-KULBERSH; JEZDIMIR; DE DEUS HAUGHEY; KULBERSH *et al.*, 2013). Além disso, o controle adequado do biofilme, associado à escovação adequada e ausência de traumas oclusais, ajuda a preservar a saúde e a arquitetura gengival (HEASMAN; HOLLIDAY; BRYANT; PRESHAW, 2015).

Para Silva Filho *et al.* as consequências periodontais da ERM na dentição permanente destacam a importância da intervenção precoce. Já que durante a dentição decídua e mista, a ERM produz um efeito ortopédico maior (DA SILVA FILHO; MONTES; TORELLY, 1995).

Vale ressaltar que as comparações diretas, entre os resultados dos diversos estudos que avaliam a expansão maxilar necessitam cautela em virtude das diferenças metodológicas nos protocolos de expansão, na quantidade de expansão preconizada em cada estudo e das diferentes metodologias para medição dos parâmetros avaliados (LO GIUDICE; FASTUCA; PORTELLI; MILITI *et al.*, 2017).

Apesar da aleatorização da amostra para seleção dos tratamentos, por se tratar de um estudo retrospectivo e com amostra com número reduzido de participantes (embora suficiente para a considerações inferenciais estatísticas), os resultados apresentados devem ser considerados com cautela. Além disso não houve grupo de controle (sem tratamento) para diferenciar os efeitos do crescimento e alterações fisiológicas intrínsecas das alterações decorrentes dos tratamentos executados. É importante ponderar que apesar de relevante inclusão de grupos controle sem tratamento para fins de comparação, esta análise apresentaria problemas de ordem ética.

Os autores sugerem a realização de novos estudos, de preferência estudos clínicos aleatórios com amostras poderosas, multicêntricos com desenhos longitudinais com maior tempo de seguimento para identificar quais são as alterações a longo prazo; bem como sua possível associação com as alterações clínicas nos tecidos periodontais. Recomenda-se também a padronização dos métodos de avaliação em relação aos dentes e regiões avaliadas, bem como a diversificação e replicação das pesquisas em relação à população avaliada (crianças, adolescentes ou adultos), gravidade da deficiência transversal da maxila e desenho dos dispositivos utilizados.

3 CONCLUSÃO

Após a análise quantitativa dos efeitos dentários e periodontais dos procedimentos de EMR realizado com expansor tipo Haas e EML realizada com os expansores tipo Haas e quadrihélice, conclui-se:

- Os procedimentos de EMR e EML realizados com aparelho de Haas promoveram maior movimento de corpo dos dentes de ancoragem para vestibular, enquanto que a ELM realizada com aparelho quadrihélice promoveu quase que exclusivamente inclinação da coroa para vestibular.
- A ERM promoveu maior movimentação dentária vestibular do que a ELM realizada com aparelho de Haas.
- A ELM com aparelho de Haas não promoveu perda vertical significativa na tabua óssea vestibular.
- A perda óssea vertical vestibular ocorreu com maior intensidade no grupo ERM, seguindo pelo grupo ELM realizado com aparelho quadrihélice;
- Todos os métodos estudados promoveram a redução da espessura alveolar vestibular, sendo que esta redução foi mais acentuada para os métodos que utilizaram aparelho tipo Haas.
- O acompanhamento dos indivíduos a longo prazo poderia esclarecer melhor a relevância clínica dos efeitos periodontais observados nos procedimentos de expansão maxilar.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, A.; MATHUR, R. Maxillary Expansion. **Int J Clin Pediatr Dent**, 3, n. 3, p. 139-146, 2010 Sep-Dec 2010.
- AKIN, M.; BAKA, Z. M.; ILERI, Z.; BASCIFTCI, F. A. Alveolar bone changes after asymmetric rapid maxillary expansion. **Angle Orthod**, 85, n. 5, p. 799-805, Sep 2015.
- AKKAYA, S.; LORENZON, S.; UÅŞEM, T. T. A comparison of sagittal and vertical effects between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. **Eur J Orthod**, 21, n. 2, p. 175-180, Apr 1999.
- AKKAYA, S.; LORENZON, S.; UÇEM, T. T. Comparison of dental arch and arch perimeter changes between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. **Eur J Orthod**, 20, n. 3, p. 255-261, Jun 1998.
- AKYALCIN, S.; SCHAEFER, J. S.; ENGLISH, J. D.; STEPHENS, C. R. *et al.* A cone-beam computed tomography evaluation of buccal bone thickness following maxillary expansion. **Imaging Sci Dent**, 43, n. 2, p. 85-90, Jun 2013.
- ALGHARBI, M.; BAZARGANI, F.; DIMBERG, L. Do different maxillary expansion appliances influence the outcomes of the treatment? **Eur J Orthod**, 40, n. 1, p. 97-106, Jan 23 2018.
- ALOMARI, E. B.; SULTAN, K. Efficacy of injectable platelet-rich plasma in reducing alveolar bone resorption following rapid maxillary expansion: A cone-beam computed tomography assessment in a randomized split-mouth controlled trial. **Angle Orthod**, 89, n. 5, p. 705-712, Sep 2019.
- ALTIERI, F.; CASSETTA, M. Comparison of changes in skeletal, dentoalveolar, periodontal, and nasal structures after tooth-borne or bone-borne rapid maxillary expansion: A parallel cohort study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 161, n. 4, p. e336-e344, Apr 2022.
- ANDLIN-SOBOCKI, A.; BODIN, L. Dimensional alterations of the gingiva related to changes of facial/lingual tooth position in permanent anterior teeth of children. A 2-year longitudinal study. **J Clin Periodontol**, 20, n. 3, p. 219-224, Mar 1993.
- ANDLIN-SOBOCKI, A.; PERSSON, M. The association between spontaneous reversal of gingival recession in mandibular incisors and dentofacial changes in children. A 3-year longitudinal study. **Eur J Orthod**, 16, n. 3, p. 229-239, Jun 1994.
- ANDRIANI, J. D. S. P. **Avaliação das alterações imediatas à expansão maxilar rápida e lenta na dentição mista por meio de tomografia computadorizada de Cone-beam**. Orientador: LOCKS, A. 2012. 163 f. (Dissertação (mestrado)) - Programa de Pós- Graduação em Odontologia., Universidade Federal de Santa Catarina.

ANGELL, E. H. Treatment of Irregularity of the Permanent or Adult Teeth. **The Dental Cosmos**, July, Volume 1, n. Issue 10, p. 540-544, 1860.

ANNARUMMA, F.; POSADINO, M.; DE MARI, A.; DRAGO, S. *et al.* Skeletal and dental changes after maxillary expansion with a bone-borne appliance in young and late adolescent patients. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 159, n. 4, p. e363-e375, Apr 2021.

ARTUN, J.; GROBÉTY, D. Periodontal status of mandibular incisors after pronounced orthodontic advancement during adolescence: a follow-up evaluation. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 119, n. 1, p. 2-10, Jan 2001.

ARTUN, J.; KROGSTAD, O. Periodontal status of mandibular incisors following excessive proclination. A study in adults with surgically treated mandibular prognathism. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 91, n. 3, p. 225-232, Mar 1987.

ATIK, E.; TANER, T. Stability comparison of two different dentoalveolar expansion treatment protocols. **Dental Press Journal of Orthodontics**, 22, n. 5, p. 75-82, 2017-10-01 2017.

BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; CAMERON, C. G.; MCNAMARA, J. A. Treatment timing for rapid maxillary expansion. **Angle Orthod**, 71, n. 5, p. 343-350, Oct 2001.

BAHAMMAM, M.; EL-BIALY, T. Comparison of alveolar bone thickness and height after slow expansion using quad-helix or clear aligners. **Saudi Dent J**, 35, n. 3, p. 255-262, Mar 2023.

BAILEY, L. J.; WHITE, R. P.; PROFFIT, W. R.; TURVEY, T. A. Segmental LeFort I osteotomy for management of transverse maxillary deficiency. **J Oral Maxillofac Surg**, 55, n. 7, p. 728-731, Jul 1997.

BALLANTI, F.; LIONE, R.; FANUCCI, E.; FRANCHI, L. *et al.* Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. **Angle Orthod**, 79, n. 1, p. 24-29, Jan 2009.

BALLANTI, F.; LIONE, R.; VIARANI, S.; FANUCCI, E. *et al.* Post-retention effects of rapid maxillary expansion on nasal cavity and on periodontal structures. **Oral Implantol (Rome)**, 1, n. 3-4, p. 95-103, Oct 2008.

BARATIERI, C.; ALVES, M.; BOLOGNESE, A. M.; NOJIMA, M. C. *et al.* Changes in skeletal and dental relationship in Class II Division I malocclusion after rapid maxillary expansion: a prospective study. **Dental Press J Orthod**, 19, n. 3, p. 75-81, 2014 May-Jun 2014.

BARBER, A. F.; SIMS, M. R. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: a scanning electron microscope study. **Am J Orthod**, 79, n. 6, p. 630-652, Jun 1981.

BASCIFTCI, F. A.; AKIN, M.; ILERI, Z.; BAYRAM, S. Long-term stability of dentoalveolar, skeletal, and soft tissue changes after non-extraction treatment with a

self-ligating system. **The Korean Journal of Orthodontics**, 44, n. 3, p. 119, 2014-01-01 2014.

BASTOS, R. T. D. R.; BLAGITZ, M. N.; ARAGÓN, M. L. S. C.; MAIA, L. C. *et al.* Periodontal side effects of rapid and slow maxillary expansion: **Angle Orthod**, 89, n. 4, p. 651-660, 07 2019.

BAYAT, S.; TALAEIPOUR, A. R.; SARLATI, F. Detection of simulated periodontal defects using cone-beam CT and digital intraoral radiography. **Dentomaxillofac Radiol**, 45, n. 6, p. 20160030, Jul 2016.

BAYSAL, A.; KARADEDE, I.; HEKIMOGLU, S.; UCAR, F. *et al.* Evaluation of root resorption following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. **Angle Orthod**, 82, n. 3, p. 488-494, May 2012.

BAYSAL, A.; UYSAL, T.; VELI, I.; OZER, T. *et al.* Evaluation of alveolar bone loss following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. **Korean J Orthod**, 43, n. 2, p. 83-95, Apr 2013.

BAZARGANI, F.; MAGNUSON, A.; LUDWIG, B. Effects on nasal airflow and resistance using two different RME appliances: a randomized controlled trial. **Eur J Orthod**, Oct 21 2017.

BELL, R. A. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. **Am J Orthod**, 81, n. 1, p. 32-37, Jan 1982.

BELL, R. A.; LECOMPTE, E. J. The effects of maxillary expansion using a quad-helix appliance during the deciduous and mixed dentitions. **Am J Orthod**, 79, n. 2, p. 152-161, Feb 1981.

BERCHIALLA, P.; BALDI, I.; NOTARO, V.; BARONE-MONFRIN, S. *et al.* Flexibility of Bayesian generalized linear mixed models for oral health research. **Statistics in Medicine**, 28, n. 28, p. 3509-3522, 2009-12-10 2009.

BIGLIAZZI, R.; MAGALHÃES, A. D. O. S.; MAGALHÃES, P. E.; BERTOZ, A. P. D. M. *et al.* Cone-beam computed tomography evaluation of bone density of midpalatal suture before, after, and during retention of rapid maxillary expansion in growing patients. **Journal of the World Federation of Orthodontists**, 6, n. 1, p. 15-19, 2017-03-01 2017.

BISHARA, S. E.; STALEY, R. N. Maxillary expansion: clinical implications. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 91, n. 1, p. 3-14, Jan 1987.

BITTL, J. A.; HE, Y. Bayesian Analysis: A Practical Approach to Interpret Clinical Trials and Create Clinical Practice Guidelines. **Circ Cardiovasc Qual Outcomes**, 10, n. 8, Aug 2017.

BOYSEN, B.; LA COUR, K.; ATHANASIOU, A. E.; GJESSING, P. E. Three-dimensional evaluation of dentoskeletal changes after posterior cross-bite correction by quad-helix or removable appliances. **Br J Orthod**, 19, n. 2, p. 97-107, May 1992.

BRATU, D. C.; BRATU, E. A.; POPA, G.; LUCA, M. *et al.* Skeletal and dentoalveolar changes in the maxillary bone morphology using two-arm maxillary expander. **Rom J Morphol Embryol**, 53, n. 1, p. 35-40, 2012.

BRUNETTO, M. **Estudo comparativo dos efeitos dentários e periodontais imediatos entre expansão maxilar rápida e lenta por meio de tomografia computadorizada de cone-beam**. Orientador: RIBEIRO, G. L. U. 2012. (Dissertação (mestrado)) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRUNETTO, M.; ANDRIANI, J. A. S.; RIBEIRO, G. L.; LOCKS, A. *et al.* Three-dimensional assessment of buccal alveolar bone after rapid and slow maxillary expansion: a clinical trial study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 143, n. 5, p. 633-644, May 2013.

BÜRKNER, P.-C. brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan. **Journal of Statistical Software**, 80, n. 1, p. 1 - 28, 08/29 2017.

CANAN, S.; SENISIK, N. E. Comparison of the treatment effects of different rapid maxillary expansion devices on the maxilla and the mandible. Part 1: Evaluation of dentoalveolar changes. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 151, n. 6, p. 1125-1138, Jun 2017.

CANTARELLA, D.; DOMINGUEZ-MOMPELL, R.; MALLYA, S. M.; MOSCHIK, C. *et al.* Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. **Prog Orthod**, 18, n. 1, p. 34, Nov 1 2017.

CAPPS, C. J.; CAMPBELL, P. M.; BENSON, B.; BUSCHANG, P. H. Can posterior teeth of patients be translated buccally, and does bone form on the buccal surface in response? **Angle Orthod**, 86, n. 4, p. 527-534, Jul 2016.

CAPRIOGLIO, A.; FASTUCA, R.; ZECCA, P. A.; BERETTA, M. *et al.* Cellular Midpalatal Suture Changes after Rapid Maxillary Expansion in Growing Subjects: A Case Report. **Int J Mol Sci**, 18, n. 3, Mar 11 2017.

CARDINAL, L.; DA ROSA ZIMERMANN, G.; MENDES, F. M.; ANDRADE, I., JR. *et al.* Dehiscence and buccal bone thickness after rapid maxillary expansion in young patients with unilateral cleft lip and palate. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 162, n. 1, p. 16-23, Jul 2022.

CARLSON, C.; SUNG, J.; MCCOMB, R. W.; MACHADO, A. W. *et al.* Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 149, n. 5, p. 716-728, May 2016.

CARPENTER, B.; GELMAN, A.; HOFFMAN, M. D.; LEE, D. *et al.* Stan: A Probabilistic Programming Language. **Journal of Statistical Software**, 76, n. 1, p. 1 - 32, 01/11 2017.

CELENK-KOCA, T.; ERDINC, A. E.; HAZAR, S.; HARRIS, L. *et al.* Evaluation of miniscrew-supported rapid maxillary expansion in adolescents: A prospective randomized clinical trial. **Angle Orthod**, 88, n. 6, p. 702-709, Nov 2018.

CHACONAS, S. J.; CAPUTO, A. A. Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. **American Journal of Orthodontics**, 82, n. 6, p. 492-501, 1982-12-01 1982.

CHACONAS, S. J.; DE ALBA Y LEVY, J. A. Orthopedic and orthodontic applications of the quad-helix appliance. **Am J Orthod**, 72, n. 4, p. 422-428, Oct 1977.

CHUN, J. H.; DE CASTRO, A. C. R.; OH, S.; KIM, K. H. *et al.* Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. **BMC Oral Health**, 22, n. 1, p. 114, Apr 08 2022.

COCHRAN, D. L.; WOZNEY, J. M. Biological mediators for periodontal regeneration. **Periodontology** 2000, 19, n. 1, p. 40-58, 1999-02-01 1999.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2 ed. ed. Lawrence Erlbaum Associates, 2013-05-13 1988.

COHEN, J.; COHEN, P.; WEST, S. G.; AIKEN, L. S. **Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences** . <h1 _ngcontent-vex-c149="" class="m-t-0" style="box-sizing: border-box; font-family: sans-serif; margin-right: 0px; margin-bottom: 0px; margin-left: 0px; font-size: 36px; font-weight: 500; line-height: 16px; color: rgb(44, 114, 183); padding: 10px 0px 0px; margin-top: 0px !important;"> 3rd ed ed. 2003.

COOK, V. C.; TIMOCK, A. M.; CROWE, J. J.; WANG, M. *et al.* Accuracy of alveolar bone measurements from cone beam computed tomography acquired using varying settings. **Orthod Craniofac Res**, 18 Suppl 1, p. 127-136, Apr 2015.

COPELLO, F. M.; MARAÑÓN-VÁSQUEZ, G. A.; BRUNETTO, D. P.; CALDAS, L. D. *et al.* Is the buccal alveolar bone less affected by mini-implant assisted rapid palatal expansion than by conventional rapid palatal expansion?—A systematic review and meta-analysis. **Orthodontics & Craniofacial Research**, 23, n. 3, p. 237-249, 2020-08-01 2020.

CORBRIDGE, J. K.; CAMPBELL, P. M.; TAYLOR, R.; CEEN, R. F. *et al.* Transverse dentoalveolar changes after slow maxillary expansion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 140, n. 3, p. 317-325, Sep 2011.

COTTON, L. A. Slow maxillary expansion: skeletal versus dental response to low magnitude force in *Macaca mulatta*. **Am J Orthod**, 73, n. 1, p. 1-23, Jan 1978.

COZZANI, M.; ROSA, M.; COZZANI, P.; SICILIANI, G. Deciduous dentition-anchored rapid maxillary expansion in crossbite and non-crossbite mixed dentition patients: reaction of the permanent first molar. **Prog Orthod**, 4, p. 15-22, 2003.

DA SILVA FILHO, O. G.; MONTES, L. A.; TORELLY, L. F. Rapid maxillary expansion in the deciduous and mixed dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 107, n. 3, p. 268-275, Mar 1995.

DARENDELILER, M. A.; STRAHM, C.; JOHO, J. P. Light maxillary expansion forces with the magnetic expansion device. A preliminary investigation. **The European Journal of Orthodontics**, 16, n. 6, p. 479-490, 1994-12-01 1994.

DAVIDOVITCH, M.; EFSTATHIOU, S.; SARNE, O.; VARDIMON, A. D. Skeletal and dental response to rapid maxillary expansion with 2- versus 4-band appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 127, n. 4, p. 483-492, Apr 2005.

DE ALMEIDA, A. M.; OZAWA, T. O.; ALVES, A. C. D. M.; JANSON, G. *et al.* Slow versus rapid maxillary expansion in bilateral cleft lip and palate: a CBCT randomized clinical trial. **Clinical Oral Investigations**, 21, n. 5, p. 1789-1799, 2017-06-01 2017.

DE ALMEIDA, A. M.; OZAWA, T. O.; ALVES, A. C. M.; JANSON, G. *et al.* Slow versus rapid maxillary expansion in bilateral cleft lip and palate: a CBCT randomized clinical trial. **Clin Oral Investig**, 21, n. 5, p. 1789-1799, Jun 2017.

DE MORAES, A. M.; QUINAUD, R. T.; FERREIRA, G. O. C.; LIMA, A. B. *et al.* Age-, sex-, and maturity-associated variation in the phase angle after adjusting for size in adolescents. **Front Nutr**, 9, p. 939714, 2022.

DIGREGORIO, M. V.; FASTUCA, R.; ZECCA, P. A.; CAPRIOGLIO, A. *et al.* Buccal bone plate thickness after rapid maxillary expansion in mixed and permanent dentitions. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 155, n. 2, p. 198-206, Feb 2019.

DOMANN, C. E.; KAU, C. H.; ENGLISH, J. D.; XIA, J. J. *et al.* Cone beam computed tomography analysis of dentoalveolar changes immediately after maxillary expansion. **Orthodontics (Chic.)**, 12, n. 3, p. 202-209, 2011.

ECHCHADI, M. E.; BENCHIKH, B.; BELLAMINE, M.; KIM, S. H. Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion: A novel approach with a 3-year follow-up. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 148, n. 1, p. 138-153, Jul 2015.

ENGELKING, G.; ZACHRISSON, B. U. Effects of incisor repositioning on monkey periodontium after expansion through the cortical plate. **Am J Orthod**, 82, n. 1, p. 23-32, Jul 1982.

ESENLİK, E.; RÜBENDÜZ, M. An evaluation of the dentoskeletal effects of slow maxillary expansion from the mixed to the permanent dentition. **Aust Orthod J**, 31, n. 1, p. 2-13, May 2015.

EVANGELISTA, K.; VASCONCELOS, K. D. F.; BUMANN, A.; HIRSCH, E. *et al.* Dehiscence and fenestration in patients with Class I and Class II Division 1 malocclusion assessed with cone-beam computed tomography. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 138, n. 2, p. 133.e131-133.e137, 2010/08/01/ 2010.

FARNSWORTH, D.; ROSSOUW, P. E.; CEEN, R. F.; BUSCHANG, P. H. Cortical bone thickness at common miniscrew implant placement sites. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 139, n. 4, p. 495-503, Apr 2011.

FARRONATO, G.; GIANNINI, L.; GALBIATI, G.; MASPERO, C. Comparison of the dental and skeletal effects of two different rapid palatal expansion appliances for the correction of the maxillary asymmetric transverse discrepancies. **Minerva Stomatol**, 61, n. 3, p. 45-55, Mar 2012.

FARRONATO, G.; MASPERO, C.; ESPOSITO, L.; BRIGUGLIO, E. *et al.* Rapid maxillary expansion in growing patients. Hyrax versus transverse sagittal maxillary expander: a cephalometric investigation. **Eur J Orthod**, 33, n. 2, p. 185-189, Apr 2011.

FASTUCA, R.; LORUSSO, P.; LAGRAVÈRE, M. O.; MICHELOTTI, A. *et al.* Digital evaluation of nasal changes induced by rapid maxillary expansion with different anchorage and appliance design. **BMC Oral Health**, 17, n. 1, p. 113, Jul 2017.

FASTUCA, R.; LORUSSO, P.; LAGRAVÈRE, M. O.; MICHELOTTI, A. *et al.* Digital evaluation of nasal changes induced by rapid maxillary expansion with different anchorage and appliance design. **BMC Oral Health**, 17, n. 1, p. 113, Jul 14 2017.

FASTUCA, R.; MENEGHEL, M.; ZECCA, P. A.; MANGANO, F. *et al.* Multimodal airway evaluation in growing patients after rapid maxillary expansion. **Eur J Paediatr Dent**, 16, n. 2, p. 129-134, Jun 2015.

FASTUCA, R.; MICHELOTTI, A.; NUCERA, R.; D'ANTÒ, V. *et al.* Midpalatal Suture Density Evaluation after Rapid and Slow Maxillary Expansion with a Low-Dose CT Protocol: A Retrospective Study. **Medicina**, 56, n. 3, p. 112, 2020-03-05 2020.

FERRIS, T.; ALEXANDER, R. G.; BOLEY, J.; BUSCHANG, P. H. Long-term stability of combined rapid palatal expansion-lip bumper therapy followed by full fixed appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 128, n. 3, p. 310-325, Sep 2005.

FLEMING, P. S.; LEE, R. T.; MCDONALD, T.; PANDIS, N. *et al.* The timing of significant arch dimensional changes with fixed orthodontic appliances: data from a multicenter randomised controlled trial. **J Dent**, 42, n. 1, p. 1-6, Jan 2014.

FLORIANO, G. **Avaliação das alterações dentárias imediatas à expansão maxilar com o aparelho quadrihélice por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico**. 2013. 157 f. (Master) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia., Universidade Federal de Santa Catarina, <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/122950>.

FRANCHI, L.; BACCETTI, T.; LIONE, R.; FANUCCI, E. *et al.* Modifications of midpalatal sutural density induced by rapid maxillary expansion: A low-dose computed-tomography evaluation. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 137, n. 4, p. 486-488; discussion 412A-413A, Apr 2010.

FRANK, S. W.; ENGEL, G. A. The effects of maxillary quad-helix appliance expansion on cephalometric measurements in growing orthodontic patients. **Am J Orthod**, 81, n. 5, p. 378-389, May 1982.

FREDERIKSEN, N. L. Diagnostic imaging in dental implantology. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 80, n. 5, p. 540-554, Nov 1995.

FUHRMANN, R. A.; BÜCKER, A.; DIEDRICH, P. R. Assessment of alveolar bone loss with high resolution computed tomography. **J Periodontal Res**, 30, n. 4, p. 258-263, Jul 1995.

FUHRMANN, R. A.; WEHRBEIN, H.; LANGEN, H. J.; DIEDRICH, P. R. Assessment of the dentate alveolar process with high resolution computed tomography. **Dentomaxillofac Radiol**, 24, n. 1, p. 50-54, Feb 1995.

FURTADO, Á.; FURTADO, G. C.; EL HAJE, O.; ROSÁRIO, H. D. *et al.* Soft-tissue cone-beam computed tomography (ST-CBCT) technique for the analysis of skeletal, dental and periodontal effects of orthopedic rapid maxillary expansion. **J Clin Exp Dent**, 10, n. 9, p. e883-e890, Sep 2018.

GABRY, J.; SIMPSON, D.; VEHTARI, A.; BETANCOURT, M. *et al.* Visualization in Bayesian Workflow. **Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society**, 182, n. 2, p. 389-402, 2019.

GANDEDKAR, N. H.; LIOU, E. J.-W. The immediate effect of alternate rapid maxillary expansions and constrictions on the alveolus: a retrospective cone beam computed tomography study. **Progress in Orthodontics**, 19, n. 1, 2018-12-01 2018.

GARIB, D. G.; HENRIQUES, J. F.; JANSON, G.; DE FREITAS, M. R. *et al.* Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 129, n. 6, p. 749-758, Jun 2006.

GARIB, D. G.; HENRIQUES, J. F.; JANSON, G.; FREITAS, M. R. *et al.* Rapid maxillary expansion--tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. **Angle Orthod**, 75, n. 4, p. 548-557, Jul 2005.

GARIB, D. G.; MENEZES, M. H.; SILVA FILHO, O. G.; SANTOS, P. B. Immediate periodontal bone plate changes induced by rapid maxillary expansion in the early mixed dentition: CT findings. **Dental Press J Orthod**, 19, n. 3, p. 36-43, 2014 May-Jun 2014.

GARIB, D. G.; MENEZES, M. H. O.; SILVA FILHO, O. G. D.; SANTOS, P. B. D. D. Immediate periodontal bone plate changes induced by rapid maxillary expansion in the early mixed dentition: CT findings. **Dental Press Journal of Orthodontics**, 19, n. 3, p. 36-43, 2014-06-01 2014.

GARIB, D. G.; YATABE, M. S.; OZAWA, T. O.; SILVA FILHO, O. G. D. Morfologia alveolar sob a perspectiva da tomografia computadorizada: definindo os limites

biológicos para a movimentação dentária. **Dental Press Journal of Orthodontics**, 15, n. 5, p. 192-205, 2010-10-01 2010.

GARRETT, B. J.; CARUSO, J. M.; RUNGCHARASSAENG, K.; FARRAGE, J. R. *et al.* Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 134, n. 1, p. 8-9, Jul 2008.

GAUTHIER, C.; VOYER, R.; PAQUETTE, M.; ROMPRÉ, P. *et al.* Periodontal effects of surgically assisted rapid palatal expansion evaluated clinically and with cone-beam computerized tomography: 6-month preliminary results. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 139, n. 4 Suppl, p. S117-128, Apr 2011.

GELMAN, A., CARLIN, J.B., STERN, H.S., DUNSON, D.B., VEHTARI, A., & RUBIN, D.B. **Bayesian Data Analysis (3rd ed.)**. Chapman and Hall/CRC, 2013. 9780429113079.

GELMAN, A.; HILL, J. **Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. (Analytical Methods for Social Research. 9780521867061.

GERAMY, A.; SHAHROUDI, A. S. Fixed versus Removable Appliance for Palatal Expansion; A 3D Analysis Using the Finite Element Method. **J Dent (Tehran)**, 11, n. 1, p. 75-84, Jan 2014.

GHONEIMA, A.; ABDEL-FATTAH, E.; ERASO, F.; FARDO, D. *et al.* Skeletal and dental changes after rapid maxillary expansion: a computed tomography study. **Aust Orthod J**, 26, n. 2, p. 141-148, Nov 2010.

GIUCA, M. R.; PASINI, M.; TECCO, S.; MARCHETTI, E. *et al.* Skeletal maturation in obese patients. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 142, n. 6, p. 774-779, Dec 2012.

GIUDICE, A. L.; SPINUZZA, P.; RUSTICO, L.; MESSINA, G. *et al.* Short-term treatment effects produced by rapid maxillary expansion evaluated with computed tomography: A systematic review with meta-analysis. **Korean J Orthod**, 50, n. 5, p. 314-323, Sep 25 2020.

GOLDENBERG, D. C.; ALONSO, N.; GOLDENBERG, F. C.; GEBRIN, E. S. *et al.* Using computed tomography to evaluate maxillary changes after surgically assisted rapid palatal expansion. **J Craniofac Surg**, 18, n. 2, p. 302-311, Mar 2007.

GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U. The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues. **American Journal of Orthodontics**, 81, n. 1, p. 12-21, 1982/01/01/ 1982.

GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U. The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues. **Am J Orthod**, 81, n. 1, p. 12-21, Jan 1982.

GUEST, S. S.; MCNAMARA, J. A.; BACCETTI, T.; FRANCHI, L. Improving Class II malocclusion as a side-effect of rapid maxillary expansion: a prospective clinical study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 138, n. 5, p. 582-591, Nov 2010.

GUNYUZ TOKLU, M.; GERMEC-CAKAN, D.; TOZLU, M. Periodontal, dentoalveolar, and skeletal effects of tooth-borne and tooth-bone-borne expansion appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 148, n. 1, p. 97-109, Jul 2015.

HAAS, A. J. Rapid Expansion Of The Maxillary Dental Arch And Nasal Cavity By Opening The Midpalatal Suture. 31, n. 2, p. 73-90, 1961.

HAAS, A. J. The Treatment Of Maxillary Deficiency By Opening The Midpalatal Suture. 35, n. 3, 1965.

HAAS, A. J. THE TREATMENT OF MAXILLARY DEFICIENCY BY OPENING THE MIDPALATAL SUTURE. **Angle Orthod**, 35, p. 200-217, Jul 1965.

HAAS, A. J. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. **Am J Orthod**, 57, n. 3, p. 219-255, Mar 1970.

HAAS, A. J. Rapid palatal expansion: A recommended prerequisite to Class III treatment. **Trans Eur Orthod Soc**, p. 311-318, 1973.

HAAS, A. J. Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion. **Angle Orthod**, 50, n. 3, p. 189-217, Jul 1980.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate Data Analysis**. 7th ed. ed. Prentice Hall, 2010.

HEASMAN, P. A.; HOLLIDAY, R.; BRYANT, A.; PRESNAW, P. M. Evidence for the occurrence of gingival recession and non-carious cervical lesions as a consequence of traumatic toothbrushing. **Journal of Clinical Periodontology**, 42, p. S237-S255, 2015-04-01 2015.

HENRY, R. J. Slow maxillary expansion: a review of quad-helix therapy during the transitional dentition. **ASDC J Dent Child**, 60, n. 4, p. 408-413, 1993 Nov-Dec 1993.

HEROLD, J. S. Maxillary expansion: a retrospective study of three methods of expansion and their long-term sequelae. **Br J Orthod**, 16, n. 3, p. 195-200, Aug 1989.

HICKS, E. P. Slow maxillary expansion. A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force. **Am J Orthod**, 73, n. 2, p. 121-141, Feb 1978.

HOUNSFIELD, G. N. Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. **Br J Radiol**, 46, n. 552, p. 1016-1022, Dec 1973.

HUYNH, T.; KENNEDY, D. B.; JOONDEPH, D. R.; BOLLEN, A. M. Treatment response and stability of slow maxillary expansion using Haas, hyrax, and quad-helix appliances: a retrospective study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 136, n. 3, p. 331-339, Sep 2009.

ISAACSON, R. J.; INGRAM, A. H. Forces Produced By Rapid Maxillary Expansion: II. Forces Present During Treatment. **The Angle Orthodontist**, 34, n. 4, p. 261-270, 1964.

IŞERI, H.; OZSOY, S. Semirapid maxillary expansion--a study of long-term transverse effects in older adolescents and adults. **Angle Orthod**, 74, n. 1, p. 71-78, Feb 2004.

JACOB, H. B.; RIBEIRO, G. L. U.; ENGLISH, J. D.; PEREIRA, J. D. S. *et al.* A 3-D evaluation of transverse dentoalveolar changes and maxillary first molar root length after rapid or slow maxillary expansion in children. **Dental Press J Orthod**, 24, n. 3, p. 79-87, Aug 01 2019.

JANSON, G.; BOMBONATTI, R.; BRANDÃO, A. G.; HENRIQUES, J. F. *et al.* Comparative radiographic evaluation of the alveolar bone crest after orthodontic treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 124, n. 2, p. 157-164, Aug 2003.

JENSEN, T.; JOHANNESSEN, L. H.; RODRIGO-DOMINGO, M. Periodontal changes after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). **Oral Maxillofac Surg**, 19, n. 4, p. 381-386, Dec 2015.

KARTALIAN, A.; GOHL, E.; ADAMIAN, M.; ENCISO, R. Cone-beam computerized tomography evaluation of the maxillary dentoskeletal complex after rapid palatal expansion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 138, n. 4, p. 486-492, Oct 2010.

KAY, M. **Tidy Data and 'Geoms' for Bayesian Models**. Versão 3.0.4. 2023.

KAYALAR, E.; SCHAUSEIL, M.; KUVAT, S. V.; EMEKLI, U. *et al.* Comparison of tooth-borne and hybrid devices in surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical cone-beam computed tomography study. **Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery**, 44, n. 3, p. 285-293, 2016/03/01/ 2016.

KELTER, R. Bayesian and frequentist testing for differences between two groups with parametric and nonparametric two-sample tests. **WIREs Computational Statistics**, 13, n. 6, 2021-11-01 2021.

KOUDSTAAL, M. J.; POORT, L. J.; VAN DER WAL, K. G.; WOLVIUS, E. B. *et al.* Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature. **Int J Oral Maxillofac Surg**, 34, n. 7, p. 709-714, Oct 2005.

KRAUS, C. D.; CAMPBELL, P. M.; SPEARS, R.; TAYLOR, R. W. *et al.* Bony adaptation after expansion with light-to-moderate continuous forces. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 145, n. 5, p. 655-666, 2014/05/01/ 2014.

KRUSCHKE, J. K. Bayesian estimation supersedes the t test. **J Exp Psychol Gen**, 142, n. 2, p. 573-603, May 2013.

KRÜSI, M.; ELIADES, T.; PAPAGEORGIOU, S. N. Are there benefits from using bone-borne maxillary expansion instead of tooth-borne maxillary expansion? A systematic review with meta-analysis. **Prog Orthod**, 20, n. 1, p. 9, Feb 25 2019.

LAGRAVERE, M. O.; HEO, G.; MAJOR, P. W.; FLORES-MIR, C. Meta-analysis of immediate changes with rapid maxillary expansion treatment. **J Am Dent Assoc**, 137, n. 1, p. 44-53, Jan 2006.

LAGRAVERE, M. O.; MAJOR, P. W.; FLORES-MIR, C. Dental and skeletal changes following surgically assisted rapid maxillary expansion. **Int J Oral Maxillofac Surg**, 35, n. 6, p. 481-487, Jun 2006.

LAGRAVERE, M. O.; CAREY, J.; HEO, G.; TOOGOOD, R. W. *et al.* Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 137, n. 3, p. 304.e301-312; discussion 304-305, Mar 2010.

LANGFORD, S. R.; SIMS, M. R. Root surface resorption, repair, and periodontal attachment following rapid maxillary expansion in man. **Am J Orthod**, 81, n. 2, p. 108-115, Feb 1982.

LANTERI, V.; CAVAGNETTO, D.; ABATE, A.; MAINARDI, E. *et al.* Buccal Bone Changes Around First Permanent Molars and Second Primary Molars after Maxillary Expansion with a Low Compliance Ni-Ti Leaf Spring Expander. **Int J Environ Res Public Health**, 17, n. 23, 12 06 2020.

LANTERI, V.; CAVAGNETTO, D.; ABATE, A.; MAINARDI, E. *et al.* Buccal Bone Changes Around First Permanent Molars and Second Primary Molars after Maxillary Expansion with a Low Compliance Ni-Ti Leaf Spring Expander. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17, n. 23, p. 9104, 2020-12-06 2020.

LANTERI, V.; COSSELLU, G.; GIANOLIO, A.; BERETTA, M. *et al.* Comparison between RME, SME and Leaf Expander in growing patients: a retrospective postero-anterior cephalometric study. **Eur J Paediatr Dent**, 19, n. 3, p. 199-204, Sep 2018.

LANTERI, V.; GIANOLIO, A.; GUALANDI, G.; BERETTA, M. Maxillary tridimensional changes after slow expansion with leaf expander in a sample of growing patients: a pilot study. **Eur J Paediatr Dent**, 19, n. 1, p. 29-34, Mar 2018.

LEE, K. J.; PARK, Y. C.; PARK, J. Y.; HWANG, W. S. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 137, n. 6, p. 830-839, Jun 2010.

LEMOES RINALDI, M. R.; AZEREDO, F.; MARTINELLI DE LIMA, E.; DEON RIZZATTO, S. M. *et al.* Cone-beam computed tomography evaluation of bone plate and root length after maxillary expansion using tooth-borne and tooth-tissue-borne banded expanders. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 154, n. 4, p. 504-516, Oct 2018.

LEONARDI, R.; SICUREZZA, E.; CUTRERA, A.; BARBATO, E. Early post-treatment changes of circumaxillary sutures in young patients treated with rapid maxillary expansion. **Angle Orthod**, 81, n. 1, p. 36-41, Jan 2011.

LEUNG, C. C.; PALOMO, L.; GRIFFITH, R.; HANS, M. G. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 137, n. 4 Suppl, p. S109-119, Apr 2010.

LEUNG, W. C. Balancing statistical and clinical significance in evaluating treatment effects. **Postgrad Med J**, 77, n. 905, p. 201-204, Mar 2001.

LIMA FILHO, R. M.; RUELLAS, A. C. Long-term anteroposterior and vertical maxillary changes in skeletal class II patients treated with slow and rapid maxillary expansion. **Angle Orthod**, 77, n. 5, p. 870-874, Sep 2007.

LIN, L.; AHN, H. W.; KIM, S. J.; MOON, S. C. *et al.* Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. **Angle Orthod**, 85, n. 2, p. 253-262, Mar 2015.

LINES, P. A. Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. **Am J Orthod**, 67, n. 1, p. 44-56, Jan 1975.

LIONE, R.; FRANCHI, L.; COZZA, P. Does rapid maxillary expansion induce adverse effects in growing subjects? **Angle Orthod**, 83, n. 1, p. 172-182, Jan 2013.

LO GIUDICE, A.; BARBATO, E.; COSENTINO, L.; FERRARO, C. M. *et al.* Alveolar bone changes after rapid maxillary expansion with tooth-born appliances: a systematic review. **Eur J Orthod**, 40, n. 3, p. 296-303, May 25 2018.

LO GIUDICE, A.; FASTUCA, R.; PORTELLI, M.; MILITI, A. *et al.* Effects of rapid vs slow maxillary expansion on nasal cavity dimensions in growing subjects: a methodological and reproducibility study. **Eur J Paediatr Dent**, 18, n. 4, p. 299-304, Dec 2017.

LUEBBERT, J.; GHONEIMA, A.; LAGRAVÈRE, M. O. Skeletal and dental effects of rapid maxillary expansion assessed through three-dimensional imaging: A multicenter study. **Int Orthod**, 14, n. 1, p. 15-31, Mar 2016.

LUIZ ULEMA RIBEIRO, G.; JACOB, H. B.; BRUNETTO, M.; DA SILVA PEREIRA, J. *et al.* A preliminary 3-D comparison of rapid and slow maxillary expansion in children: A randomized clinical trial. **Int J Paediatr Dent**, 30, n. 3, p. 349-359, May 2020.

MARTINA, R.; CIOFFI, I.; FARELLA, M.; LEONE, P. *et al.* Transverse changes determined by rapid and slow maxillary expansion--a low-dose CT-based randomized controlled trial. **Orthod Craniofac Res**, 15, n. 3, p. 159-168, Aug 2012.

MASPERO, C.; ABATE, A.; BELLINCIONI, F.; CAVAGNETTO, D. *et al.* Comparison of a tridimensional cephalometric analysis performed on 3T-MRI compared with CBCT: a pilot study in adults. **Prog Orthod**, 20, n. 1, p. 40, Oct 21 2019.

MASPERO, C.; ABATE, A.; CAVAGNETTO, D.; EL MORSI, M. *et al.* Available Technologies, Applications and Benefits of Teleorthodontics. A Literature Review and Possible Applications during the COVID-19 Pandemic. **J Clin Med**, 9, n. 6, Jun 17 2020.

MASPERO, C.; FAMA, A.; CAVAGNETTO, D.; ABATE, A. *et al.* Treatment of dental dilacerations. **J Biol Regul Homeost Agents**, 33, n. 5, p. 1623-1627, 2019 September-October, 2019.

MASPERO, C.; FARRONATO, M.; BELLINCIONI, F.; ANNIBALE, A. *et al.* Three-Dimensional Evaluation of Maxillary Sinus Changes in Growing Subjects: A Retrospective Cross-Sectional Study. **Materials (Basel)**, 13, n. 4, Feb 24 2020.

MASPERO, C.; FARRONATO, M.; BELLINCIONI, F.; CAVAGNETTO, D. *et al.* Assessing mandibular body changes in growing subjects: a comparison of CBCT and reconstructed lateral cephalogram measurements. **Sci Rep**, 10, n. 1, p. 11722, 07 16 2020.

MCELREATH, R. **Statistical Rethinking : A Bayesian Course with Examples in R and Stan**. Chapman and Hall/CRC, 2016. 9781315372495.

MCELREATH, R. **Statistical Rethinking : A Bayesian Course with Examples in R and STAN**. 2nd Edition ed. Chapman and Hall/CRC, 2020. 612 p. 9780429029608.

MCELREATH, R.; KOSTER, J. Using Multilevel Models to Estimate Variation in Foraging Returns. **Human Nature**, 25, n. 1, p. 100-120, 2014/03/01 2014.

MCNAMARA, J. A. Maxillary transverse deficiency. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 117, n. 5, p. 567-570, May 2000.

MCNAMARA, J. A.; BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; HERBERGER, T. A. Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions. **Angle Orthod**, 73, n. 4, p. 344-353, Aug 2003.

MCNAMARA, J. A.; LIONE, R.; FRANCHI, L.; ANGELIERI, F. *et al.* The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health. **Progress in Orthodontics**, 16, n. 1, 2015-12-01 2015.

MELSEN, B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. **Angle Orthod**, 69, n. 2, p. 151-158, Apr 1999.

MENGERSEN, K. L.; DROVANDI, C. C.; ROBERT, C. P.; PYNE, D. B. *et al.* Bayesian Estimation of Small Effects in Exercise and Sports Science. **PLoS One**, 11, n. 4, p. e0147311, 2016.

MISCH, K. A.; YI, E. S.; SARMENT, D. P. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. **J Periodontol**, 77, n. 7, p. 1261-1266, Jul 2006.

MOLEN, A. D. Considerations in the use of cone-beam computed tomography for buccal bone measurements. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 137, n. 4 Suppl, p. S130-135, Apr 2010.

MOSLEH, M. I.; KADDAH, M. A.; ABD ELSAYED, F. A.; ELSAYED, H. S. Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 148, n. 4, p. 599-607, Oct 2015.

MOSSAZ-JOËLSON, K.; MOSSAZ, C. F. Slow maxillary expansion: a comparison between banded and bonded appliances. **European Journal of Orthodontics**, 11, n. 1, p. 67-76, 1989-02-01 1989.

MOUSSA, R.; O'REILLY, M. T.; CLOSE, J. M. Long-term stability of rapid palatal expander treatment and edgewise mechanotherapy. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 108, n. 5, p. 478-488, Nov 1995.

MUMMOLO, S.; MARCHETTI, E.; ALBANI, F.; CAMPANELLA, V. *et al.* Comparison between rapid and slow palatal expansion: evaluation of selected periodontal indices. **Head Face Med**, 10, p. 30, Aug 2014.

NAVEDA, R.; DOS SANTOS, A. M.; MIRANDA, F.; DA CUNHA BASTOS, J. C. *et al.* Immediate dentoskeletal and periodontal effects of miniscrew-assisted rapid palatal expansion: Comparison between young vs middle-aged adults. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, Apr 9 2023.

NORTHWAY, W. M.; MEADE, J. B. Surgically assisted rapid maxillary expansion: a comparison of technique, response, and stability. **Angle Orthod**, 67, n. 4, p. 309-320, 1997.

ODENRICK, L.; KARLANDER, E. L.; PIERCE, A.; KRETSCHMAR, U. Surface resorption following two forms of rapid maxillary expansion. **Eur J Orthod**, 13, n. 4, p. 264-270, Aug 1991.

OZEL, N.; AKSOY, A.; KIRZIOGLU, F. Y.; DOGUC, D. K. *et al.* Evaluation of interleukin-1 β level and oxidative status in gingival crevicular fluid during rapid maxillary expansion. **Arch Oral Biol**, 90, p. 74-79, Jun 2018.

PANDIS, N. The P value problem. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 143, n. 1, p. 150-151, 2013/01/01/ 2013.

PANGRAZIO-KULBERSH, V.; JEZDIMIR, B.; DE DEUS HAUGHEY, M.; KULBERSH, R. *et al.* CBCT assessment of alveolar buccal bone level after RME. **Angle Orthod**, 83, n. 1, p. 110-116, Jan 2013.

PARKS, E. T. Computed tomography applications for dentistry. **Dent Clin North Am**, 44, n. 2, p. 371-394, Apr 2000.

PEREIRA, J. D. S.; JACOB, H. B.; LOCKS, A.; BRUNETTO, M. *et al.* Evaluation of the rapid and slow maxillary expansion using cone-beam computed tomography: a

randomized clinical trial. **Dental Press J Orthod**, 22, n. 2, p. 61-68, 2017 Mar-Apr 2017.

PERINETTI, G.; D'APUZZO, F.; CONTARDO, L.; PRIMOZIC, J. *et al.* Gingival crevicular fluid alkaline phosphate activity during the retention phase of maxillary expansion in prepubertal subjects: A split-mouth longitudinal study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 148, n. 1, p. 90-96, Jul 2015.

PERSSON, M.; THILANDER, B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. **Am J Orthod**, 72, n. 1, p. 42-52, Jul 1977.

PETRIE, A.; BULMAN, J. S.; OSBORN, J. F. Further statistics in dentistry Part 9: Bayesian statistics. **British Dental Journal**, 194, n. 3, p. 129-134, 2003/02/01 2003.

PHAM, V.; LAGRAVÈRE, M. O. Alveolar bone level changes in maxillary expansion treatments assessed through CBCT. **Int Orthod**, 15, n. 1, p. 103-113, Mar 2017.

PINHEIRO, F. H.; GARIB, D. G.; JANSON, G.; BOMBONATTI, R. *et al.* Longitudinal stability of rapid and slow maxillary expansion. **Dental Press J Orthod**, 19, n. 6, p. 70-77, 2014 Nov-Dec 2014.

PITARU, S.; MCCULLOCH, C. A.; NARAYANAN, S. A. Cellular origins and differentiation control mechanisms during periodontal development and wound healing. **J Periodontal Res**, 29, n. 2, p. 81-94, Mar 1994.

PODESSER, B.; WILLIAMS, S.; CRISMANI, A. G.; BANTLEON, H. P. Evaluation of the effects of rapid maxillary expansion in growing children using computer tomography scanning: a pilot study. **Eur J Orthod**, 29, n. 1, p. 37-44, Feb 2007.

PRIYADARSHINI, J.; MAHESH, C. M.; CHANDRASHEKAR, B. S.; SUNDARA, A. *et al.* Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion-a finite element method study. **Prog Orthod**, 18, n. 1, p. 17, Dec 2017.

PROFFIT, W.; FIELDS, H.; LARSON, B.; SARVER, D. M. **Contemporary Orthodontics**. 6th Edition ed. Elsevier, 2018. 744 p. 9780323543880.

RABAH, N.; AL-IBRAHIM, H. M.; HAJEER, M. Y.; AJAJ, M. A. Evaluation of rapid versus slow maxillary expansion in early adolescent patients with skeletal maxillary constriction using cone-beam computed tomography: A short-term follow-up randomized controlled trial. **Dental and Medical Problems**, 59, n. 4, p. 583-591, 2022-09-15 2022.

ROMANO, F. L.; SVERZUT, C. E.; TRIVELLATO, A. E.; SARAIVA, M. C. P. *et al.* Effect of vomer position following surgically assisted rapid palatal expansion. **Oral and Maxillofacial Surgery**, 26, n. 1, p. 113-121, 2022-03-01 2022.

ROSA, M.; LUCCHI, P.; MANTI, G.; CAPRIOGLIO, A. Rapid Palatal Expansion in the absence of posterior cross-bite to intercept maxillary incisor crowding in the mixed dentition: a CBCT evaluation of spontaneous changes of untouched permanent molars. **Eur J Paediatr Dent**, 17, n. 4, p. 286-294, Dec 2016.

RUNGCHARASSAENG, K.; CARUSO, J. M.; KAN, J. Y.; KIM, J. *et al.* Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 132, n. 4, p. 428.e421-428, Oct 2007.

RUTILI, V.; MRAKIC, G.; NIERI, M.; FRANCESCHI, D. *et al.* Dento-skeletal effects produced by rapid versus slow maxillary expansion using fixed jackscrew expanders: a systematic review and meta-analysis. **Eur J Orthod**, 43, n. 3, p. 301-312, Jun 8 2021.

SANDIKÇIOĞLU, M.; HAZAR, S. Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 111, n. 3, p. 321-327, Mar 1997.

SANTANA, L. G.; MARQUES, L. S. Do adjunctive interventions in patients undergoing rapid maxillary expansion increase the treatment effectiveness? **Angle Orthod**, 91, n. 1, p. 119-128, Jan 1 2021.

SCHÖBER, P.; BOSSERS, S. M.; SCHWARTE, L. A. Statistical Significance Versus Clinical Importance of Observed Effect Sizes: What Do P Values and Confidence Intervals Really Represent? **Anesth Analg**, 126, n. 3, p. 1068-1072, Mar 2018.

SENDYK, M.; SENDYK, W. R.; PALLOS, D.; BOARO, L. C. C. *et al.* Periodontal clinical evaluation before and after surgically assisted rapid maxillary expansion. **Dental Press Journal of Orthodontics**, 23, n. 1, p. 79-86, 2018-01-01 2018.

SERAFIN, M.; FASTUCA, R.; CAPRIOGLIO, A. CBCT Analysis of Dento-Skeletal Changes after Rapid versus Slow Maxillary Expansion on Deciduous Teeth: A Randomized Clinical Trial. **Journal of Clinical Medicine**, 11, n. 16, p. 4887, 2022-08-20 2022.

SERNA-MENESES, C.; OCAMPO-PARRA, G.; ARANGO-SANTANDER, S.; GARCIA-GARCIA, C. *et al.* Translucency of a Dental Porcelain Mixed by Two Ceramic Slurry Methods: A Bayesian Comparison. **Int J Dent**, 2022, p. 6666931, 2022.

SILVA-COLL, J.; HERNÁNDEZ-ORSINI, R.; WANG, C. W. Corticotomy-assisted adult rapid maxillary arch expansion and ridge augmentation: An interdisciplinary case report with 7-year follow-up. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 156, n. 2, p. 266-274, Aug 2019.

SILVERSTEIN, K.; QUINN, P. D. Surgically-assisted rapid palatal expansion for management of transverse maxillary deficiency. **J Oral Maxillofac Surg**, 55, n. 7, p. 725-727, Jul 1997.

SRIMANEEKARN, N.; LEELACHAIKUL, P.; THIRADILOK, S.; MANOPATANAKUL, S. Agreement test of P value versus Bayes factor for sample means comparison: analysis of articles from the Angle Orthodontist journal. **BMC Med Res Methodol**, 23, n. 1, p. 43, Feb 16 2023.

STARNBACH, H.; BAYNE, D.; CLEALL, J.; SUBTELNY, J. D. Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. **Angle Orthod**, 36, n. 2, p. 152-164, Apr 1966.

STEINER, G. G.; PEARSON, J. K.; AINAMO, J. Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. **J Periodontol**, 52, n. 6, p. 314-320, Jun 1981.

STOREY, E. Tissue response to the movement of bones. **American Journal of Orthodontics**, 64, n. 3, p. 229-247, 1973/09/01/ 1973.

SUN, L.; ZHANG, L.; SHEN, G.; WANG, B. *et al.* Accuracy of cone-beam computed tomography in detecting alveolar bone dehiscences and fenestrations. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 147, n. 3, p. 313-323, 2015/03/01/ 2015.

SUN, Z.; SMITH, T.; KORTAM, S.; KIM, D. G. *et al.* Effect of bone thickness on alveolar bone-height measurements from cone-beam computed tomography images. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 139, n. 2, p. e117-127, Feb 2011.

SURI, L.; TANEJA, P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 133, n. 2, p. 290-302, Feb 2008.

SUZUKI, H.; MOON, W.; PREVIDENTE, L. H.; SUZUKI, S. S. *et al.* Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement. **Dental Press J Orthod**, 21, n. 4, p. 17-23, 2016 Jul-Aug 2016.

SWENNEN, G.; SCHLIEPHAKE, H.; DEMPFF, R.; SCHIERLE, H. *et al.* Craniofacial distraction osteogenesis: a review of the literature: Part 1: clinical studies. **Int J Oral Maxillofac Surg**, 30, n. 2, p. 89-103, Apr 2001.

TANG, Z.; MI, D.; WU, H.; FU, Y. *et al.* Changes in Matrix Metalloproteinase-8, Interleukin-6 and Tumor Necrosis Factor- α in Gingival Crevicular Fluid during Rapid Maxillary Expansion in Adolescent Patients. **Iran J Public Health**, 50, n. 10, p. 1944-1952, Oct 2021.

TEAM, R. C. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2023.

THILANDER, B.; NYMAN, S.; KARRING, T.; MAGNUSSON, I. Bone regeneration in alveolar bone dehiscences related to orthodontic tooth movements. **Eur J Orthod**, 5, n. 2, p. 105-114, May 1983.

TIMMS, D. J. A study of basal movement with rapid maxillary expansion. **Am J Orthod**, 77, n. 5, p. 500-507, May 1980.

TIMOCK, A. M.; COOK, V.; MCDONALD, T.; LEO, M. C. *et al.* Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 140, n. 5, p. 734-744, Nov 2011.

TÜRKER, G.; ÇOBAN, G.; BAYRAKTAR, A.; KURT, G. *et al.* Three-dimensional palatal morphology and upper arch changes following nonsurgical and surgical maxillary expansion in adults. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol**, 134, n. 4, p. 425-431, Oct 2022.

UGOLINI, A.; AGOSTINO, P.; SILVESTRINI-BIAVATI, A.; HARRISON, J. E. *et al.* Orthodontic treatment for posterior crossbites. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 12, 2021.

UGOLINI, A.; CERRUTO, C.; DI VECE, L.; GHISLANZONI, L. H. *et al.* Dental arch response to Haas-type rapid maxillary expansion anchored to deciduous vs permanent molars: A multicentric randomized controlled trial. **Angle Orthod**, 85, n. 4, p. 570-576, Jul 2015.

URBANIAK, J. A.; BRANTLEY, W. A.; PRUHS, R. J.; ZUSSMAN, R. L. *et al.* Effects of appliance size, arch wire diameter, and alloy composition on the in vitro force delivery of the quad-helix appliance. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 94, n. 4, p. 311-316, Oct 1988.

UTREJA, A.; BAIN, C.; TUREK, B.; HOLLAND, R. *et al.* Maxillary expansion in an animal model with light, continuous force. **Angle Orthod**, Jan 24 2018.

VAN VLIJMEN, O. J.; MAAL, T. J.; BERGÉ, S. J.; BRONKHORST, E. M. *et al.* A comparison between two-dimensional and three-dimensional cephalometry on frontal radiographs and on cone beam computed tomography scans of human skulls. **Eur J Oral Sci**, 117, n. 3, p. 300-305, Jun 2009.

VANARSDALL, R. L.; BLASI, I.; SECCHI, A. G. Periodontal–Orthodontic Interrelationships. *In: Orthodontics: Current principles and techniques*. 6 ed. St. Louis: Elsevier, 2017. cap. Chapter 22.

VANDENBERGHE, B.; JACOBS, R.; YANG, J. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. **Dentomaxillofac Radiol**, 37, n. 5, p. 252-260, Jul 2008.

VARDIMON, A. D.; GRABER, T. M.; VOSS, L. R.; LENKE, J. Determinants controlling iatrogenic external root resorption and repair during and after palatal expansion. **The Angle Orthodontist**, 61, n. 2, p. 113-122, 1991.

VIZZOTTO, M. B.; DE ARAÚJO, F. B.; DA SILVEIRA, H. E.; BOZA, A. A. *et al.* The quad-helix appliance in the primary dentition--orthodontic and orthopedic measurements. **J Clin Pediatr Dent**, 32, n. 2, p. 165-170, Winter 2008.

VON ELM, E.; ALTMAN, D. G.; EGGER, M.; POCOCK, S. J. *et al.* The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. **J Clin Epidemiol**, 61, n. 4, p. 344-349, Apr 2008.

WAINWRIGHT, W. M. Faciolingual tooth movement: its influence on the root and cortical plate. **Am J Orthod**, 64, n. 3, p. 278-302, Sep 1973.

WASSERSTEIN, R. L.; SCHIRM, A. L.; LAZAR, N. A. Moving to a World Beyond “ $p < 0.05$ ”. **The American Statistician**, 73, n. sup1, p. 1-19, 2019/03/29 2019.

WATSON, W. G. Expansion and fenestration or dehiscence. **Am J Orthod**, 77, n. 3, p. 330-332, Mar 1980.

WEHRBEIN, H.; FUHRMANN, R. A.; DIEDRICH, P. R. Periodontal conditions after facial root tipping and palatal root torque of incisors. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 106, n. 5, p. 455-462, Nov 1994.

WEHRBEIN, H.; FUHRMANN, R. A.; DIEDRICH, P. R. Human histologic tissue response after long-term orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 107, n. 4, p. 360-371, Apr 1995.

WEISSHEIMER, A.; DE MENEZES, L. M.; MEZOMO, M.; DIAS, D. M. *et al.* Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: a randomized clinical trial. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 140, n. 3, p. 366-376, Sep 2011.

WENNSTRÖM, J. L.; LINDHE, J.; SINCLAIR, F.; THILANDER, B. Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. **J Clin Periodontol**, 14, n. 3, p. 121-129, Mar 1987.

WERTZ, R. A. Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. **Am J Orthod**, 58, n. 1, p. 41-66, Jul 1970.

WESTCOTT, A. A Case of Irregularity. **The Dental Cosmos**, September, Vol. I, n. 2, p. 60-68, 1859.

WEYRICH, C.; NOSS, M.; LISSON, J. A. Comparison of a modified RME appliance with other appliances for transverse maxillary expansion. **J Orofac Orthop**, 71, n. 4, p. 265-272, Jul 2010.

WICKHAM, H. **Ggplot2 : elegant graphics for data analysis**. New York, NY: Springer Science+Business Media, LLC, 2016. xvi, 260 pages p. 9783319242750.

WILLIAMS, B. J.; CURRIMBOY, S.; SILVA, A.; O'RYAN, F. S. Complications following surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study. **J Oral Maxillofac Surg**, 70, n. 10, p. 2394-2402, Oct 2012.

WINSAUER, H.; VLACHOJANNIS, J.; WINSAUER, C.; LUDWIG, B. *et al.* A bone-borne appliance for rapid maxillary expansion. **J Clin Orthod**, 47, n. 6, p. 375-381; quiz 388, Jun 2013.

WOLLER, J. L.; KIM, K. B.; BEHRENTS, R. G.; BUSCHANG, P. H. An assessment of the maxilla after rapid maxillary expansion using cone beam computed tomography in growing children. **Dental Press J Orthod**, 19, n. 1, p. 26-35, 2014 Jan-Feb 2014.

WONG, C. A.; SINCLAIR, P. M.; KEIM, R. G.; KENNEDY, D. B. Arch dimension changes from successful slow maxillary expansion of unilateral posterior crossbite. **Angle Orthod**, 81, n. 4, p. 616-623, Jul 2011.

WOODS, M.; WIESENFELD, D.; PROBERT, T. Surgically-assisted maxillary expansion. **Australian Dental Journal**, 42, n. 1, p. 38-42, 1997-02-01 1997.

YILMAZ, A.; ARMAN-OZCIRPICI, A.; ERKEN, S.; POLAT-OZSOY, O. Comparison of short-term effects of mini-implant-supported maxillary expansion appliance with two conventional expansion protocols. **Eur J Orthod**, 37, n. 5, p. 556-564, Oct 2015.

ZEMANN, W.; SCHANBACHER, M.; FEICHTINGER, M.; LINECKER, A. *et al.* Dentoalveolar changes after surgically assisted maxillary expansion: a three-dimensional evaluation. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 107, n. 1, p. 36-42, Jan 2009.

ZIMRING, J. F.; ISAACSON, R. J. FORCES PRODUCED BY RAPID MAXILLARY EXPANSION. 3. FORCES PRESENT DURING RETENTION. **Angle Orthod**, 35, p. 178-186, Jul 1965.

ZIMRING, J. F.; ISAACSON, R. J. Forces Produced By Rapid Maxillary Expansion: III. Forces Present During Retention. **The Angle Orthodontist**, 35, n. 3, p. 178-186, 1965.

APÊNDICE A – ANÁLISE DE CONCORDÂNCIA INTRAEXAMINADOR

A fim de confirmar a reprodutibilidade das medidas e realizar a calibração do operador quinze tomografias foram selecionadas aleatoriamente e todos os pontos e medidas utilizadas foram realizados em dois tempos com intervalo de quinze dias, sob as mesmas condições. Para verificação da concordância intraexaminador foi aplicado a análise de concordância de *Bland-Altman* e o teste de correlação de *Pearson* e o teste T de *Student* pareado que confirmaram a confiabilidade.

O gráfico de *Bland-Altman* descreve a concordância entre duas avaliações ou métodos, considerando variáveis de natureza quantitativa. É um gráfico de dispersão entre as médias individuais das duas medidas e as diferenças individuais entre as medidas. A fim de complementar e confirmar a análise gráfica do teste de *Bland-Altman*, foi realizado o teste de correlação de *Pearson* e teste T de *Student*. O teste de correlação avalia a associação entre as medidas das duas avaliações e o teste T pareado testará a hipótese de a diferença entre as médias ser nula. Os resultados das análises são ilustrados nos gráficos e *outputs* abaixo.

a) Resultados teste do teste de *Bland-Altman*.

Cada gráfico analisa as duas medidas realizadas para cada variável estudada. Na análise gráfica observa-se o viés (linha central) e sua proximidade com zero e a distribuição e dispersão dos pontos (diferenças entre as medidas).

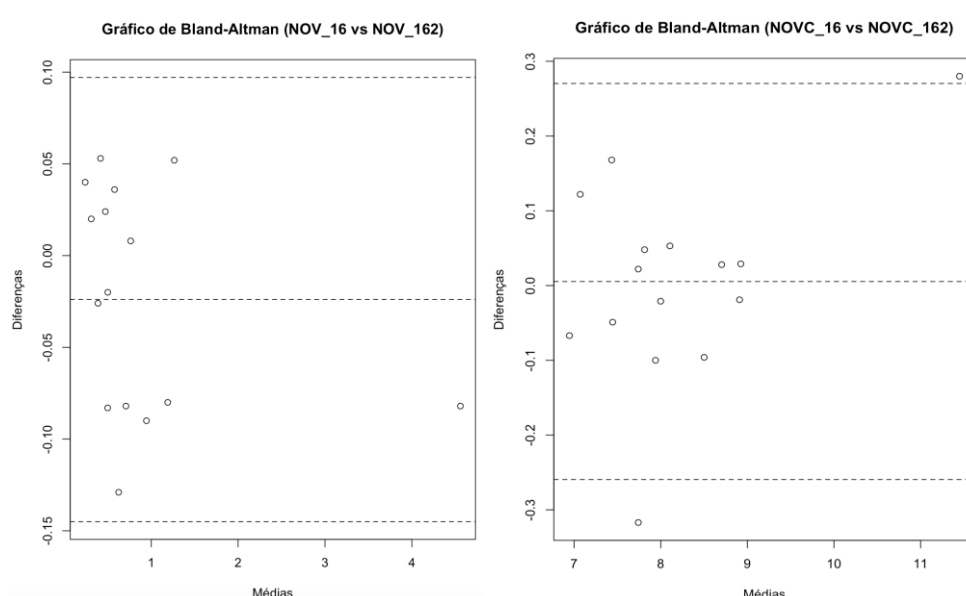


Gráfico de Bland-Altman (EAVMV_16 vs EAVMV_162)

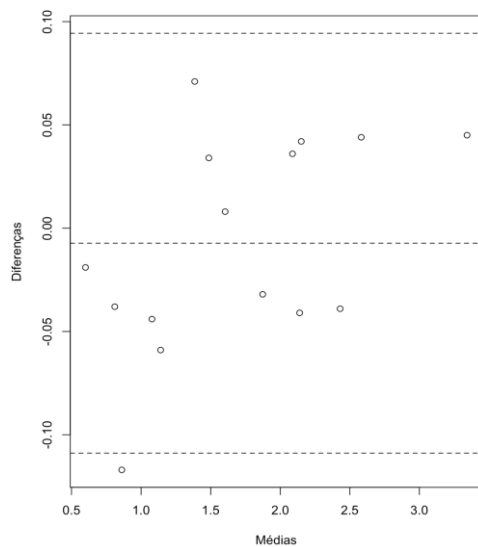


Gráfico de Bland-Altman (EAVDV_16 vs EAVDV_162)

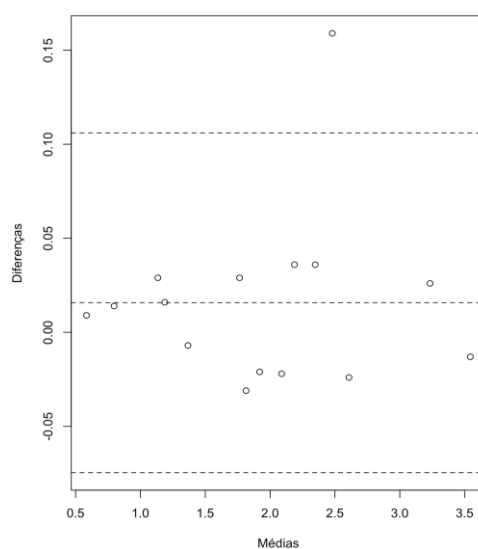


Gráfico de Bland-Altman (EAP_16 vs EAP_162)

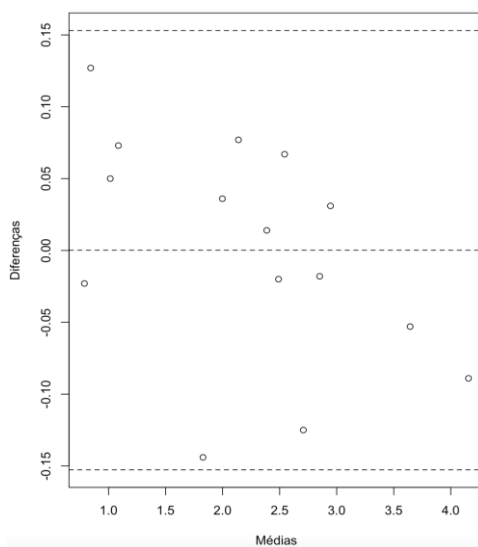


Gráfico de Bland-Altman (NOV_26 vs NOV_262)

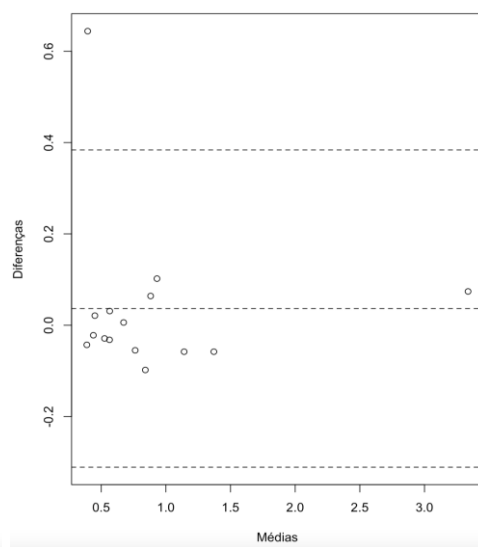


Gráfico de Bland-Altman (NOVC_26 vs NOVC_262)

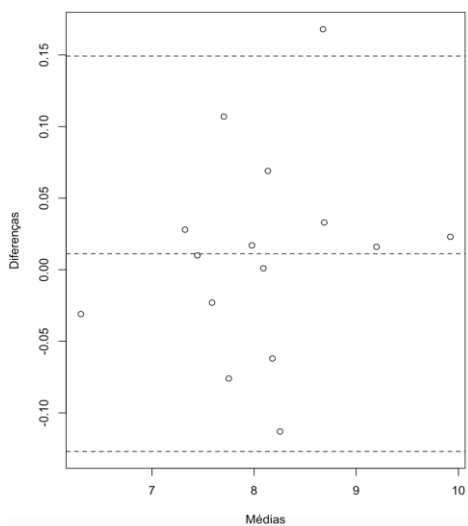


Gráfico de Bland-Altman (EAVMV_26 vs EAVMV_262)

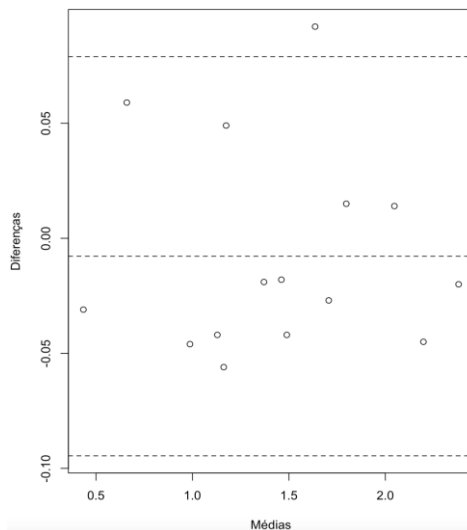


Gráfico de Bland-Altman (EAVDV_26 vs EAVDV_262)

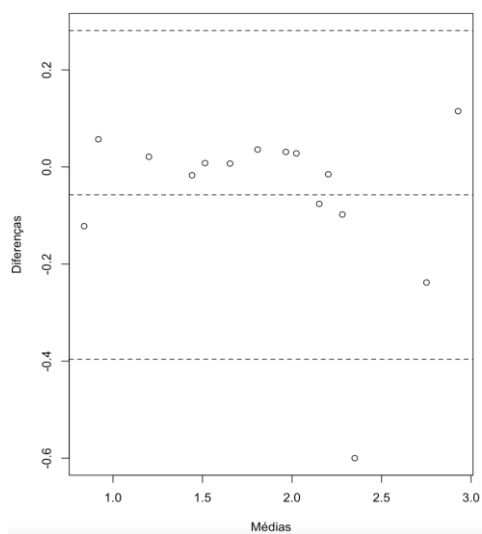


Gráfico de Bland-Altman (EAP_26 vs EAP_262)

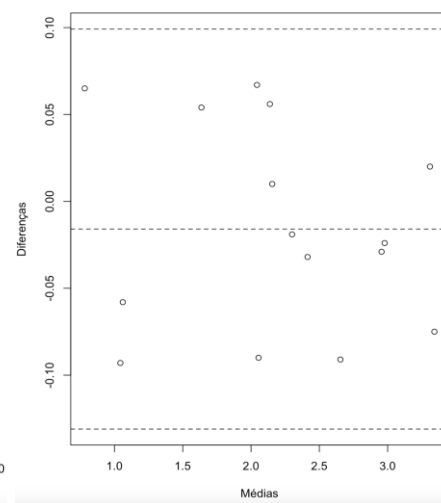


Gráfico de Bland-Altman (DR vs DR2)

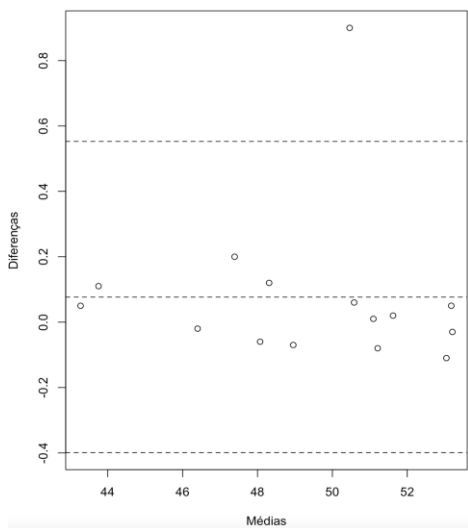
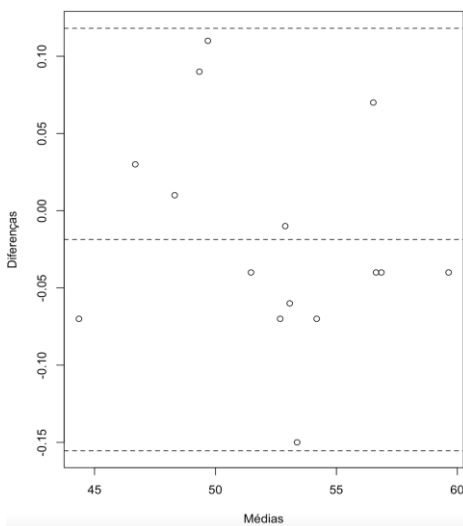
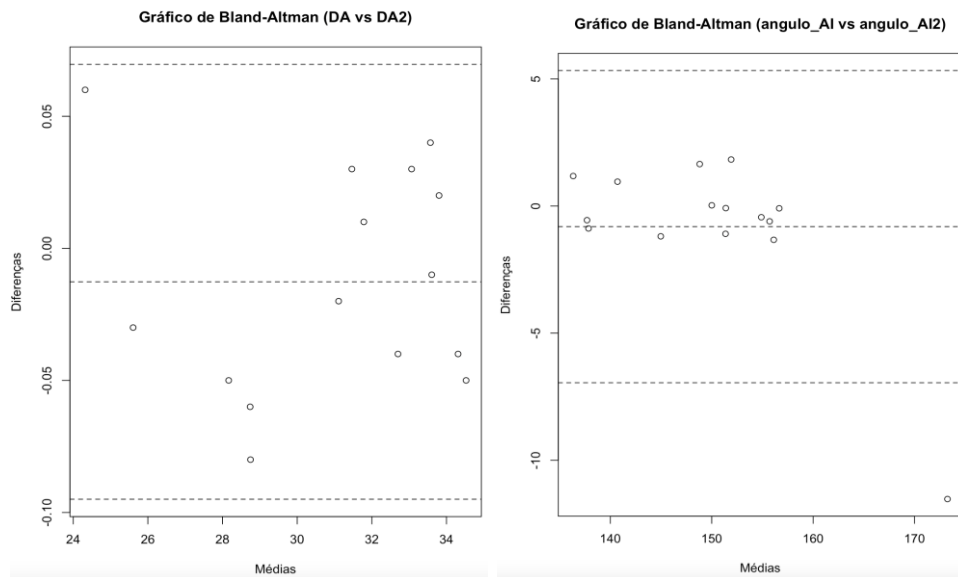


Gráfico de Bland-Altman (DC vs DC2)





b) Resultados teste de correlação de *Pearson* – complemento da análise gráfica.

Cada teste de correlação analisa a associação das duas medidas de cada variável estudada. Valores acima de 0,9 indicam correlação alta entre as medidas nos dois tempos.

Pearson's product-moment correlation

```
data: NOV_16 and NOV_162
t = 64.988, df = 13, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9952467 0.9995045
sample estimates:
      cor
0.9984645
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: NOVC_16 and NOVC_162
t = 32.192, df = 13, p-value = 8.782e-14
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9808593 0.9979918
sample estimates:
      cor
0.9937864
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: EAVMV_16 and EAVMV_162
t = 61.185, df = 13, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9946402 0.9994411
sample estimates:
      cor
0.9982682
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: EAVDV_16 and EAVDV_162
t = 66.167, df = 13, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.995414 0.999522
sample estimates:
      cor
0.9985186
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: NOV_26 and NOV_262
t = 14.796, df = 13, p-value = 1.634e-09
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9144064 0.9907415
sample estimates:
      cor
0.9715699
```

Pearson's product-moment correlation

data: NOVC_26 and NOVC_262
 t = 44.28, df = 13, p-value = 1.443e-15
 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
 95 percent confidence interval:
 0.9898072 0.9989349
 sample estimates:
 cor
 0.9967012

Pearson's product-moment correlation

data: EAVMV_26 and EAVMV_262
 t = 44.233, df = 13, p-value = 1.463e-15
 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
 95 percent confidence interval:
 0.9897858 0.9989326
 sample estimates:
 cor
 0.9966943

Pearson's product-moment correlation

data: EAVDV_26 and EAVDV_262
 t = 13.009, df = 13, p-value = 7.886e-09
 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
 95 percent confidence interval:
 0.8915081 0.9881381
 sample estimates:
 cor
 0.963674

Pearson's product-moment correlation

data: DR and DR2
 t = 47.158, df = 13, p-value = 6.393e-16
 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
 95 percent confidence interval:
 0.9910045 0.9990605
 sample estimates:
 cor
 0.9970899

Pearson's product-moment correlation

data: DA and DA2
 t = 275.98, df = 13, p-value < 2.2e-16
 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
 95 percent confidence interval:
 0.9997355 0.9999725
 sample estimates:
 cor
 0.9999147

Pearson's product-moment correlation

```
data: DC and DC2
t = 220.8, df = 13, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9995868 0.9999570
sample estimates:
      cor
0.9998667
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: angulo_AI and angulo_AI2
t = 14.631, df = 13, p-value = 1.877e-09
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.9125977 0.9905379
sample estimates:
      cor
0.9709508
```

c) Resultados teste t de *Student* pareado— complemento da análise gráfica.

O resultado do teste confirma ou rejeita a hipótese nula (H_0). Em todas as análises H_0 foi aceita ($p > 0,05$), ou seja, não existe diferença entre os dois momentos de medição para cada variável.

Paired t-test

```
data: NOV_16 and NOV_162
t = -1.5007, df = 14, p-value = 0.1556

data: NOVC_16 and NOVC_162
t = 0.15476, df = 14, p-value = 0.8792

data: NOVC_26 and NOVC_262
t = 0.61198, df = 14, p-value = 0.5504

data: NOV_26 and NOV_262
t = 0.79689, df = 14, p-value = 0.4388

data: EAVMV_16 and EAVMV_162
t = -0.54287, df = 14, p-value = 0.5958

data: EAVDV_16 and EAVDV_162
t = 1.3223, df = 14, p-value = 0.2073

data: EAP_16 and EAP_162
t = 0.0099309, df = 14, p-value = 0.9922
```

data: EAVMV_26 and EAVMV_262
 $t = -0.68243$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.5061$

data: EAVDV_26 and EAVDV_262
 $t = -1.2898$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.218$

data: EAVDV_26 and EAVDV_262
 $t = -1.2898$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.218$

data: EAP_26 and EAP_262
 $t = -1.0508$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.3111$

data: DR and DR2
 $t = 1.2226$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.2417$

data: DA and DA2
 $t = -1.1681$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.2623$

data: DC and DC2
 $t = -1.036$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.3178$

data: angulo_AI and angulo_AI2
 $t = -1.0015$, $df = 14$, $p\text{-value} = 0.3336$

APÊNDICE B – R SCRIPT DA MODELAGEM MULTINÍVEL E DE VALIDAÇÃO DOS MODELOS FINAIS.

```
#carregar pacotes
library(remotes)
#Detectar quantos cores/processadores
options(mc.cores = parallel::detectCores())
options(Ncpus = parallel::detectCores())
library(rstan)
library(brms)
library(lme4)
library(posterior)
library(ggplot2)
library(tidyr)
library(dplyr)
library(modelr)
library(broom)
library(ggdist)
library(haven)
library(tibble)
library(tidyverse)
library(tidybayes)
library(agricolae)
library(rethinking)
library(devtools)
library(mvtnorm)
library(loo)
library(coda)
install_github("rmcelreath/rethinking")
rm(list = ls())
library(ggplot2)
library(gridExtra)
library(lme4)
library(sjPlot)
library(dplyr)
library(magrittr)
library(purrr)
library(forcats)
library(modelr)
library(tidybayes)
library(ggstance)
library(ggbridges)
library(cowplot)
library(ggrepel)
library(RColorBrewer)
library(gifski)
library(av)
library(gganimate)
devtools::install_github("wmurphyrd/fiftystater")
library(fiftystater)
library(bayesplot)
library(metafor)
library(lme4)
library(foreign)
library(nlme)
library(gridExtra)
library(dplyr)
library(cmdstanr)
library(dagitty)
library(shape)
library(modelr)
library(ggstance)
library("knitr")
library(grid)
library("lattice")

#####

library(readxl)
medidas3tese2_estatistica <- read_excel("Documents/Doutorado/TESE 2/Estatistica Tese
2/medidas3tese2_estatistica.xlsx",
                                     col_types = c("text", "text", "text", "text", "numeric",
                                                    "text", "text", "date", "numeric",
                                                    "numeric", "numeric", "numeric",
                                                    "numeric", "numeric", "numeric",
                                                    "numeric", "numeric", "numeric",
                                                    "numeric", "numeric", "numeric",
                                                    "numeric"))

View(medidas3tese2_estatistica)

#####
#para chamar o banco de dados
str(medidas3tese2_estatistica)

#####
#padronizando as variáveis
medidas3tese2_estatistica<-medidas3tese2_estatistica%>%
  mutate(Tempo=factor(Tempo, levels=c("1","2"), ordered = T))%>%
  mutate(Grupo=factor(Grupo, levels=c("1","2","3")))%>%
  mutate(ID=factor(ID))%>%
```

```

mutate(DR.s=(DR-mean(DR, na.rm = T))/sd(DR, na.rm = T))%>%
mutate(NOV_26.s=(NOV_26 - mean(NOV_26, na.rm = T))/sd(NOV_26, na.rm = T))%>%
mutate(NOVC_26.s=(NOVC_26 - mean(NOVC_26, na.rm = T))/sd(NOVC_26, na.rm = T))%>%
mutate(EAVMV_16.s=(EAVMV_16 - mean(EAVMV_16, na.rm = T))/sd(EAVMV_16, na.rm = T))%>%
mutate(EAVMV_26.s=(EAVMV_26 - mean(EAVMV_26, na.rm = T))/sd(EAVMV_26, na.rm = T))%>%
mutate(EAVDV_16.s=(EAVDV_16 - mean(EAVDV_16, na.rm = T))/sd(EAVDV_16, na.rm = T))%>%
mutate(EAVDV_26.s=(EAVDV_26 - mean(EAVDV_26, na.rm = T))/sd(EAVDV_26, na.rm = T))%>%
mutate(EAP_16.s=(EAP_16 - mean(EAP_16, na.rm = T))/sd(EAP_16, na.rm = T))%>%
mutate(EAP_26.s=(EAP_26 - mean(EAP_26, na.rm = T))/sd(EAP_26, na.rm = T))%>%
mutate(DC.s=(DC - mean(DC, na.rm = T))/sd(DC, na.rm = T))%>%
mutate(angulo_AI.s=(angulo_AI - mean(angulo_AI, na.rm = T))/sd(angulo_AI, na.rm = T))%>%
mutate(DA.s=(DA - mean(DA, na.rm = T))/sd(DA, na.rm = T))%>%
mutate(NOVC_16.s=(NOVC_16 - mean(NOVC_16, na.rm = T))/sd(NOVC_16, na.rm = T))%>%
mutate(NOV_16.s=(NOV_16 - mean(NOV_16, na.rm = T))/sd(NOV_16, na.rm = T))

#####

#####

library(readxl)
medidas3tese2_estatisticaduplas <- read_excel("Documents/Doutorado/TESE 2/Estatistica Tese
2/medidas3tese2_estatisticaduplas.xlsx",
col_types = c("text", "text", "text",
               "text", "text", "date", "numeric",
               "numeric", "numeric", "numeric",
               "numeric"))

View(medidas3tese2_estatisticaduplas)
#####
#para chamar o banco de dados
str(medidas3tese2_estatisticaduplas)

#####
#para chamar o banco de dados
str(medidas3tese2_estatisticaduplas)

#####
#padronizando as variáveis
medidas3tese2_estatisticaduplas<-medidas3tese2_estatisticaduplas%>%
  mutate(Tempo=factor(Tempo, levels=c("1","2"), ordered = T))%>%
  mutate(Grupo=factor(Grupo, levels=c("1","2","3"))%>%
  mutate(ID=factor(ID))%>%
  mutate(NOV.s=(NOV - mean(NOV, na.rm = T))/sd(NOV, na.rm = T))%>%
  mutate(NOVC.s=(NOVC - mean(NOVC, na.rm = T))/sd(NOVC, na.rm = T))%>%
  mutate(EAVMV.s=(EAVMV - mean(EAVMV, na.rm = T))/sd(EAVMV, na.rm = T))%>%
  mutate(EAVDV.s=(EAVDV - mean(EAVDV, na.rm = T))/sd(EAVDV, na.rm = T))%>%
  mutate(EAP.s=(EAP - mean(EAP, na.rm = T))/sd(EAP, na.rm = T))

#####

#####

library(readxl)
medidas3tese2_estatisticaEAV <- read_excel("Documents/Doutorado/TESE 2/Estatistica Tese
2/medidas3tese2_estatisticaEAV.xlsx",
col_types = c("text", "text", "text",
               "text", "text", "date", "numeric"))

View(medidas3tese2_estatisticaEAV)
#####
#para chamar o banco de dados
str(medidas3tese2_estatisticaEAV)

#####
#para chamar o banco de dados
str(medidas3tese2_estatisticaEAV)

#####
#padronizando as variáveis
medidas3tese2_estatisticaEAV<-medidas3tese2_estatisticaEAV%>%
  mutate(Tempo=factor(Tempo, levels=c("1","2"), ordered = T))%>%
  mutate(Grupo=factor(Grupo, levels=c("1","2","3"))%>%
  mutate(ID=factor(ID))%>%
  mutate(EAV.s=(EAV - mean(EAV, na.rm = T))/sd(EAV, na.rm = T))

#####

F1 <- brm(DR.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estatistica<- medidas3tese2_estatistica,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

F1
conditional_effects(F1)

```

```

pp_check(F1, ndraws = 100)
plot(F1)
check_hmc_diagnostics(F1$fit)

F12 <- brm(DC.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadistica<- medidas3tese2_estadistica,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

F12
conditional_effects(F12)

pp_check(F12, ndraws = 100)
plot(F12)
check_hmc_diagnostics(F12$fit)

F13 <- brm(angulo_AI.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadistica<- medidas3tese2_estadistica,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

F13
conditional_effects(F13)

pp_check(F13, ndraws = 100)
plot(F13)
check_hmc_diagnostics(F13$fit)

F14 <- brm(DA.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadistica<- medidas3tese2_estadistica,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

F14
conditional_effects(F14)

pp_check(F14, ndraws = 100)
plot(F14)
check_hmc_diagnostics(F14$fit)

O1 <- brm(DR ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadistica<- medidas3tese2_estadistica,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

O1
conditional_effects(O1)

pp_check(O1, ndraws = 100)
plot(O1)
check_hmc_diagnostics(O1$fit)

O12 <- brm(DC ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadistica<- medidas3tese2_estadistica,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(O12)
O12

pp_check(O12, ndraws = 100)
plot(O12)
check_hmc_diagnostics(O12$fit)

O13 <- brm(angulo_AI ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadistica<- medidas3tese2_estadistica,
  family = gaussian,

```

```

      prior = c(
        set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
        set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
      control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
      chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(O13)
O13

pp_check(O13, ndraws = 100)
plot(O13)
check_hmc_diagnostics(O13$fit)

O14 <- brm(DA ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadistica<- medidas3tese2_estadistica,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(O14)
O14

pp_check(O14, ndraws = 100)
plot(O14)
check_hmc_diagnostics(O14$fit)

D1 <- brm(NOV.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaduplas<- medidas3tese2_estadisticaduplas,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

D1
conditional_effects(D1)

pp_check(D1, ndraws = 100)
plot(D1)
check_hmc_diagnostics(D1$fit)

D2 <- brm(NOV ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaduplas<- medidas3tese2_estadisticaduplas,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(D2)
D2

pp_check(D2, ndraws = 100)
plot(D2)
check_hmc_diagnostics(D2$fit)

D3 <- brm(NOVC ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaduplas<- medidas3tese2_estadisticaduplas,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(D3)
D3

pp_check(D3, ndraws = 100)
plot(D3)
check_hmc_diagnostics(D3$fit)

D4 <- brm(NOVC.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaduplas<- medidas3tese2_estadisticaduplas,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(D4)
D4

```

```

pp_check(D4, ndraws = 100)
plot(D4)
check_hmc_diagnostics(D4$fit)

D9 <- brm(EAP ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaduplas<- medidas3tese2_estadisticaduplas,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(D9)
D9

pp_check(D9, ndraws = 100)
plot(D9)
check_hmc_diagnostics(D9$fit)

D10 <- brm(EAP.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaduplas<- medidas3tese2_estadisticaduplas,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(D10)
D10

pp_check(D10, ndraws = 100)
plot(D10)
check_hmc_diagnostics(D10$fit)

MEAV <- brm(EAV ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaEAV<- medidas3tese2_estadisticaEAV,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(MEAV)
MEAV

pp_check(MEAV, ndraws = 100)
plot(MEAV)
check_hmc_diagnostics(MEAV$fit)

MEAV2 <- brm(EAV.s ~ Tempo*Grupo + (1|ID),
  data=medidas3tese2_estadisticaEAV<- medidas3tese2_estadisticaEAV,
  family = gaussian,
  prior = c(
    set_prior("normal(0, 2)", class = "b"),
    set_prior("exponential(1)", class = "sd")),
  control = list(adapt_delta=.99, max_treedepth = 15),
  chains = 4, iter = 4000, warmup = 2000, cores = 4)

conditional_effects(MEAV2)
MEAV2

pp_check(MEAV2, ndraws = 100)
plot(MEAV2)
check_hmc_diagnostics(MEAV2$fit)

```

APÊNDICE C – R *SCRIPT* DAS ANÁLISES *POST-HOC* PARA OS MODELOS FINAIS

```

install.packages("emmeans")
library(emmeans)

emm <- emmeans(D1, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(D1, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(D4, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(D4, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(MEAV2, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(MEAV2, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(D10, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(D10, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F1, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F1, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F12, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F12, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F14, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F14, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F13, specs = pairwise ~ Grupo | Tempo)
pairs(emm)
emm <- emmeans(F13, specs = pairwise ~ Tempo | Grupo)
pairs(emm)

```

ANEXO A – CHECKLIST STROBE STATEMENT

STROBE Statement—checklist of items that should be included in reports of observational studies

	Item No	Recommendation
Title and abstract	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
Introduction		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
Methods		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) <i>Cohort study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up <i>Case-control study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls <i>Cross-sectional study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants (b) <i>Cohort study</i> —For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed <i>Case-control study</i> —For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) <i>Cohort study</i> —If applicable, explain how loss to follow-up was addressed <i>Case-control study</i> —If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed <i>Cross-sectional study</i> —If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses

Continued on next page

Results		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest (c) <i>Cohort study</i>—Summarise follow-up time (eg, average and total amount)
Outcome data	15*	<i>Cohort study</i>—Report numbers of outcome events or summary measures over time <i>Case-control study</i>—Report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure <i>Cross-sectional study</i>—Report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
Discussion		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
Other information		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based