



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Camila de Sousa Dardengo


**Comparação tridimensional dos efeitos dentários de duas
mecânicas para fechamento de espaço: estudo preliminar**

Rio de Janeiro

2013

Camila de Sousa Dardengo

**Comparação tridimensional dos efeitos dentários de duas
mecânicas para fechamento de espaço: estudo preliminar**



Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Odontologia da Universidade
do Estado do Rio de Janeiro como requisito
parcial para a conclusão do curso de
Mestrado em Odontologia (área de
concentração: Ortodontia).

Orientadores: Prof^a. Dr^a. Flavia Raposo Gebara Artese
Prof. Dr. Felipe de Assis Ribeiro Carvalho

Rio de Janeiro

2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

D216 Dardengo, Camila de Sousa.
Comparação tridimensional dos efeitos dentários de duas mecânicas para fechamento de espaço: estudo preliminar / Camila de Sousa Dardengo. – 2013
74 f.

Orientadores: Flavia Raposo Gebara Artese, Felipe de Assis Ribeiro Carvalho.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia.

1. Procedimentos de ancoragem ortodôntica. 2. Dentes - Extração. 3. Tomografia. 4. Fechamento de Espaço Ortodôntico. I. Artese, Flavia Raposo Gebara. II. Carvalho, Felipe de Assis Ribeiro. III.

Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. IV.
Título.

CDU 616.314

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Camila de Sousa Dardengo

Comparação tridimensional dos efeitos dentários de duas mecânicas para fechamento de espaço: estudo preliminar

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro como requisito parcial para a conclusão do curso de Mestrado em Odontologia (área de concentração: Ortodontia).

Aprovada em 17 de dezembro de 2013.

Orientadores:

Prof^a. Dr^a. Flavia Raposo Gebara Artese
Faculdade de Odontologia – UERJ

Prof. Dr. Felipe de Assis Ribeiro Carvalho
Faculdade de Odontologia – UERJ

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jonas Capelli Júnior
Faculdade de Odontologia – UERJ

Prof. Dr. José Augusto Mendes Miguel
Faculdade de Odontologia – UERJ

Prof. Dr. Roberto Carlos Bodart Brandão
Faculdade de Odontologia – UFES

Rio de Janeiro

2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Ilzeth e Walter; à minha irmã, Sylvia; e ao meu amor, Gustavo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo privilégio de realizar mais este sonho. Sentir a Tua presença ao longo de toda essa caminhada me deu forças para seguir em frente.

Ao meu pai, minha mãe e minha irmã, fontes de amor e carinho incondicionais. Obrigada pela confiança e por nunca terem medido esforços para que esse dia chegasse. Vocês viveram a intensidade desses momentos da mesma maneira que eu vivi e nenhuma palavra poderia transmitir a minha gratidão. Amo vocês!

Ao Gustavo, pelo amor e pela compreensão. Que bom encontrar nos seus olhos a paz e a serenidade necessárias para me confortar e encorajar.

À minha querida Orientadora, Prof^a Flavia Artese, muito mais que preceptora, uma verdadeira Professora-Amiga. Obrigada pela dedicação a esse trabalho. Seu amor pelo que faz e o seu coração grandioso são os motivos da minha eterna admiração!

Ao amigo e Orientador, Felipe de Assis Carvalho Ribeiro. Sua genialidade é um estímulo ao meu aprendizado. Obrigada pela paciência e pelos ensinamentos.

Aos Professores do curso de Pós-graduação em Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ, Prof. Álvaro Francisco Carrielo Fernandes, Prof. Álvaro de Moraes Mendes, Prof^a. Cátia Abdo Quintão, Prof^a. Ione Helena Vieira Portella Brunharo, Prof. Jonas Capelli Jr., Prof. José Augusto Mendes Miguel, Prof. Marco Antônio de Oliveira Almeida, Prof^a. Maria Teresa de Andrade Goldner e Prof^a. Vera Lucia Cosendey Corte-Real, pelos quais eu tenho grande respeito e admiração. Meus sinceros agradecimentos pelos ensinamentos transmitidos desde a Especialização.

Aos colegas de Mestrado Daniela Notaroberto, Diego Jr. Santos, Nathália Palomares, Walter Rospigliosi e, em especial, ao amigo George Bueno pela companhia e pelos ouvidos ao longo desses dois anos.

Aos amigos da minha turma de especialização Juliana Mendes, Ticiania Marzano e Gustavo Zanardi pelo incentivo e pela amizade.

Aos “littles” Anne, Bento, Bianca, Fernanda, Júlio, Silvia, Karine, Livia, Adriana, Licia, Carol, Candice, Nathália, Bruna, Mariana, Soraya, Livia, Denise,

Luciana, Bárbara, Danilo, Ana Luiza, Aline, Cassiana, Milene, Ana Paula, Deise, Luciana, Mayara, Caroline, Rafaela e Mariana pelo convívio ao longo desses anos.

Aos demais amigos da UERJ, Alexandre Franco, Andressa Otranto, Cristiane Canavarro, Daniela Feu Rosa, David Normando, Flavio Carvalho, Fernanda Catharino, Klaus Barretto, Raquel Medeiros e Tatiana Lima por dividirem comigo momentos felizes durante o curso.

Às funcionárias do Departamento de Ortodontia da UERJ, Mônica Marques, Fernanda Galvão e Kátia Galvão pela agradável convivência.

Aos meus “padrinhos” da Odontologia Deise e Marco Masioli pelo apoio desde a graduação, pelo incentivo, e pelas oportunidades. Serei eternamente agradecida.

Aos professores da Graduação em Odontologia da UFES Christina Pacheco e Roberto Brandão que me introduziram à Ortodontia e me incentivaram a seguir em busca desse sonho.

Aos amigos Alice, Amanda Emmerich, Amanda Furtado, Diego, Gabriela, Ludmila, Nídia, Olival, Priscila, Prussia e Tati Borja.

A todos que participaram dessa vitória, meus sinceros agradecimentos.

O caminho que eu escolhi é o do amor. Não importam as dores, as angústias, nem as decepções que vou ter que encarar. Escolhi ser verdadeira. No meu caminho, o abraço é apertado, o aperto de mão é sincero. Por isso, não estranhe a minha maneira de sorrir e de te desejar tanto bem. Eu sou aquela pessoa que acredita no bem e que anseia o bem. É assim que eu enxergo a vida e é assim que eu acredito que vale a pena viver.

Clarice Lispector

RESUMO

DARDENGO, Camila de Sousa. *Comparação tridimensional dos efeitos dentários de duas mecânicas para fechamento de espaço: estudo preliminar*. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

As más oclusões de Classe I com biprotrusão dentária são caracterizadas pela projeção dos incisivos superiores e inferiores e podem ser corrigidas com extrações de primeiros pré-molares, permitindo reposicionar os incisivos, usando como ancoragem os dentes posteriores. Esse trabalho teve como objetivo comparar, por meio de superposição de modelos tridimensionais, a movimentação de molares e de incisivos com duas técnicas para fechamento de espaços. Foram selecionados, tomografados (T0) e distribuídos, aleatoriamente em dois grupos, seis pacientes com indicação de exodontia de quatro primeiros pré-molares. No grupo 1 (n=3) foi feito o fechamento dos espaços das extrações em uma única etapa (fechamento em massa) e no grupo 2 (n=3), em duas etapas (distalização de caninos seguida da retração de incisivos). Após o completo fechamento dos espaços foi solicitada nova tomografia (T1). Os modelos tridimensionais em T0 e T1 para os dois grupos foram superpostos para descrever e quantificar a movimentação ocorrida nos primeiros molares. A retração de incisivos foi avaliada de maneira bidimensional. Os molares superiores e inferiores do grupo 1 sofreram movimentação mesial de translação, enquanto os do grupo 2, apresentaram deslocamento de coroa maior do que de ápice radicular, demonstrando movimento de inclinação mesial de coroa. Ao se comparar o movimento mesial dos molares entre os dois grupos, observou-se que no grupo 1 houve maior movimentação mesial da raiz méso-vestibular dos molares superiores ($p=0,009$). No entanto, em ambos os grupos os molares superiores giraram sobre a raiz palatina. No arco inferior verificou-se maior movimento mesial de coroa para o grupo 2 ($p=0,015$). A análise da movimentação dos incisivos apresentou variações semelhantes para as medidas lineares e angulares dos incisivos superiores nos dois grupos. Já, para as medidas angulares dos incisivos inferiores, observou-se que o grupo 1 apresentou menor controle de torque. O tempo de tratamento de todos os pacientes da amostra foi superior a 30 meses, exceto um paciente que apresentou tempo de tratamento inferior a 24 meses. Pôde-se concluir que a perda de ancoragem ocorreu por movimento de translação no fechamento de espaços em massa, e por inclinação mesial no fechamento de espaços em duas etapas, para ambos os arcos. Parece haver maior movimentação mesial radicular nos molares superiores no fechamento em massa e maior movimento mesial de coroa dos molares inferiores para o fechamento em duas etapas. Sugere-se que não há diferença na retração dos incisivos superiores e maior retroinclinação dos incisivos inferiores no fechamento de espaços em duas etapas.

Palavras-chave: Procedimentos de ancoragem ortodôntica. Extração dentária. Tomografia.

ABSTRACT

DARDENGO, Camila de Sousa. *Three-dimensional comparison of dental effects of two mechanics for space closure: a preliminary study*. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Class I malocclusions with dental biprotrusion are characterized by the projection of upper and lower incisors and can be corrected with extractions of four first premolars, allowing incisor retraction using the posterior teeth as anchorage. The purpose of this research was to compare the movement of molars and incisors, by superimpositions of three-dimensional models, with two space closure techniques. Six patients with indication for four first premolar extractions were selected, tomographed (T0) and randomly assigned to two groups. For Group 1 (n=3) premolar extraction space closure was performed in one-stage (en masse retraction) and for group 2 (n=3) in two stages (canine retraction followed by incisor retraction). After complete space closure, a new tomograph was taken (T1). The three-dimensional models, in T0 and T1, for both groups were superimposed to describe and quantify first molar movement. Incisor retraction was evaluated in two dimensions. The upper and lower molars in group 1 presented bodily mesial movement, while those in group 2, presented greater crown than root movement, demonstrating mesial crown tipping. When the amount of mesial molar movement was compared between the two groups, a greater mesial root movement was observed for upper molars in group 1 ($p=0.009$). However, in both groups the upper molars rotated around the palatal root. In the lower arch, a greater mesial crown movement was observed in group 2 ($p=0.015$). Incisor movement analysis presented similar variations for linear and angular measurements for upper incisors in both groups. In contrast, the angular measurements for the lower incisors demonstrated more torque control in group 2. The treatment time for all patients in the sample was greater than 30 months, with the exception of one patient, who presented treatment time smaller than 24 months. In conclusion, anchorage loss occurred by bodily movement in en masse space closure and by mesial crown tipping in two-stage space closure, in both arches. In addition, there might be greater mesial root movement for upper molars in en masse space closure and greater mesial crown movement in two-stage space closure. It can also be suggested that there are no differences in upper incisor retraction and there is greater lower incisor uprighting in two-stage space closure.

Key words: Orthodontic anchorage procedures. Tooth extractions. Tomography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Superposição dos molares de T0 e T1, pela qual é possível visualizar a movimentação sofrida pelos primeiros molares.....	28
Figura 2 -	Tela do <i>software</i> CMF Application mostrando a mensuração da perda de ancoragem sofrida pelo dente 26, na região mais convexa da face mesial, na altura da crista marginal.....	29
Quadro 1 -	Lista dos critérios de inclusão e exclusão dos pacientes deste estudo.....	32
Figura 3 -	Fechamento do espaço da extração em uma única etapa (retração em massa).....	35
Figura 4 -	Primeira etapa do fechamento do espaço das extrações para o grupo 2.....	36
Figura 5 -	Segunda etapa do fechamento do espaço das extrações para o grupo 2.....	37
Figura 6 -	Segmentação da base do crânio (verde) e dos primeiros molares superiores e inferiores (vermelho).....	39
Figura 7 -	Segmentação da sínfise mandibular e dos primeiros molares superiores e inferiores.....	39
Figura 8 -	Superposição da segmentação da imagem tomográfica de T1 (colorido) sobre a imagem tomográfica de T0 (tons de cinza).....	40
Figura 9 -	Tela do <i>software</i> CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais dos momentos T0, na região da coroa.....	45
Figura 10 -	Tela do <i>software</i> CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais dos momentos T0, na região do ápice radicular.....	46
Figura 11 -	Tela do <i>software</i> CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais dos momentos T1, na região da coroa.....	47

Figura 12 - Tela do <i>software</i> CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais dos momentos T1, na região do ápice radicular.....	48
Tabela 1 - Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial (C) e de ápice radicular da raiz méso-vestibular (A) dos primeiros molares superiores do grupo 1.....	49
Tabela 2 - Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial (C) e de ápice radicular da raiz méso-vestibular (A) dos primeiros molares superiores do grupo 2.....	49
Figura 13 - Gráficos <i>boxplot</i> para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos primeiros molares superiores dos grupos 1 e 2.....	50
Figura 14 - Gráficos <i>boxplot</i> para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos primeiros molares superiores dos grupos 1 e 2.....	50
Figura 15 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 1, vista por vestibular.....	51
Figura 16 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 2, vista por vestibular.....	51
Figura 17 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 1, vista por mesial.....	52
Figura 18 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 2, vista por mesial.....	52
Tabela 3 - Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial (C) e de ápice radicular da raiz méso-vestibular (A) dos primeiros molares inferiores do grupo 1.....	53
Tabela 4 - Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial (C) e de ápice radicular da raiz méso-vestibular (A) dos primeiros molares inferiores do grupo 2.....	53
Figura 19 - Gráficos <i>boxplot</i> para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos molares inferiores dos grupos 1 e 2.....	53

Figura 20 - Gráficos <i>boxplot</i> para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos primeiros molares inferiores dos grupos 1 e 2.....	54
Figura 21 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 1, vista por vestibular.....	55
Figura 22 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 2, vista por vestibular.....	55
Figura 23 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 1, vista por mesial.....	55
Figura 24 - Mapas coloridos obtidos a partir do <i>software</i> CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 2, vista por vestibular.....	56
Tabela 5 - Medidas lineares e angulares do longo eixo dos incisivos superiores e inferiores em relação às linhas NA e NB, respectivamente.....	56
Tabela 6 - Tempo de fechamento dos espaços das extrações para cada um dos pacientes dos grupos 1 e 2.....	57
Figura 25 - Seleção de tela do <i>software</i> ITK – Snap.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BBO	Board Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Facial
	<i>Cone-beam computed tomography</i> (Tomografia computadorizada de feixe cônico)
CBCT	
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
	<i>Digital imaging communication in medicine</i> (Comunicação de imagens digitais em medicina)
DICOM	
FOV	<i>Field of view</i> (Campo de visão)
MIH	Máxima intercuspidação habitual
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UNC	<i>University of North Carolina</i> (Universidade da Carolina do Norte)

LISTA DE SÍMBOLOS

mm	Milímetro
g	Grama
°	Grau
%	Porcentagem
Δ	Variação
>	Maior que
<	Menor que
N	Newton
"	Polegada
1.NA	Medida angular do longo eixo do incisivo superior em relação à linha NA
1-NA	Medida linear do longo eixo do incisivo superior em relação à linha NA
1.NB	Medida angular do longo eixo do incisivo inferior em relação à linha NB
1-NB	Medida linear do longo eixo do incisivo inferior em relação à linha NB

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	16
1	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
1.1	Biprotrusão dentária.....	18
1.2	Tratamento das biprotrusões dentárias.....	18
1.3	Técnicas de fechamento de espaços.....	20
1.3.1	<u>Técnicas que utilizam ancoragem esquelética.....</u>	21
1.3.2	<u>Técnica de duas etapas.....</u>	22
1.3.3	<u>Técnica de etapa única ou retração em massa.....</u>	23
1.4	Ancoragem.....	24
1.5	Análises tomográficas.....	26
2	PROPOSIÇÃO.....	31
3	MATERIAIS E MÉTODO.....	32
3.1	Seleção dos pacientes.....	32
3.2	Distribuição dos grupos.....	34
3.3	Protocolo utilizado para o tratamento ortodôntico.....	34
3.3.1	<u>Grupo 1 – Fechamento em massa.....</u>	35
3.3.2	<u>Grupo 2 – Fechamento em duas etapas.....</u>	36
3.4	Análise dos exames tomográficos.....	37
3.4.1	<u>Construção dos modelos virtuais tridimensionais para a análise da movimentação de primeiros molares.....</u>	37
3.4.2	<u>Superposição dos modelos virtuais tridimensionais para a análise da movimentação dos primeiros molares.....</u>	40
3.4.3	<u>Avaliação da movimentação dentária dos primeiros molares superiores.....</u>	41
3.4.4	<u>Avaliação da movimentação dentária dos primeiros molares inferiores.....</u>	42
3.4.5	<u>Avaliação da retração dos incisivos superiores e inferiores.....</u>	42
3.5	Análise estatística.....	43
4	RESULTADOS.....	45
4.1	Erro de método.....	45
4.2	Avaliação da movimentação de primeiros molares superiores.....	48
4.3	Avaliação da movimentação de primeiros molares inferiores.....	52

4.4	Retração de incisivos.....	56
4.5	Tempo de tratamento.....	57
5	DISCUSSÃO.....	58
5.1	Plano experimental e seleção da amostra.....	58
5.2	Movimentação de molares.....	62
5.3	Retração dos dentes anteriores.....	64
5.4	Tempo de tratamento.....	64
5.5	Considerações finais.....	65
	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS.....	67
	APÊNDICE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	71
	ANEXO – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa.....	73

INTRODUÇÃO

As biprotrusões dentárias são más oclusões caracterizadas por incisivos projetados e protruídos em relação às bases ósseas, que podem levar o indivíduo a apresentar perfil convexo e dificuldade de selamento labial, geralmente acompanhada por contração da musculatura peri-oral.¹⁻³

O tratamento ortodôntico das biprotrusões dentárias nos pacientes adultos tem como objetivo corrigir a posição dos incisivos, proporcionando ao paciente função, estabilidade e estética adequadas.¹⁻⁴ Antes do advento das técnicas de ancoragem absoluta, a alternativa de tratamento era a criação de espaços nas arcadas dentárias por meio de exodontias para reposicionar os incisivos e a criação de uma unidade de ancoragem, capaz de suportar as forças de retração dos dentes anteriores. Mesmo nos dias atuais, com a possibilidade do uso de mecanismos para ancoragem esquelética, a alternativa de extrações dentárias ainda é bastante utilizada e requer controle de ancoragem.^{2, 5}

Não está bem definido na literatura qual o melhor método para fechamento de espaço de extrações dentárias quando se deseja melhorar a posição dos incisivos e beneficiar o perfil de pacientes biprotrusos, com a menor perda de ancoragem possível.⁵ Alguns autores acreditam que o fechamento de espaço em duas etapas, iniciando com a distalização do canino e, em seguida, retraindo os incisivos é mais conservador do ponto de vista da manutenção de ancoragem.⁶⁻⁸ Em contrapartida, o fechamento de espaço de extrações dentárias com mecânicas de retração em massa é indicado por autores que acreditam que a perda de ancoragem não é maior do que na técnica em dois tempos, e que dessa maneira o fechamento ocorre mais rapidamente e com mais facilidade de controle de torque dos dentes anteriores.^{9, 10}

Diversos estudos cefalométricos estudaram e compararam diferentes mecanismos de ancoragem para o tratamento das biprotrusões dentárias em indivíduos com perfil convexo, porém esses estudos apresentam limitações inerentes à metodologia empregada por utilizarem imagens bidimensionais de telerradiografias.^{2, 5, 11} É sabido que nas telerradiografias as estruturas do lado direito se sobrepõem às do lado esquerdo, sendo difícil individualizar os dentes e mensurar a movimentação ocorrida. Além disso, a superposição de exames cefalométricos é feita por meio da marcação de pontos e planos e é altamente susceptível a erros, por ser operador dependente.^{12, 13}

De modo contrário às telerradiografias, a tomografia computadorizada permite a individualização de cada um dos dentes, eliminando a interferência das demais estruturas anatômicas. Além disso, existem métodos de superposição de modelos virtuais obtidos a partir de tomografias totalmente automáticos que comparam a base craniana, voxel por voxel de cada aquisição tomográfica. Esse processo permite calcular os parâmetros de rotação e translação entre dois tempos de imagens, superpor os modelos virtuais tridimensionais e calcular a distância entre as superfícies de dois ou mais tempos estudados.^{12, 13}

Nesse contexto, a tomografia computadorizada surge como ferramenta capaz de eliminar falhas e vieses que não foram possíveis nos estudos com imagens bidimensionais. Tornou-se possível avaliar e quantificar a perda de ancoragem de cada um dos molares, bem como a retração dos incisivos no tratamento de biprotrusões com extrações dentárias em pacientes adultos, usando diferentes técnicas de fechamentos de espaços.

Com isso em mente, empregou-se um método de análise de imagens obtidas a partir de tomografias computadorizadas, amplamente utilizado para verificar alterações esqueléticas¹²⁻¹⁴, porém sem registro na literatura de sua utilização para quantificar modificações dentoalveolares.

Desse modo, este estudo objetiva comparar a efetividade de duas técnicas de fechamento de espaço de extrações, em uma e em duas etapas, quando se deseja menor perda de ancoragem e maior retração controlada de incisivos no tratamento de indivíduos com perfil convexo e biprotrusão dentária.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Biprotrusão dentária

O termo “biprotrusão” foi primeiramente utilizado em 1897 pelo Dr. Calvin C. Case. Em seu livro publicado em 1921, Case caracterizou a biprotrusão e a descreveu como uma condição na qual toda a dentição de ambos os maxilares está protruída em relação à mandíbula e aos demais ossos do crânio.¹

Nessa má oclusão, o posicionamento inadequado dos incisivos superiores e inferiores compromete a função e a estética dentária e facial. Uma vez que os incisivos são responsáveis pelo suporte dos lábios, quando protruídos, podem levar à ausência de selamento labial em repouso e a um perfil convexo.^{15, 16} A contração acentuada da musculatura mentoniana e excesso de exposição gengival também podem estar associados à biprotrusão dentária.³

Essa condição é frequentemente observada nas populações afro-americanas e asiáticas, porém pode estar presente em quase todos os grupos étnicos.^{17, 18} Devido à percepção negativa da protrusão dentária e labial na maioria das culturas, muitos pacientes procuram correção ortodôntica para esse problema.^{2, 19}

1.2 Tratamento das biprotrusões dentárias

Um dos objetivos mais importantes no plano de tratamento das más oclusões é a obtenção da harmonia entre dentes e face, principalmente no sorriso e no perfil facial. Nos pacientes com protrusão dentária, isso pode ser conseguido pela recolocação dos dentes anteriores com o uso de dispositivos de ancoragem esquelética²⁰ ou de extrações dentárias. Os dentes geralmente extraídos são os pré-molares e o espaço obtido com as extrações é utilizado para retração dos dentes anteriores.³

A ancoragem esquelética com mini-implantes e mini placas é uma abordagem que passou a ser amplamente utilizada no final do século passado e é indicada para

tratamentos complexos, para otimização dos resultados ou, ainda, para reduzir o tempo de tratamento.^{21, 22}

Dessa forma, os mini-implantes são descritos na literatura como dispositivos eficazes de ancoragem máxima que permitem tratar biprotrusões sem a necessidade de extrações de pré-molares, por meio da retração de todos os dentes das arcadas superior e inferior.²⁰ Também permitem retrair em massa os dentes anteriores nos casos que necessitam de extração de pré-molares, promovendo o fechamento dos espaços das extrações sem perda de ancoragem, eliminando movimentos recíprocos indesejados e melhorando a posição dos incisivos e sua relação com os lábios.²³

A decisão de extrair dentes para melhorar o posicionamento dos incisivos nas bases ósseas data da década de 40 do século passado, quando Tweed e Strang passaram a discordar da filosofia não-extracionista preconizada por Angle e começaram a verticalizar os incisivos às custas de expansões nas arcadas. Tweed observou que essa abordagem de tratamento não era estável e passou a defender as extrações dentárias como forma de atingir a harmonia facial e compensar a discrepância ósseo-dentária, proporcionando maior estabilidade pós tratamento.^{24, 25}

De fato, um estudo avaliando a retração de incisivos e a modificação do perfil dos pacientes tratados com extrações de quatro pré-molares mostrou retrações médias do lábio superior de 2,41mm, \pm 1,67) e do lábio inferior de 3mm, \pm 2,09), evidenciando o sucesso da abordagem proposta por Tweed na redução da proeminência dentária e facial.²

No entanto, em uma revisão sistemática, Leonardi et al.¹⁹ concluíram que as extrações de pré-molares levaram a mudanças suaves nos tecidos moles de pacientes que apresentavam perfis convexos. Em sua amostra, composta por quatro artigos que preenchiam os critérios de inclusão, a retração do lábio superior variou de 2 a 3,2mm, com aumento do ângulo nasolabial e a retração do lábio inferior variou de 2 a 4,5mm. Os autores consideraram as mudanças incapazes de levar a modificações dramáticas no perfil dos pacientes observados e concluíram que a resposta do perfil apresenta grande variação individual.¹⁹

Apesar da controvérsia a respeito das modificações de perfil produzidas pela exodontia de pré-molares e do advento dos dispositivos de ancoragem esquelética que permitem a retração de todos os dentes da arcada sem a necessidade de extrações, os planos de tratamento que incluem exodontias ainda constituem a

abordagem principal para reduzir a protrusão dos dentes, dos lábios e melhorar o perfil dos pacientes.²

O padrão de extrações dentárias mais comumente empregado nos tratamentos de discrepâncias severas, perfil convexo e, especialmente nas biprotrusões dentárias, é a exodontia dos quatro primeiros pré-molares.^{2, 26} No entanto, também existe controvérsia sobre a decisão de extrair os primeiros ou os segundos pré-molares e sua influência na quantidade de retração obtida. Alguns estudos relatam que os dentes posteriores ocupam 1/3 a 1/2 do espaço da extração de primeiros e segundos pré-molares respectivamente, mostrando predileção pela exodontia dos primeiros pré-molares quando se deseja beneficiar o perfil de pacientes biprotrusos.²⁷

Apesar de haver certas evidências de que são conseguidas maiores retrações de incisivos com extrações de primeiros pré-molares, Ong e Woods²⁸ observaram uma expressiva variação individual na movimentação de incisivos e molares independente da extração de primeiros ou segundos pré-molares.²⁸

De maneira semelhante, Geron et al.²⁹, em um estudo comparando a perda de ancoragem resultante da exodontia de primeiros ou segundos pré-molares superiores, não encontraram diferenças estatisticamente significativas que justificassem a exodontia de primeiros pré-molares, ao invés dos segundos. A perda de ancoragem observada foi 0,5mm maior nos casos de exodontias dos segundos pré-molares.²⁹

1.3 Técnicas de fechamento de espaços

Existem diversas técnicas para fechar o espaço de extrações de primeiros pré-molares em pacientes adultos com má oclusão de Classe I de Angle com biprotrusão dentária e a definição da técnica de fechamento de espaços mais conservadora no aspecto da ancoragem é controversa.⁵

Além disso, o tipo de movimento sofrido pelos dentes anteriores durante a retração depende da relação entre a linha de ação da força e o centro de resistência dos dentes. Uma simples força passando pelo centro de resistência resulta em

movimento de translação, enquanto uma força que não passa pelo centro de resistência tende a inclinar o dente.³⁰

A retração dos quatro incisivos ou a inclusão dos caninos no segmento anterior é utilizada no tratamento de biprotrusões com extrações dentárias e o sucesso do tratamento com essas duas abordagens depende do conhecimento da localização do centro de resistência dessas unidades. Yoshida et al.³⁰ observaram que o centro de resistência se deslocou entre 0,8 a 1mm para incisal, quando os caninos foram considerados juntamente com os incisivos durante a retração, sugerindo que na retração em massa, o movimento de translação pode ser conseguido com uma razão momento-força menor do que na retração dos quatro incisivos isolados.³⁰

Em contrapartida, no estudo de Melsen et al.³¹, utilizando medidas com laser holográfico em crânios secos, os autores observaram que o centro de resistência se desloca apicalmente à medida em que aumentamos o número de dentes na região anterior.³¹

1.3.1 Técnicas que utilizam ancoragem esquelética

Apesar das extrações serem amplamente utilizadas na ortodontia há bastante tempo, a decisão do ortodontista pelas exodontias ainda é bastante crítica quando realizando o plano de tratamento.³² Isso pode ser explicado pela baixa aceitação dos pacientes pelas extrações dentárias e pela dificuldade de prever os resultados obtidos.

Nesse contexto, os mini-implantes podem ser utilizados como recursos de ancoragem absoluta para melhorar o perfil, por meio de mecânicas de deslizamento no tratamento de pacientes que necessitam de retrações dentárias, eliminando a necessidade de extrações.^{20, 33} Para isso, uma força é usualmente aplicada nos caninos ou a um gancho soldado no arco principal com sentido distal, ligada a mini-implantes instalados na região posterior do osso alveolar.³³

Park et al.²⁰ descreveram o uso de mini-implantes para retração em massa dos dentes anteriores após a distalização de molares. Na superposição de exames cefalométricos observaram que os molares e os incisivos haviam realmente sido

movidos para distal, mostrando a efetividade dessa abordagem usando aparelhos ortodônticos por vestibular ou por lingual.²⁰

Da mesma forma que os mini-implantes servem como recurso de ancoragem que permitem a distalização de todos os dentes das arcadas, eles também são efetivos para a resolução do apinhamento e retração dos incisivos. Isso foi demonstrado por Jung³³ em um estudo comparando um grupo de pacientes tratados com exodontia de segundos pré-molares e um grupo de pacientes tratados com a distalização total dos dentes superiores e inferiores associada a desgastes interproximais.³³

1.3.2 Técnica de duas etapas

Muitas vezes, devido ao apinhamento anterior, ou ao desvio de linha média, o fechamentos dos espaços das extrações tem que ser realizado pela técnica de duas etapas. A retração dos caninos pode ser realizada em arco contínuo, com o uso de molas ou elástico em cadeia; ou ainda, com o uso de arcos segmentados com alça em T, como proposto por Burstone.³⁴

Após a retração dos caninos, os incisivos devem ser retraídos com arcos retangulares para controle da inclinação. Segundo Burstone³⁴, a retração em duas etapas com arcos segmentados apresenta vantagens, pois permite a retração associada à intrusão dos incisivos em casos de sobremordida exagerada. Para isso, a linha de ação da força de retração deve ser aplicada posteriormente ao centro de resistência dos incisivos.³⁴

Mesmo quando não se utiliza arcos segmentados, a retração dos incisivos pode ser realizada por técnicas de deslizamento em aparelhos pré-ajustados, utilizando elástico em cadeia ou molas para mover os dentes anteriores distalmente ou com mecânicas sem fricção, com o uso dos mais diversos tipos de alças localizados entre os incisivos laterais e caninos.

O protocolo de retração em duas etapas sugerido por Proffit e Fields⁶ para os casos que necessitam de ancoragem moderada em aparelho *edgewise slot* 0,022" inclui a distalização de caninos com força leve em arco de aço de secção retangular 0,019" x 0,025" ou 0,018" x 0,025" com *stop* posterior, localizado mesialmente ao

tubo do molar para reforço de ancoragem. O passo seguinte é a retração dos incisivos utilizando um arco com alças mesiais aos caninos em fio de aço de secção retangular 0,019" x 0,025" ou 0,018" x 0,025", podendo ser utilizado outras ligas de fios.⁶

Os autores que preconizam essa técnica alegam que ela é mais conservadora quanto ao controle da ancoragem, uma vez que um menor número de dentes anteriores são movimentados contra diversos dentes posteriores em cada uma das etapas, defendendo a hipótese que dessa maneira a força de reação à retração dos dentes anteriores é dissipada pela grande área de ligamento periodontal da unidade de ancoragem.^{6, 35, 36}

Mesmo recomendando a retração do dentes anteriores em duas etapas para os casos que requerem ancoragem máxima, alguns autores reconhecem que esta técnica demoraria quase o dobro do tempo necessário para a técnica de retração em massa.⁶⁻⁸

Essa demora no tratamento é apontada como uma desvantagem da técnica de retração em duas etapas, devido à maior tendência de inclinação e giro dos caninos quando são movimentados individualmente, em comparação à retração do bloco anterior em uma única etapa, o que demandaria tempo adicional para realinhar e renivelar os dentes.³⁷ A demora do tratamento da técnica de duas etapas também foi observada por Heo et al.⁵, porém as diferenças observadas por esses autores não foram estatisticamente significativas.⁵

1.3.3 Técnica de etapa única ou retração em massa

A técnica de retração em massa consiste na retração dos seis dentes localizados anteriormente às exodontias dos primeiros pré-molares em uma etapa única, usando como ancoragem os dentes posteriores às exodontias. Apresenta vantagens como a redução do tempo total de tratamento e maior controle da inclinação dos incisivos.^{34, 38}

Marcotte³⁸ defende que a retração de incisivos utilizando a técnica de retração em massa não usa mais ancoragem do que a técnica em duas etapas, além disso, segundo o autor, essa mecânica é geralmente simétrica bilateralmente.³⁸

Assim como a técnica em duas etapas, a retração em massa pode ser feita com arcos segmentados ou contínuos. A principal diferença entre as duas técnicas, para os arcos contínuos nas mecânicas sem fricção é a posição da alça. Na técnica de fechamento em uma única etapa a alça é posicionada distalmente aos caninos, no espaço da extração.

O protocolo de retração em massa sugerido por Proffit e Fields⁶ para casos que necessitam de ancoragem moderada em aparelho *edgewise slot* 0,022" descreve a utilização de um arco de aço de secção retangular 0,019" x 0,025" com uma mola reversa ou uma alça em T em um arco de aço de secção retangular 0,018" x 0,025".⁶

Os autores que preconizam a técnica de retração em uma única etapa, afirmam que o bloco de ancoragem seria penalizado duplamente quando aplicada a técnica em duas etapas. Segundo eles, isso se justifica pelo fato dos dentes posteriores não reconhecerem quantos dentes estariam sendo retraídos neste processo e apenas responderiam ao sistema de forças aplicado sobre eles e sua duração.^{9, 37}

Um estudo clínico randomizado desenvolvido por Xu et al.³⁷ em pacientes com crescimento, portadores de má oclusão de Classe I e II, por meio de superposições cefalométricas, observou menores perdas de ancoragem nos molares superiores no grupo tratado com retração em massa (em média 4,1mm, ± 2) do que no grupo tratado em duas etapas (em média 4,5mm $\pm 2,2$), porém essa diferença não foi estatisticamente significativa.³⁷

1.4 Ancoragem

Ancoragem é definida como resistência a movimentos indesejados e é comumente descrita como a reação dos dentes posteriores em mecanoterapias de fechamento de espaços.³⁹ Ela pode consistir de um único dente, um grupo de dentes ou qualquer área anatômica, a qual, por meio de algum dispositivo, pode oferecer resistência ao movimento⁴⁰ e a perda de seu controle pode levar ao insucesso do tratamento ortodôntico, complicando a correção da má oclusão.²⁹

A introdução das exodontias no planos de tratamento propostos por Tweed e Strang, criou a necessidade de se desenvolverem mecanismos apropriados de ancoragem para fechar os espaços remanescentes das extrações. Por esse motivo, Tweed⁴¹ recomendou o preparo de ancoragem para casos tratados com exodontias alterando a inclinação axial do dentes, por meio de dobras de *tip-back* nos arcos, previamente às mecânicas de retração dos dentes anteriores.⁴¹ Dessa maneira, a inclinação distoaxial produzida aumentaria a resistência às forças mesiais do fechamento de espaços.

Atualmente, os ortodontistas dispõem de um arsenal de recursos desenvolvidos para reforço de ancoragem que incluem dispositivos como arco lingual, barra transpalatina, botão de Nance, mini-implantes, mini placas e aparelhos extra-orais. A utilização de forças leves⁴², ou a associação de múltiplos dentes no segmento de ancoragem também são descritas como métodos de estabilização da posição dos molares.^{40, 43} A prática clínica de incluir os segundos molares à unidade de ancoragem é baseada na teoria de que a área radicular de três dentes resiste melhor ao movimento anterior quando retraindo dentes anteriores.⁴⁰

Geron et al.²⁹ afirmam que a perda de ancoragem parece depender de mais de um fator, e que estes não devem ser considerados isoladamente. Em um estudo analisando diferentes fatores que podem levar à perda de ancoragem, concluíram que fatores primários como apinhamento e mecânica afetam mais significativamente a perda de ancoragem do que fatores secundários como a idade, local da extração e *overjet*, sendo que o grau de apinhamento tem maior influência na conservação da ancoragem do que a mecânica utilizada e o local da extração se mostrou mais influenciável do que a idade e o *overjet*.²⁹

A escolha do dente a ser extraído também foi descrita por Williams e Hosila⁴⁴ como um fator importante na manutenção da ancoragem. Em um estudo comparando a extração de primeiros ou segundos pré-molares, observaram que a alteração do local de extração resulta na mudança relativa das superfícies radiculares dos segmentos anterior e posterior, e que esse fato deve ser levado em consideração no diagnóstico para que a posição final dos incisivos e o perfil facial desejados sejam conseguidos.⁴⁴

Além de todos os aspectos mecânicos, as reações biológicas que ocorrem em nível celular também devem ser consideradas. Para Strang⁴, a definição de ancoragem como “resistência ao movimento” é muito simplista e não especifica

outros aspectos tangentes à ancoragem como o número de cúspides envolvidas e o número, tamanho e forma das raízes. Para ele, é razoável que a membrana periodontal também seja incluída nesse grupo.⁴⁵

Melsen e Bosch⁴⁶ também destacam o aspecto biológico do controle da ancoragem. Segundo eles, nos casos de ancoragem ideal, o equilíbrio entre as forças que atuam nos dentes e a resistência do ligamento periodontal devem estar em equilíbrio. Eles também ressaltam a importância da oclusão na manutenção da ancoragem, sugerindo o uso de *splints* adaptados para a máxima intercuspidação, com a finalidade de utilizar a própria oclusão do paciente para reforço da ancoragem.⁴⁶

1.5 Análises tomográficas

Estudos como o de Xu et al.³⁷ e Heo et al.⁵ avaliaram, por meio de radiografias cefalométricas, a movimentação mesial de molares após o fechamento de espaços de extrações dentárias utilizando as técnicas de fechamento em duas etapas e em massa.^{5, 37}

Sabe-se que nas radiografias cefalométricas é extremamente difícil individualizar os elementos dentários, já que as estruturas do lado direito se sobrepõem às do lado esquerdo. Também é imprecisa qualquer medição linear nesses exames, uma vez que a área anatômica de interesse se encontra a uma certa distância do filme a qual é projetada, gerando distorções da imagem. Além disso, a superposição de exames cefalométricos é feita por meio da marcação de pontos e planos e é altamente susceptível a erros, por ser operador dependente.¹³

O advento da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), introduzida na Odontologia no ano 2000, na Universidade de Loma Linda, Califórnia⁴⁷, permitiu melhor visualização das estruturas da cabeça, pois esse exame permite isolar as estruturas de interesse de análise dos lados direito e esquerdo, por meio da segmentação tomográfica.

A segmentação tomográfica consiste na construção de um modelo virtual tridimensional a partir da visualização de diferentes cortes de um conjunto de dados volumétricos de uma determinada estrutura.¹⁴ Para isso, as estruturas de interesse

devem ser isoladas das demais estruturas pela seleção do intervalo de intensidade (*threshold*) de cor dos *voxels*, as menores unidades que compõem as tomografias computadorizadas, cuja intensidade de cor é medida em Hounsfield.⁴⁸

Quanto menor o tamanho dos *voxels*, melhor a resolução e o detalhamento da imagem. *Voxels* muito grandes podem levar à baixa precisão na segmentação e nas medidas realizadas em CBCTs, principalmente se houverem artefatos de imagem, que podem parecer maiores do que realmente são.⁴⁹ Liu et al.⁵⁰ observou que os volumes registrados em uma CBCT podem diferir dos seus volumes físicos reais variando de -4 a 7%.⁵⁰

Várias técnicas para segmentação de tomografias computadorizadas tem sido utilizadas no diagnóstico, planejamento e simulação. Entretanto, a superposição de imagens para avaliar as mudanças com o tratamento é desafiadora. Esses desafios se referem ao registro de estruturas homólogas e à dificuldade de localizar pontos em superfícies anatômicas.¹²

Além disso, ainda não existe na literatura a descrição de análises tomográficas equivalentes às análises cefalométricas, que permitam quantificar as alterações ocorridas em função do crescimento ou de um tratamento ortodôntico realizado.

Cevidanes et al.¹⁴ validaram um método de construção, superposição e medição de distâncias entre superfícies em modelos tridimensionais obtidos a partir de imagens da tomografia computadorizada. Compararam o posicionamento dos côndilos e borda posterior dos ramos em dez pacientes submetidos a cirurgias maxilares, entre exames de uma semana antes e uma semana após a cirurgia. Além de encontrarem diferenças médias entre superfícies com uma precisão (0,70 a 0,78mm) muito próxima da resolução espacial das tomografias (0,6mm), observaram diferenças inter-observador menores que 0,26mm. Este método pôde identificar claramente a localização, magnitude e direcionamento dos deslocamentos estruturais mandibulares. Além disso, permitiu a quantificação dos movimentos vertical, transversal e ântero-posterior dos ramos mandibulares e côndilos após a cirurgia.¹⁴

O método de superposição de modelos virtuais tridimensionais utilizado por Cevidanes et al.¹⁴ não depende da marcação de pontos e planos, mas da comparação dos *voxels*. Por meio desse método, a intensidade dos tons de cinza de

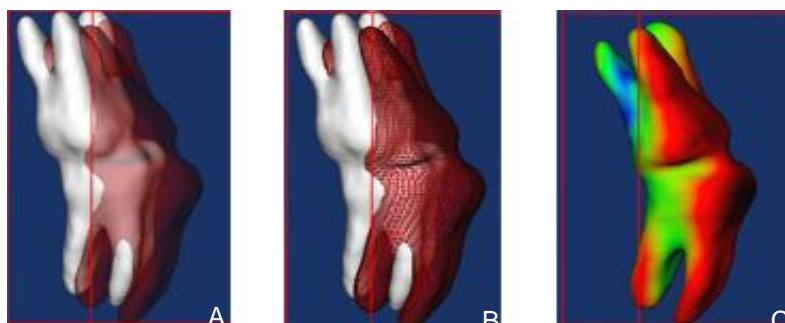
cada voxel/ da estrutura utilizada para registro nos diferentes tempos tomográficos é comparada.¹⁴

Motta et al.¹³ afirmaram que o método proposto por Cevitanes et al.¹⁴ também pode ser empregado na visualização de alterações dentoalveolares causadas por mecânicas ortodônticas ou ortopédicas. Porém, segundo ele, existem algumas limitações, uma vez que a segmentação de estruturas dentárias requer boa precisão. Segundo os autores, a obtenção das tomografias em oclusão cêntrica, ou a presença de aparelho ortodôntico podem representar importantes artefatos de imagem durante a construção dos modelos virtuais tridimensionais.¹³

Outra limitação descrita por Motta et al.¹³ estaria relacionada ao fato do registro das imagens requerer estruturas estáveis de referência, como a base do crânio.¹³ Dessa forma, a análise de mudanças decorrentes de tratamentos ortodônticos ou ortopédicos pode revelar alterações dentárias e esqueléticas na arcada inferior, sendo difícil determinar com exatidão qual desses fatores é responsável por essa alteração. Para uma precisa visualização das alterações dentoalveolares, deve ser realizada uma superposição isolada usando o corpo mandibular, ramo ou outra região para registro, como realizado no estudo de Solem et al.³, que avaliou as mudanças em tecidos duros e moles de pacientes com biprotrusão dentária, submetidos à exodontia de quatro primeiros pré-molares. Nesse estudo, o autor utilizou estruturas estáveis na mandíbula para avaliar as mudanças ocorridas nos incisivos inferiores.

Por fim, após a superposição dos modelos de dois tempos, torna-se necessário analisar e interpretar as informações obtidas. Para isso, podem ser utilizadas diversas formas de visualização do registro, conforme figura 1.

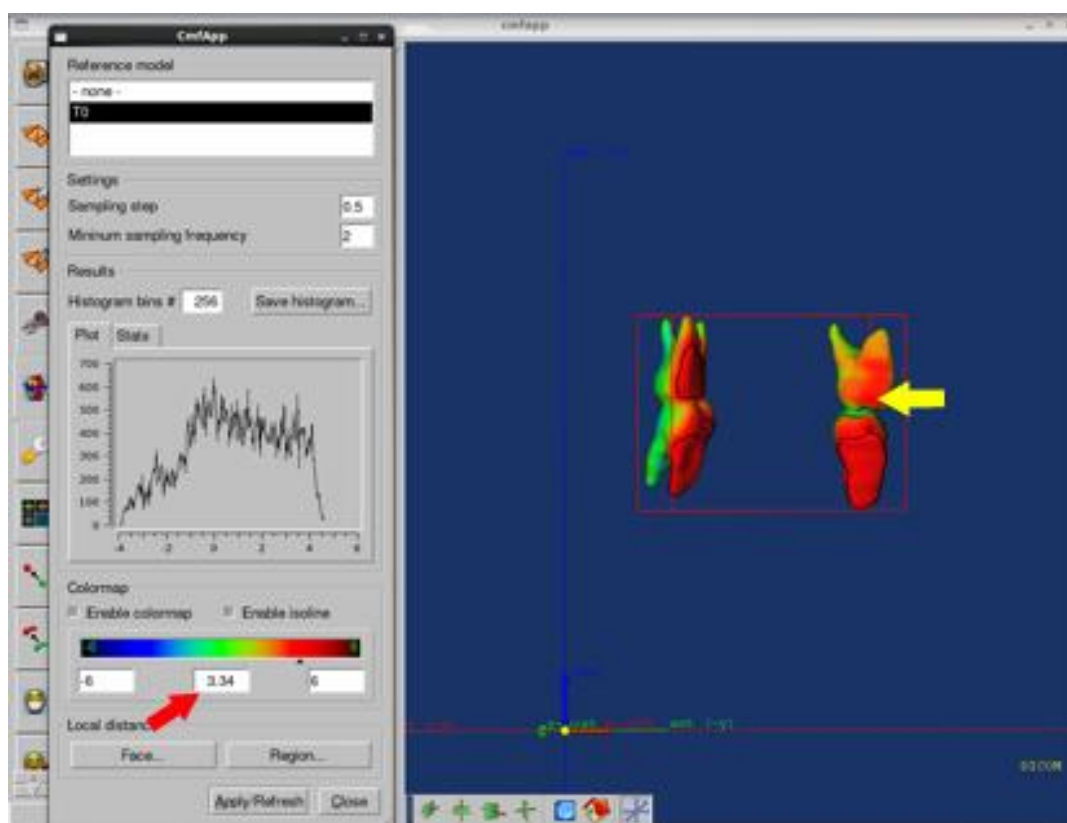
Figura 1 – Superposição dos modelos de T0 e T1, pelo qual é possível visualizar a movimentação sofrida pelos primeiros molares



Legenda: A) Superposição pelos métodos de semi-transparência; B) malha; e C) mapas coloridos.

O princípio do mapa de cores (Figura 1C) para o cálculo da distância entre duas superfícies é utilizado pelo *software* livre CMF Application (Maurice Müller Institute, Bern, Suíça).⁵¹ Por meio dessa ferramenta, o software disponibiliza a distância entre duas superfícies, quando uma determinada região é selecionada, por meio de uma ferramenta de contorno chamada *isoline*. Quando ativada, essa ferramenta seleciona uma determinada região da superfície do modelo e a escala do mapa de cores informa o deslocamento sofrido por aquela superfície, em relação à mesma superfície de um modelo obtido em outro momento do tratamento.^{3, 14, 51, 52} (Figura 2)

Figura 2 – Tela do *software* CMF Application mostrando a mensuração da perda de ancoragem sofrida pelo dente 26, na região mais convexa da face mesial, na altura da crista marginal



Legenda: Por meio da ferramenta de contorno *isoline*, a região de interesse é selecionada para análise (seta amarela) e a escala do mapa de cores mostra o deslocamento ocorrido, que nesse exemplo foi de 3,34mm (seta vermelha).

No contexto atual, graças à redução dos custos, à facilidade de acesso às

tomografias computadorizadas e ao arsenal de ferramentas disponíveis para trabalhar com esses exames, torna-se necessário questionar determinados preceitos. A ideia de que a retração em massa pode acelerar o tratamento de pacientes biprotrusos submetidos à exodontia de primeiros pré-molares, porém levando à maior perda de ancoragem de molares, em relação à técnica de duas etapas precisa ser revista e reavaliada com as metodologias disponíveis.

2 PROPOSIÇÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a superposição de modelos virtuais tridimensionais para analisar a movimentação dentária e comparar duas técnicas de fechamento de espaços quanto à movimentação de primeiros molares, retração de incisivos e tempo de tratamento.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Seleção dos pacientes

Esse estudo prospectivo preliminar, de caráter experimental, avaliou seis pacientes adultos, sendo cinco do gênero feminino e um do gênero masculino, com idade média de 23 anos e 6 meses, $\pm 6,5$ que foram submetidos a tratamento ortodôntico na Clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Todos os pacientes selecionados assinaram o termo de consentimento informado (Apêndice) e o protocolo experimental foi enviado à Plataforma Brasil do Ministério da Saúde e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) com seres humanos do Hospital Pedro Ernesto, sob numero CAAE 01571712.1.0000.5259 (Anexo).

Para a seleção dos pacientes foram observados os seguintes critérios de inclusão e de exclusão listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Lista dos critérios de inclusão e exclusão dos pacientes deste estudo (continua)

Crítérios de Inclusão
<ul style="list-style-type: none"> • Má oclusão Classe I de Angle; • Ausência de problemas oclusais verticais e transversos; • Biprotusão dentária ($1.1 < 131^\circ$); • Apinhamento dentário leve (discrepância de modelos de até -4mm); • Perfil convexo; • Presença de todos os dentes naturais presentes na boca (Exceto terceiros molares); • Indicação de extração de quatro primeiros pré-molares ($IMPA > 87^\circ$); • Bom estado geral de saúde; • Boa saúde oral.

Quadro 1 – Lista dos critérios de inclusão e exclusão dos pacientes deste estudo (conclusão)

Crítérios de Exclusão
<ul style="list-style-type: none"> • Indisponibilidade de tempo para comparecer às consultas; • Pacientes com doenças sistêmicas e psicológicas graves; • Doença periodontal ativa; • Pacientes portadores de parafunção (bruxismo), refluxo ou distúrbios alimentares; • Ausência de dentes.

Todos os pacientes selecionados foram documentados antes do início do tratamento ortodôntico (T0) para fins de diagnóstico. Esta documentação consistiu de três fotografias extra-orais, cinco fotografias intra-orais, um par de modelos de gesso, radiografias interproximais de pré-molares e molares, radiografias periapicais de incisivos e tomografia computadorizada de feixe cônico.

As fotografias foram obtidas de acordo com o padrão do Board Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Facial⁵³ (BBO) e incluíam fotografias extra-orais frontal, de perfil do lado direito e frontal em sorriso. Em todas as tomadas extra-orais o plano horizontal de Frankfurt foi orientado paralelamente ao solo e os lábios estavam em repouso. As fotos intra-orais foram obtidas em vista frontal, lateral direita e lateral esquerda, com os dentes em máxima intercuspidação habitual (MIH) e orientadas pelo plano oclusal. Também foram obtidas fotografias intra-orais com vista oclusal das arcadas superior e inferior.

Os modelos de gesso foram obtidos a partir de moldagem das arcadas dentárias e da região de vestíbulo e recortados em MIH, conforme padrão do BBO.⁵³ A CBCT foi obtida a partir de um tomógrafo i-CAT, modelo Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA). O campo de visão (FOV) para todas as tomadas foi de 13cm, o tempo de exposição foi de 20 segundos e as imagens foram formadas em voxels isovolumétricos de 0,3mm. A partir destas tomografias, utilizando o programa Dolphin Imaging®, versão 11.1 (Dolphin Imaging and Management Solutions, Chatsworth, CA, EUA) obteve-se imagens cefalométricas e panorâmicas para complementação do diagnóstico, certificando-se assim que os

pacientes preenchiam os requisitos estabelecidos nos critérios de inclusão da amostra.

Os procedimentos ortodônticos foram realizados na Clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Os exames radiográficos foram realizados na Faculdade de Odontologia desta Universidade e os exames tomográficos foram realizados na Clínica Odonto Radiológica Copa 500 Ltda. Os procedimentos cirúrgicos de exodontia dos primeiros pré-molares indicados para a pesquisa foram realizados pela Clínica de Cirurgia Buco-Maxilo-Facial da Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

3.2 Distribuição dos grupos

Os pacientes selecionados foram divididos de forma aleatória em dois grupos com o mesmo número de pacientes ($n=3$), que foram submetidos à exodontia de quatro primeiros pré-molares e fechamento de espaço seguindo a técnica de fechamento em massa, ou em uma etapa (Grupo 1) e a técnica de fechamento em duas etapas (Grupo 2).

3.3 Protocolo utilizado para o tratamento ortodôntico

Após a documentação inicial e a verificação de que o paciente satisfazia aos critérios de inclusão, foi feita a montagem completa do aparelho superior em uma sessão e a montagem completa do aparelho inferior na segunda sessão. Foram utilizados bráquetes Morelli® (Sorocaba, SP) para a técnica *standard edgewise*, referências 10.30.201 para incisivos centrais, 10.30.205 para incisivos laterais superiores e incisivos inferiores, 10.30.208 para caninos e pré-molares, 20.31.180 para primeiros molares e 20.31.100 para segundos molares⁵⁴. A montagem do aparelho foi feita por colagem direta em toda a arcada e não foi utilizado qualquer método para reforço de ancoragem. Foi feito um alinhamento inicial, sem a inclusão dos segundos molares com fios de níquel-titânio 0,014" e de aço redondos 0,016" e

0,018". Nesse momento foi solicitada a exodontia dos primeiros pré-molares e foi realizado o fechamento dos espaços, de acordo com o grupo em que o paciente foi inserido. Todas as ativações ortodônticas foram feitas pelo mesmo operador (C.S.D.).

3.3.1 Grupo 1 – Fechamento em massa

Para os pacientes desse grupo, o passo seguinte à exodontia dos primeiros pré-molares consistiu na confecção de um arco de aço retangular 0,019" x 0,025" para retração dos dentes anteriores com alça em forma de gota com 7mm de comprimento na distal dos caninos, sem incluir os segundos molares, que foram utilizados apenas como reforço de ancoragem. A estratégia de fechamento de espaços foi a mesma para ambas as arcadas e a ativação foi feita com a amarração dos ômega (*tie-back*) até a abertura de 1mm na alça de retração (Figura 3). À medida em que os espaços se fechavam e os arcos de retração se esgotavam, foram confeccionados novos arcos de retração com as compensações verticais para controle de sobremordida necessárias para cada caso. Após o fechamento completo dos espaços foi realizada nova CBCT (T1) com a finalidade de sobrepor à tomada inicial e avaliar a movimentação dentária ocorrida. Para isso, a aquisição das imagens seguiu o mesmo protocolo da tomada inicial (T0).

Figura 3 – Fechamento do espaço da extração em uma única etapa (retração em massa)



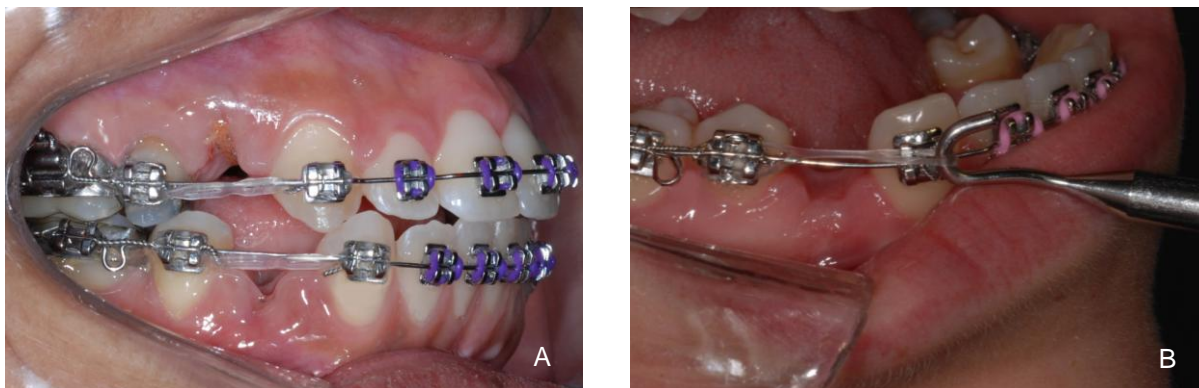
3.3.2 Grupo 2 – Fechamento em duas etapas

Para os pacientes desse grupo, o passo seguinte à extração dos primeiros pré-molares foi a formação de dois blocos posteriores, amarrados com amarrilho em *tie-together*, incluindo os segundos e primeiros molares e o segundo pré-molar. Os dentes anteriores foram amarrados individualmente ao arco e os caninos foram distalizados no arco de aço 0,018" com o uso de elástico em cadeia (Figura 4A), que foi fixado distalmente no segundo pré-molar e mesialmente no bráquete do canino. A força usada para a distalização dos caninos foi de 150g (aproximadamente 1,5N) e aferida com tensiômetro Morelli® (Sorocaba, SP), conforme figura 4B.

Após a completa distalização dos caninos, foram formados três blocos, sendo dois posteriores (agora incluindo os caninos) e um anterior, e foi feito um arco retangular de aço 0,019" x 0,025" para retração dos incisivos, com alça em forma de gota com 7mm de comprimento na mesial dos caninos (Figura 4B), sem a inclusão dos segundos molares. A ativação foi feita com a abertura de 1mm na alça de retração. Foi utilizada a mesma estratégia de fechamento em ambas as arcadas e, à medida em que os espaços eram fechados e os arcos de retração se esgotavam, foram confeccionados novos arcos de retração fazendo as compensações verticais necessárias para cada caso, com o objetivo de controlar a sobremordida.

Após o fechamento completo dos espaços foi realizada nova CBCT (T1) para sobrepor com a inicial e avaliar as movimentações ocorridas.

Figura 4 – Primeira etapa do fechamento do espaço das extrações para o grupo 2



Legenda: A) Distalização dos caninos com elástico em cadeia; B) Aferição da força de distalização dos caninos.

Figura 5 – Segunda etapa do fechamento do espaço das extrações para o Grupo 2



Legenda: Retração com arco de retração de aço 0.019"x 0,025" com alça em gota.

Após o fechamento dos espaços das exodontias e a obtenção das tomografias em T1, todos os pacientes da amostra continuaram em tratamento para finalização ortodôntica.

3.4 Análise dos exames tomográficos

Todas as CBCTs foram obtidas com os pacientes em MIH. Os exames foram compostos de voxels isovolumétricos de 0,3mm.

De forma diferente dos exames bidimensionais, não houve preocupação com a padronização da posição da cabeça do paciente, uma vez que o exame de CBCT é obtido a partir de projeções ortogonais e há correção de ampliações por meio de *softwares*, de modo que a imagem gerada nos cortes trans-axiais possui proporção 1:1 com a imagem real.

3.4.1 Construção dos modelos virtuais tridimensionais para a análise da movimentação dos primeiros molares

As tomografias em T0 e T1 dos seis pacientes avaliados foram exportadas no formato DICOM, que é o formato universal para imagens de diagnóstico tomográfico médico-odontológico. A sequência de arquivos DICOM de cada exame foi aberta no

software ITK-SNAP 2.2⁵⁵ e convertida para o formato “.gipl”, o qual é reconhecido por outros *softwares* livres para análise de imagens, desenvolvidos pela Universidade da Carolina do Norte (UNC).

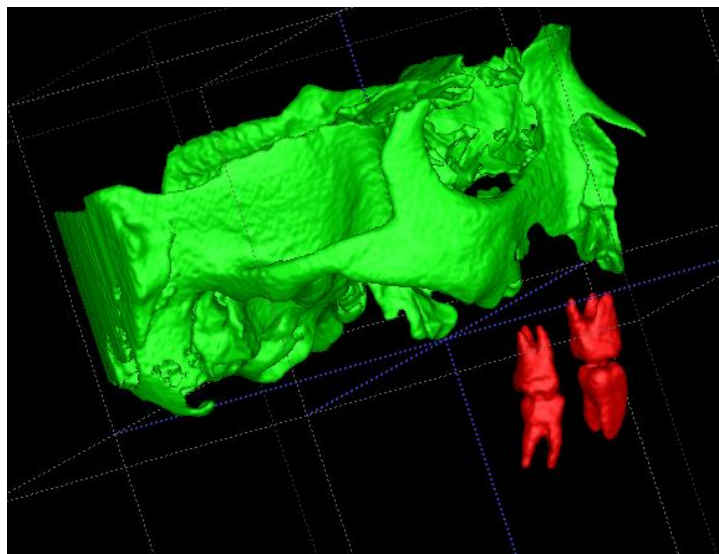
Para reduzir o tamanho dos arquivos em disco e agilizar o processamento das próximas etapas de geração das reconstruções tridimensionais, o *software* livre Imagine 1.2.3 foi utilizado. Esse programa permite a reformatação dos *voxels* para 0,5mm, o que aumenta o seu tamanho individual e reduz o número total desses elementos. Consequentemente, o programa diminui o tamanho dos arquivos no disco e o tempo computacional sem implicar em perda de informações métricas, mantendo o novo arquivo gerado com a proporção de 1:1 entre a imagem e a realidade.

A segmentação das estruturas anatômicas de interesse foi realizada com o auxílio do *software* ITK-SNAP 2.2⁵⁵, de modo a construir um modelo tridimensional constituído pela base do crânio e primeiros molares superiores e inferiores para cada exame.

A segmentação da base do crânio teve como referência vertical, o seu limite anatômico inferior (Basion) e o limite superior da imagem tomográfica. Nos sentidos transversal e ântero-posterior foi selecionado todo o contorno esquelético disponível. Foram criadas diferentes camadas, uma para cada região anatômica de interesse. Nesse estudo, por convenção, foi usada para a base do crânio a camada 2 em verde e para os molares superiores e inferiores foi usada a camada 1 em vermelho. As diferentes camadas tiveram a função de diferenciar as estruturas para os procedimentos de superposição e quantificação da movimentação dos molares ocorrida após o processo de fechamento dos espaços das extrações (Figura 6).

Depois da segmentação da base do crânio e dos molares, o arquivo foi salvo no formato “.gipl”.

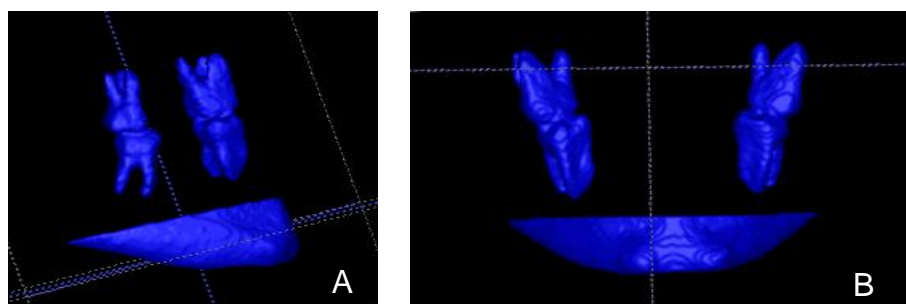
Figura 6 – Segmentação da base do crânio (verde) e dos primeiros molares superiores e inferiores (vermelho)



Como em tratamentos com extrações de pré-molares é possível haver modificações do plano mandibular, em consequência da mesialização de molares, a base do crânio não foi utilizada como estrutura de registro para avaliar a movimentação ocorrida nos primeiros molares inferiores. Sendo assim, a sínfise mandibular foi utilizada como registro e para isso, por convenção desse estudo, os molares e a sínfise foram segmentados em azul (camada 3). O limite superior da sínfise foi definido por uma linha que tangenciava as bordas inferiores dos forames mentonianos de cada paciente em norma frontal, conforme figuras 7A e 7B, e o limite inferior foi a borda inferior da mandíbula.

Ao final da segmentação da sínfise mandibular e dos molares, a camada 3 em azul foi exportada no formato nativo de estereolitografia (".stl").

Figura 7 – Segmentação da sínfise mandibular e dos primeiros molares superiores e inferiores



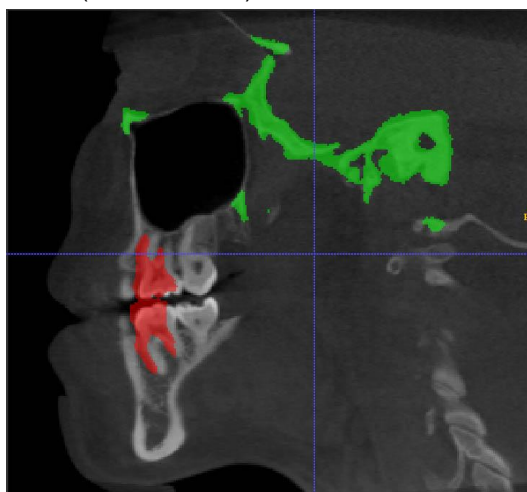
Legenda: A) Visão lateral direita; B) Visão frontal.

3.4.2 Superposição dos modelos virtuais tridimensionais para a análise da movimentação dos primeiros molares

Para quantificar a movimentação ocorrida nos primeiros molares superiores, os modelos de T0 e T1 foram superpostos. Definiu-se como referência a base do crânio, uma vez que todos os pacientes da amostra não apresentavam potencial de crescimento e, também, por essa estrutura não ser afetada pelo tratamento ortodôntico realizado.

Um método totalmente automático de superposição de modelos descrito por Cevidanes et al.¹⁴ foi utilizado com o auxílio do *software* Imagine 1.2.3. Este método compara os valores de tons de cinza dos *voxels* que foram segmentados pela camada 2, em verde, entre as imagens tomográficas de dois tempos. Isso fez com que o modelo em T1 (momento em que os espaços das extrações foram fechados) fosse reorientado para que a base do crânio deste momento correspondesse espacialmente à base do crânio em T0 (momento inicial). Desta forma, a base do crânio em T0 foi utilizada como referência para a superposição de T1 sobre T0, conforme pode ser visto na figura 8. Esse método dispensa a localização de pontos e não depende da precisão dos modelos virtuais tridimensionais da base do crânio, uma vez que estes são apenas utilizados para delimitar os *voxels* que serão comparados pelos seus tons de cinza. Dessa forma, evitam-se erros do método inerentes ao operador.¹²

Figura 8 – Superposição da segmentação da imagem tomográfica em T1 (colorido) sobre a imagem tomográfica em T0 (tons de cinza)



Para quantificar a movimentação dos primeiros molares inferiores, foi realizada uma superposição do tipo *best fit* utilizando o software Geomagic Qualify 2013[®] (Geomagic U.S. Corp., Research Triangle Park, NC, EUA). Os modelos foram compostos pela sínfise mandibular e molares superiores e inferiores. Assim como o *software* Imagine, este programa realoca o modelo virtual em T1 automaticamente sobre o modelo virtual em T0, utilizando a sínfise como estrutura espacial de registro.

Após a correta orientação dos modelos virtuais em T0 e T1 para análise da movimentação dos primeiros molares inferiores, estes foram exportados individualmente para o formato “.iv” (SGI Open Inventor[®], Silicon Graphics International Corp., Fremont, CA, EUA).

3.4.3 Avaliação da movimentação dentária dos primeiros molares superiores

Após a etapa de superposição dos modelos compostos pela base do crânio e primeiros molares, todos os arquivos gerados até então no formato “.gipI” foram convertidos para o formato “.iv” utilizando-se o *software* livre Vol2Surf.

Tendo todos os arquivos no formato “.iv” foi possível importá-los no *software* livre CMF Application⁵¹ que permitiu a quantificação e a descrição dos deslocamentos entre os tempos T0 e T1 para os primeiros molares superiores.

Para analisar qualitativamente a movimentação dos dentes foi utilizado o método de mapas de cores, com o uso do *software* CMF Application⁵¹. O grau de mudança entre duas superfícies é representado por um vetor que parte da superfície do modelo em T1 em direção perpendicular à superfície do modelo em T0. Esse vetor pode apresentar valores positivos (deslocamento “para fora”) ou negativos (deslocamento “para dentro”). A distância entre as superfícies é, então, convertida a uma escala de cores, na qual os tons de vermelho codificam os deslocamentos “para fora” e os tons de azul, os deslocamentos “para dentro”. A cor verde representa ausência de deslocamento.⁵²

Também foram registrados os deslocamentos máximos de coroa e ápice radicular para os primeiros molares superiores. Uma ferramenta de linha de contorno (*isoline*) foi utilizada para avaliar quantitativamente essas mudanças. Por meio dessa

ferramenta, o *software* informa a distância, em milímetros, do quanto a superfície do modelo virtual em T1 se deslocou em relação à superfície equivalente em T0. Para isso, deve-se ajustar a ferramenta até que ela se reduza ao menor ponto possível na região que se deseja avaliar o deslocamento e aferir na legenda da ferramenta o valor observado.

Nesse estudo foram consideradas as medidas da região de crista marginal na face mesial e o ápice radicular da raiz méso-vestibular dos primeiros molares superiores.

3.4.4 Avaliação da movimentação dentária dos primeiros molares inferiores

Os modelos virtuais usados para avaliação da movimentação dos primeiros molares inferiores, já obtidos no formato “.iv” pelo *software* Geomagic Qualify 2013[®], foram importados pelo *software* CMF Application⁵¹ para quantificação dos deslocamentos ocorridos, do mesmo modo que foi feito para a mensuração da movimentação dos molares superiores: a ferramenta de contorno *isoline* foi utilizada para quantificar a movimentação observada nos mapas coloridos na região de crista marginal na face mesial e no ápice da raiz mesial dos primeiros molares inferiores.

3.4.5 Avaliação da retração dos incisivos superiores e inferiores

Além da quantificação da movimentação dos molares superiores e inferiores, esse trabalho objetivou quantificar a retração sofrida pelos incisivos dos pacientes dos grupos 1 e 2. A análise da retração dos incisivos foi realizada com o *software* Dolphin Imaging[®]. Para isso, os dados de cada paciente foram cadastrados no banco de dados do *software* e os arquivos DICOM nos momentos T0 e T1 foram carregados.

Foi necessário construir uma imagem semelhante a uma telerradiografia de perfil para cada momento, por meio da obtenção de um corte tomográfico sagital médio. Sobre essa imagem, com o uso da ferramenta “*Digitize*”, foi feita uma análise

cefalométrica, seguindo o padrão utilizado na clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ, que incluía as medidas lineares e angulares dos longos eixos dos incisivos superiores e inferiores em relação às linhas NA e NB, respectivamente (medidas 1-NA e 1.NA e 1-NB e 1.NB).

Todos os dados obtidos na avaliação dos movimentos sofridos pelos molares e incisivos superiores e inferiores nos momentos T0 e T1 de cada paciente foram tabulados para serem analisados estatisticamente.

3.5 Análise estatística

Como a segmentação dos dentes na tomografia é a única etapa da metodologia utilizada que consiste de um processo semi-automático, passível de edição manual, foi necessário verificar a acurácia do operador para a segmentação dos molares de interesse. Para verificar a reprodutibilidade da segmentação dos dentes, os momentos tomográficos T0 e T1 de um paciente foram segmentados duas vezes pelo mesmo operador, após um intervalo mínimo de 60 dias. Dessa forma, oito molares, quatro superiores e quatro inferiores, foram segmentados duas vezes para o cálculo do erro do método. Os dois arquivos nos momentos T0 e T1 foram superpostos sobre eles mesmos e importados para o *software* CMF Application⁵¹ a fim de verificar, por meio dos mapas coloridos, as variações ocorridas na construção dos modelos virtuais.

Todos os deslocamentos sofridos pelos molares e incisivos superiores e inferiores desse estudo foram apresentados de forma descritiva, com a finalidade de demonstrar as diferenças obtidas entre os grupos.

Para cada grupo foram calculadas as medianas, os valores máximos e mínimos e a distância inter quartil do deslocamento sofrido pelos molares superiores (n=6) e inferiores (n=6) na região de coroa e ápice radicular. Para avaliar a diferença entre os deslocamentos sofridos entre as coroas e raízes dentro de cada grupo, utilizou-se o teste de Wilcoxon para amostras dependentes. Para avaliar a diferença entre os grupos utilizou-se o teste de Mann Whitney para amostras independentes. Estabeleceu-se o nível de significância em 5%.

O tempo de fechamento dos espaços da exodontia de todos os primeiros pré-

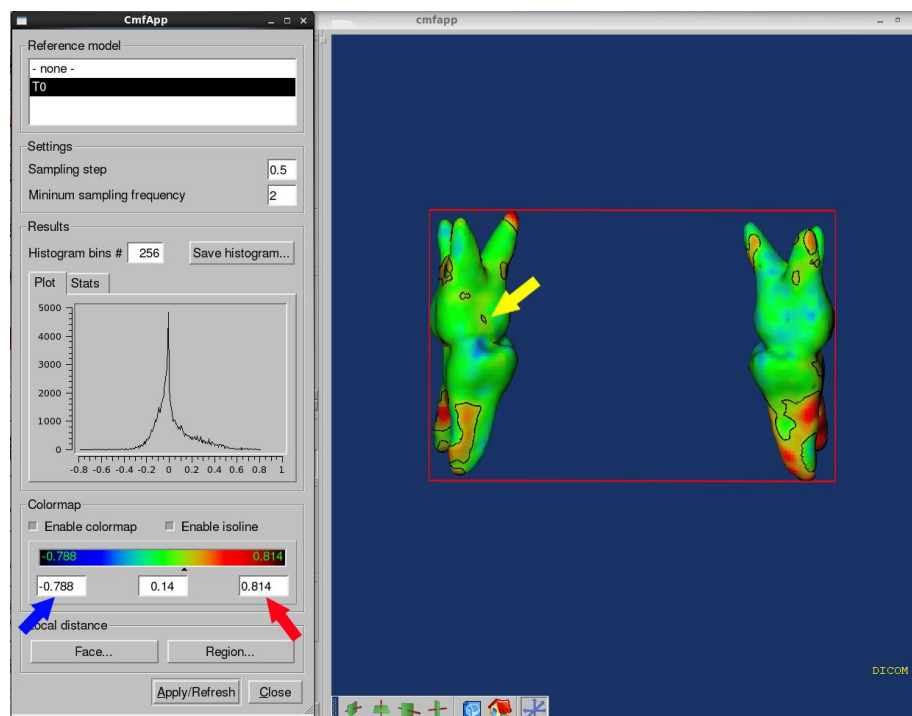
molares para os grupos 1 e 2 foi tabulado a fim de apresentar o tempo de tratamento de cada técnica.

4 RESULTADOS

4.1 Erro de método

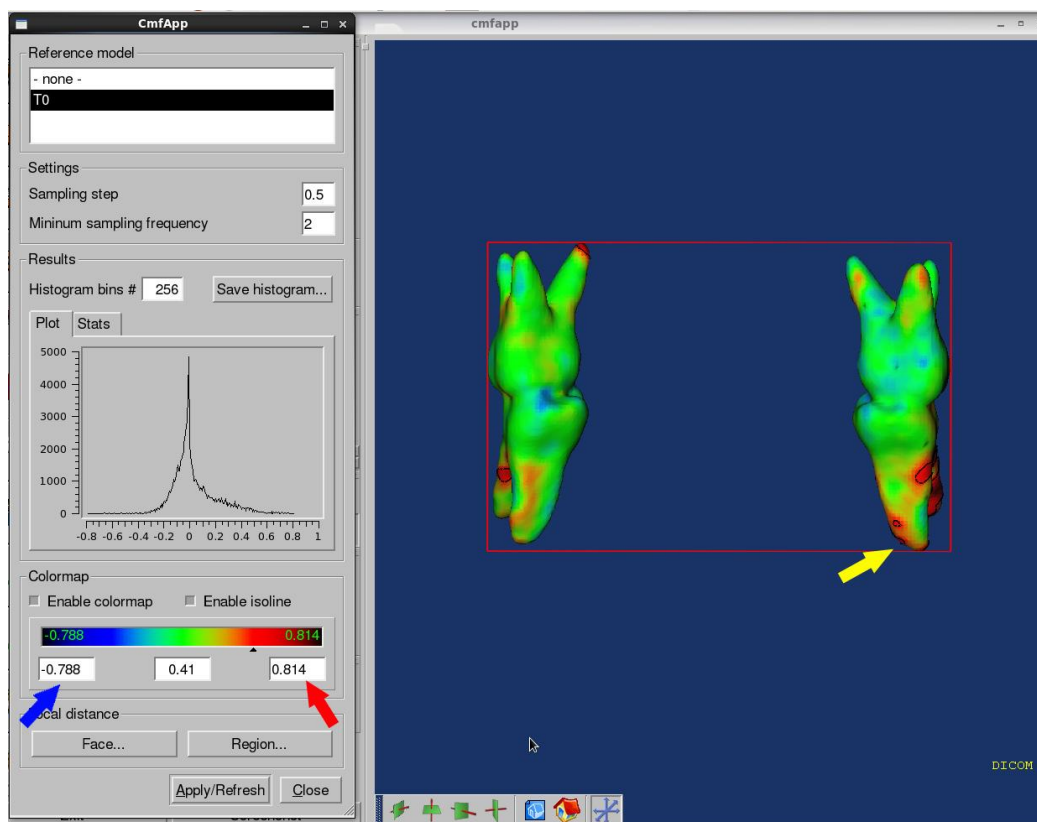
Na superposição dos dois exames do mesmo paciente, no momento T0, por meio da análise por *isoline*, verificou-se que o maior deslocamento negativo foi de -0,788mm e o maior deslocamento positivo foi de 0,814mm. A maior diferença para a região da coroa dos molares foi de 0,14mm, verificada no elemento 16 (Figura 9). Na região da raiz, a maior diferença entre a segmentação dos dois modelos virtuais em T0 foi de 0,41mm, registrada no dente 36 (Figura 10). Observou-se também uma preponderância da cor verde, demonstrando boa reprodutibilidade na segmentação dos primeiros molares, especialmente nos molares superiores.

Figura 9 – Tela do *software* CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais dos momentos T0, na região da coroa



Legenda: O maior deslocamento negativo observado foi de -0,788mm (seta azul) e o maior deslocamento positivo observado foi de 0,814mm (seta vermelha). Para a região da coroa de interesse para esse estudo, a crista marginal na face mesial dos primeiros molares, o maior deslocamento observado está representado pela *isoline* (em preto) no dente 16 e apresenta valor de 0,14mm (seta amarela).

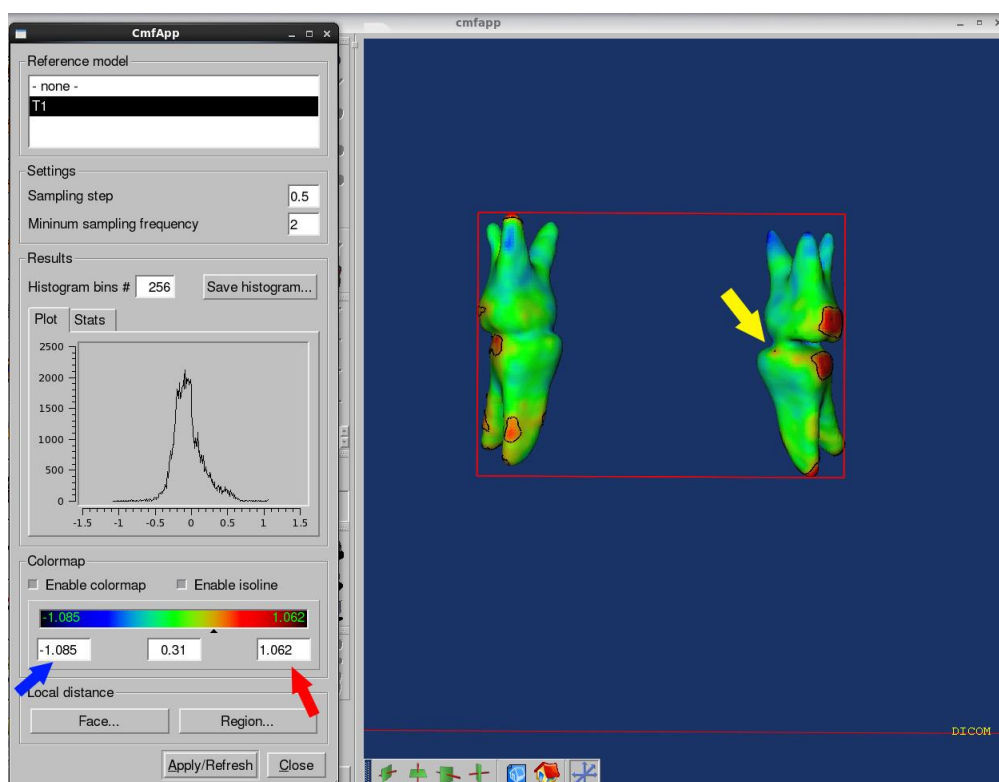
Figura 10 – Tela do *software* CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais dos momentos T0, na região do ápice radicular



Legenda: Para a região de ápice radicular de interesse para esse estudo, na raiz méso-vestibular dos primeiros molares superiores e na raiz vestibular dos primeiros molares inferiores, o maior deslocamento observado está representado pela *isoline* (em preto) no dente 36 e apresenta valor de 0,41mm (seta amarela).

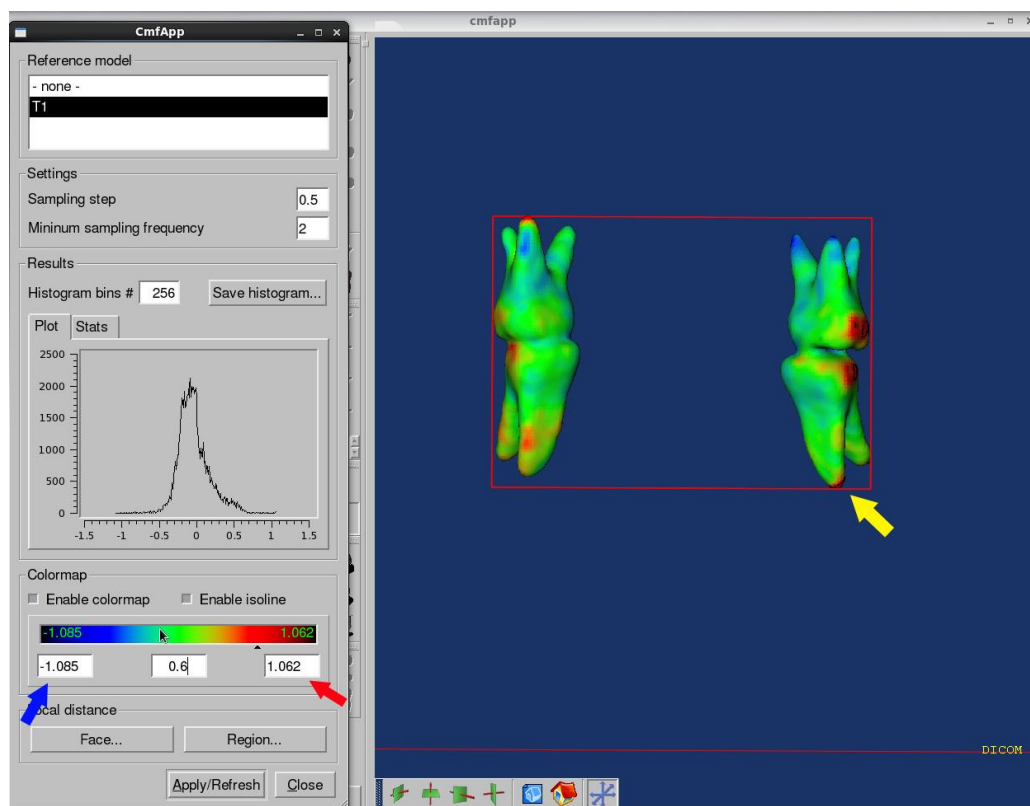
Para a segmentação dos exames no momento T1, o maior deslocamento negativo foi de -1,085mm e o maior deslocamento positivo foi de 1,062mm, analisados através da ferramenta *isoline*. A maior diferença para a região da coroa dos primeiros molares foi de 0,31mm, verificada no elemento 36 (Figura 11). Na região da raiz, a maior diferença entre a segmentação dos dois modelos virtuais em T1 foi de 0,6mm, encontrada no elemento 36 (Figura 12). Novamente, observou-se predominância da cor verde, demonstrando boa reprodutibilidade do método utilizado para a segmentação dos primeiros molares.

Figura 11 – Tela do *software* CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais nos momentos T1, na região da coroa



Legenda: O maior deslocamento negativo observado foi de -1,085mm (seta azul) e o maior deslocamento positivo observado foi de 1,062mm (seta vermelha). Para a região da coroa de interesse para esse estudo, a crista marginal na face mesial dos primeiros molares, o maior deslocamento observado está representado pela *isoline* (em preto) no dente 36 e apresenta valor de 0,31mm (seta amarela).

Figura 12 – Tela do software CMF Application mostrando os maiores deslocamentos observados na superposição dos dois modelos virtuais nos momentos T1, na região do ápice radicular



Legenda: O maior deslocamento negativo observado foi de -1,085mm (seta azul) e o maior deslocamento positivo observado foi de 1,062mm (seta vermelha). Para a região de ápice radicular de interesse para esse estudo, na raiz méso-vestibular dos primeiros molares superiores e na raiz vestibular dos primeiros molares inferiores, o maior deslocamento observado está representado pela *isoline* (em preto) no dente 36 e apresenta valor de 0,6mm (seta amarela).

4.2 Avaliação da movimentação de primeiros molares superiores

Em geral, foi observado deslocamento mesial dos primeiros molares superiores em todos os pacientes dos grupos 1 e 2, sendo que este deslocamento avaliado na região da crista marginal da face mesial foi diferente daquele registrado no ápice das raízes méso-vestibulares (Tabelas 1 e 2). Para comparar a diferença de movimentação da coroa e do ápice radicular em um mesmo grupo, foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras dependentes. No grupo 1, o deslocamento

observado na coroa (mediana = 3,05) e no ápice radicular (mediana = 3,30) não apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,833$), sugerindo movimentação mesial de translação destes dentes, enquanto os primeiros molares superiores do grupo 2, apresentaram deslocamento de coroa (mediana = 3,35) maior do que de ápice radicular (mediana = 2,30), estatisticamente significativos ($p = 0,042$), demonstrando uma tendência de movimento de inclinação mesial de coroa (Figura 13).

Para comparar os grupos 1 e 2, foi utilizado o teste estatístico de Mann-Whitney para amostras independentes. Para a movimentação das coroas dos grupos 1 (mediana = 3,05) e 2 (mediana = 3,35), não foi observada diferença estatisticamente significativa ($p = 1,000$), porém a movimentação dos ápices radiculares dos grupos 1 (mediana = 3,30) e 2 (mediana = 2,30) apresentou diferença significativa ($p = 0,009$), sendo maior no grupo 1 (Figura 14). Esses resultados mostram que no fechamento de espaços em uma etapa ocorre maior movimentação mesial da raiz do que na técnica em duas etapas para os primeiros molares superiores.

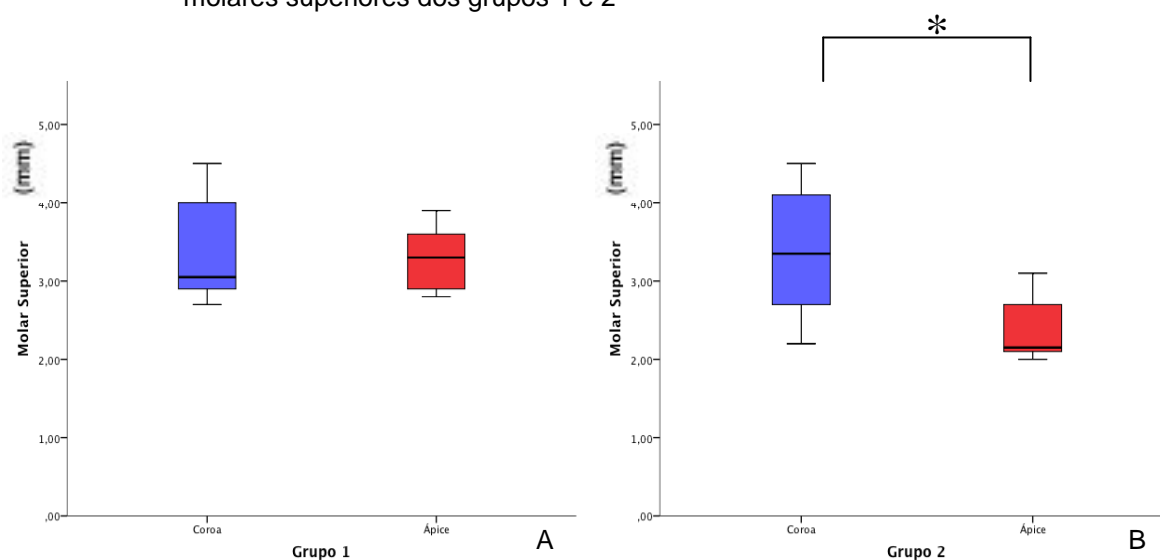
Tabela 1 – Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial (C) e de ápice radicular da raiz mésio-vestibular (A) dos primeiros molares superiores do grupo 1

Grupo	Paciente					
	2		6		5	
Dente	C	A	C	A	C	A
16	4,0	3,4	3,0	3,9	2,7	2,8
26	4,5	3,6	2,9	2,9	3,1	3,2

Tabela 2 – Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial (C) e de ápice radicular da raiz mésio-vestibular (A) dos primeiros molares superiores do grupo 2

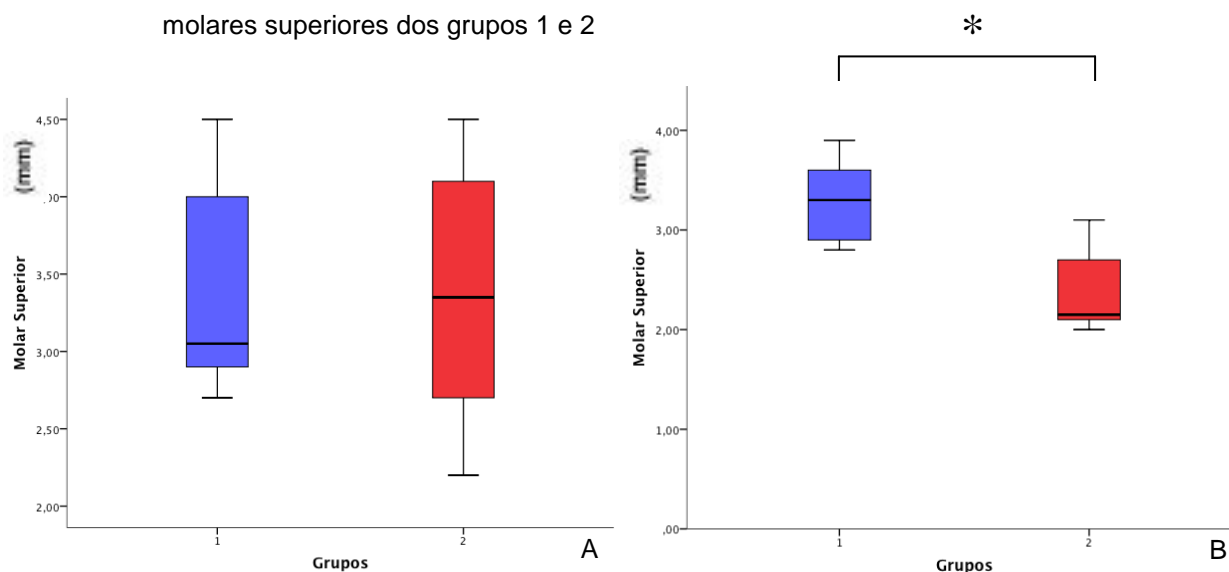
Grupo	Paciente					
	4		3		1	
Dente	C	A	C	A	C	A
16	4,5	2,7	4,1	2,1	2,2	2,1
26	3,4	3,1	3,3	2,1	2,7	2,0

Figura 13 – Gráficos *boxplot* para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos primeiros molares superiores dos grupos 1 e 2



Legenda: A) Grupo 1; B) Grupo 2. *p < 0,05.

Figura 14 – Gráficos *boxplot* para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos primeiros molares superiores dos grupos 1 e 2



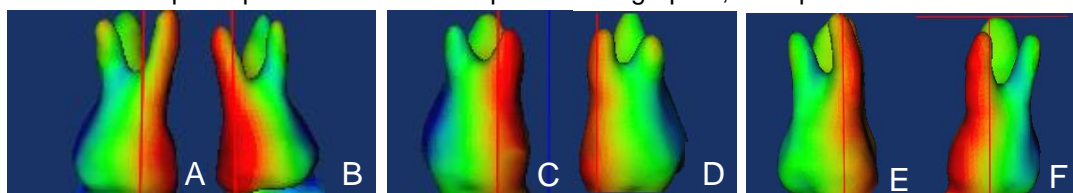
Legenda: A) Coroa; B) Ápice. *p < 0,05.

A movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores direito e esquerdo nos grupos 1 e 2 pode ser visualizada pelos mapas coloridos gerados no software CMF Application (Figuras 15, 16, 17 e 18).

Os mapas coloridos permitem visualizar de que maneira ocorreu a perda de ancoragem dos molares. As figuras 15 e 16, que apresentam as imagens pela vista

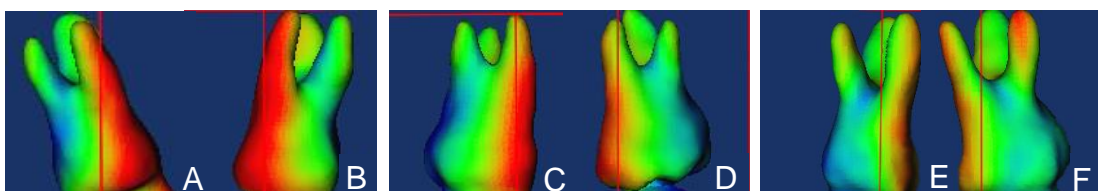
vestibular dos grupos 1 e 2, mostram, em geral, movimentos de translação para os primeiros molares superiores do grupo 1, representados por uma linha uniforme de coloração vermelha na região mésio-vestibular da coroa e da raiz. Para os primeiros molares do grupo 2, a movimentação observada foi de inclinação, representada por uma linha inclinada de coloração vermelho mais intenso na região mésio-vestibular da coroa e menos intenso na região da raiz mésio-vestibular. As figuras 17 e 18, que apresentam a vista da face mesial, mostram ausência de deslocamento (codificado pela cor verde), ou pequenos deslocamentos (representados em tons de amarelo e laranja) na região da raiz palatina, revelando que a perda de ancoragem dos primeiros molares superiores se dá por rotação sobre esta raiz para os molares superiores de ambos os grupos.

Figura 15 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 1, vista por vestibular



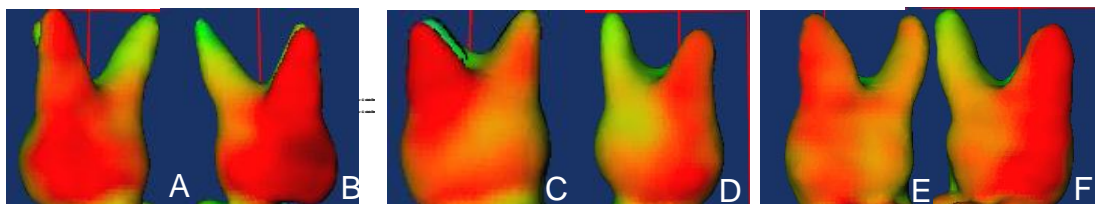
Legenda: A e B) Paciente 2; C e D) Paciente 6; E e F) Paciente 5. Observar movimentos de inclinação nas figuras A e B e translação nas figuras C, D, E e F.

Figura 16 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 2, vista por vestibular



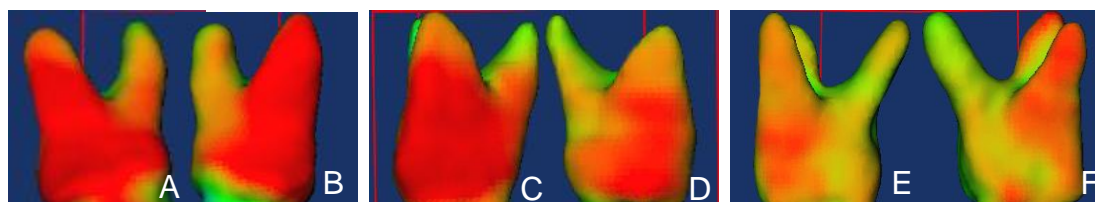
Legenda: A e B) Paciente 4; C e D) Paciente 3; E e F) Paciente 1. Observar movimento de inclinação nas figuras A, B, C e D.

Figura 17 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 1, vista por mesial



Legenda: A e B) Paciente 2; C e D) Paciente 6; E e F) Paciente 5. Observar que a raiz palatina apresenta tons de laranja ou verde, demonstrando pequena ou nenhuma movimentação dessa estrutura.

Figura 18 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares superiores do grupo 2, vista por mesial



Legenda: A e B) Paciente 4; C e D) Paciente 3; E e F) Paciente 1. Observar que a raiz palatina apresenta tons de laranja ou verde, demonstrando pequena ou nenhuma movimentação dessa estrutura.

4.3 Avaliação da movimentação de primeiros molares inferiores

Para comparar a diferença de movimentação da coroa e da raiz em um mesmo grupo, foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras dependentes. No grupo 1, o deslocamento observado na coroa (mediana = 1,95) e no ápice radicular (mediana = 2,15) não apresentou diferença estatisticamente significativa ($p = 0,138$), sugerindo uma tendência à movimentação mesial de translação. No entanto, os primeiros molares inferiores do grupo 2 apresentaram deslocamento significativo ($p = 0,027$) de coroa (mediana = 3,75) maior do que de ápice radicular (mediana = 2,35), mostrando movimento de inclinação mesial de coroa (Figura 19).

Para comparar os grupos 1 e 2, foi utilizado o teste estatístico para amostras independentes de Mann-Whitney. Para a movimentação observada na coroa, foi observada diferença estatisticamente significativa ($p = 0,015$) entre os grupos 1

(mediana = 1,95) e 2 (mediana = 3,75), sendo esta maior no grupo 2. Porém, a movimentação dos ápices radiculares dos grupos 1 (mediana = 2,15) e 2 (mediana = 2,35) não apresentou diferença significativa ($p = 0,937$), conforme pode ser visto nos gráficos da figura 20. Esses resultados indicam que o fechamento do espaço em duas etapas promove maior movimentação mesial de coroa nos primeiros molares inferiores.

Tabela 3 – Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial

Grupo	Paciente					
1	6		2		5	
Dente	C	A	C	A	C	A
36	2,7	2,7	2,3	2,3	1,7	1,8
46	1,4	3,4	2,0	2,3	1,9	1,9

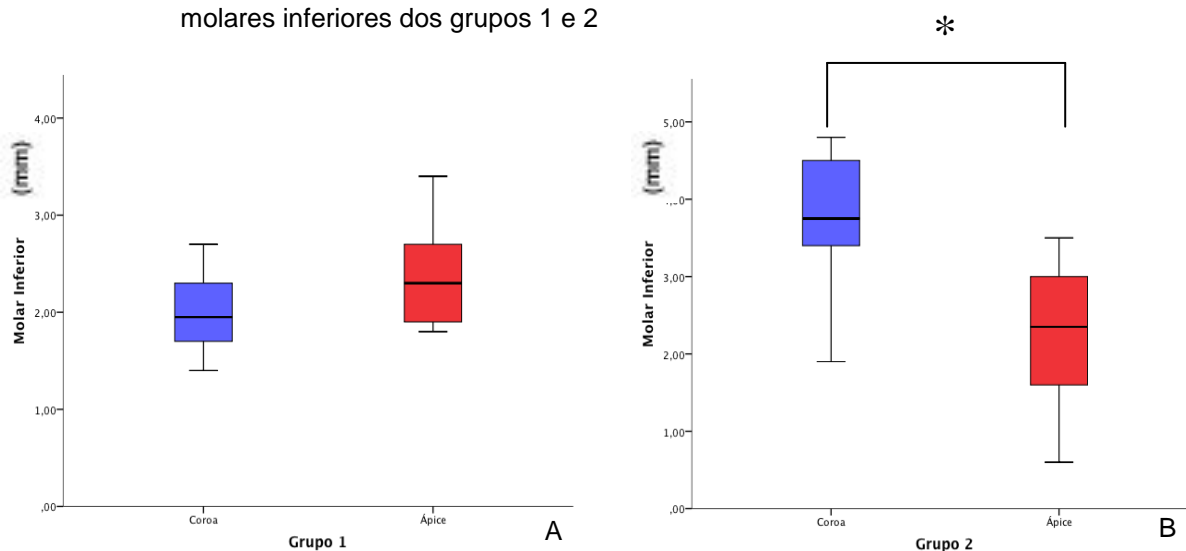
(C) e de ápice radicular da raiz méso-vestibular (A) dos primeiros molares inferiores do grupo 1

Tabela 4 – Deslocamento mesial, em mm, avaliado na região de crista marginal mesial

Grupo	Paciente					
2	4		3		1	
Dente	C	A	C	A	C	A
36	4,5	1,9	3,4	3	3,8	2,8
46	4,8	1,6	3,7	3,5	1,9	0,6

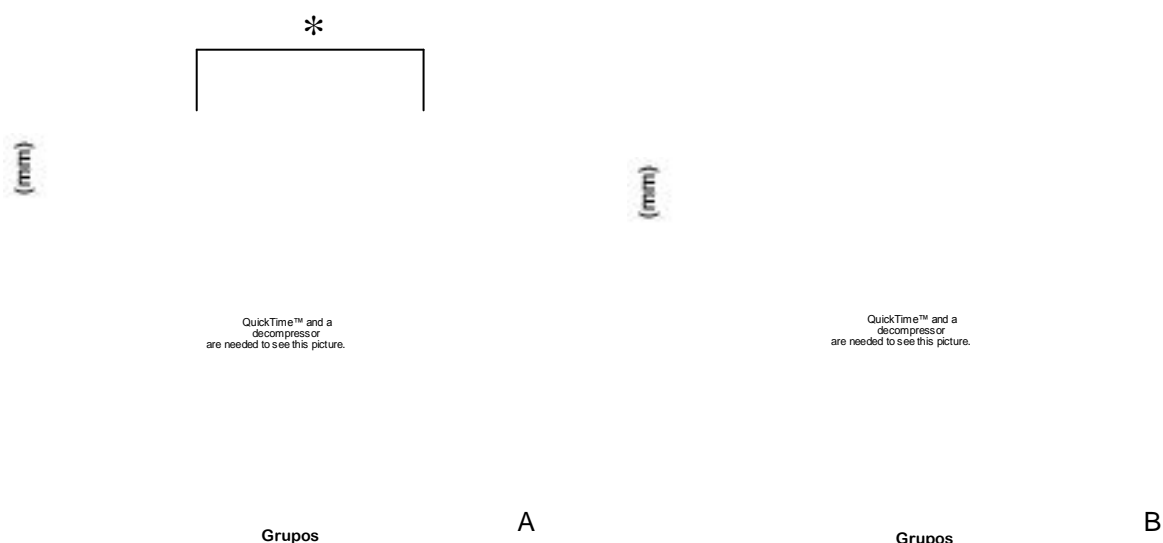
(C) e de ápice radicular da raiz méso-vestibular (A) dos primeiros molares inferiores do grupo 2

Figura 19 – Gráficos *boxplot* para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos primeiros molares inferiores dos grupos 1 e 2



Legenda: A) Grupo 1; B) Grupo 2. * $p < 0,05$.

Figura 20 – Gráficos *boxplot* para a movimentação da coroa e do ápice radicular dos primeiros molares inferiores dos grupos 1 e 2

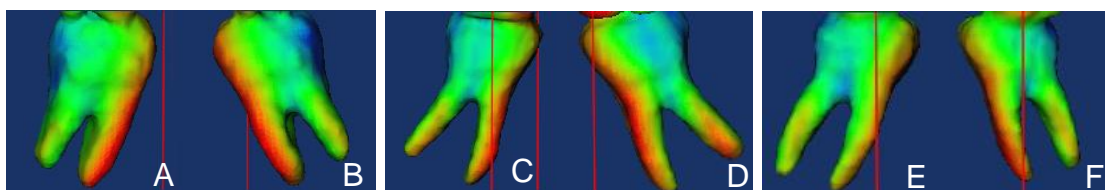


Legenda: A) Coroa; B) Ápice. *p < 0,05.

A movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores direito e esquerdo nos grupos 1 e 2 pode ser visualizada pelos mapas coloridos gerados no *software* CMF Application, conforme figuras 21, 22, 23 e 24.

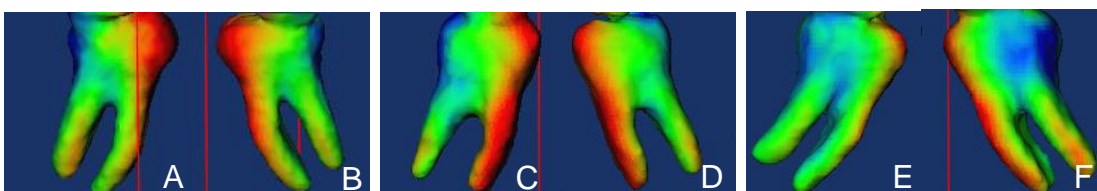
Os mapas coloridos permitem visualizar de que maneira ocorreu a perda de ancoragem dos molares. As figuras 21 e 22, que apresentam as imagens pela vista vestibular dos grupos 1 e 2 mostram que os primeiros molares inferiores do grupo 1 apresentaram, em geral, deslocamentos semelhantes da coroa e do ápice radicular, sugerindo movimento de translação. Isso pode ser verificado pela presença de uma linha uniforme de coloração avermelhada na região mésio-vestibular da coroa e da raiz. Para os primeiros molares inferiores do grupo 2 a movimentação observada foi de inclinação mesial, que pode ser verificado pela maior intensidade de vermelho na região das coroas do que na raiz, exceto para o paciente 3, que apresenta deslocamentos codificados em tons de vermelho de intensidade semelhante ao longo da coroa e da raiz (Figura 22C e D).

Figura 21 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 1, vista por vestibular



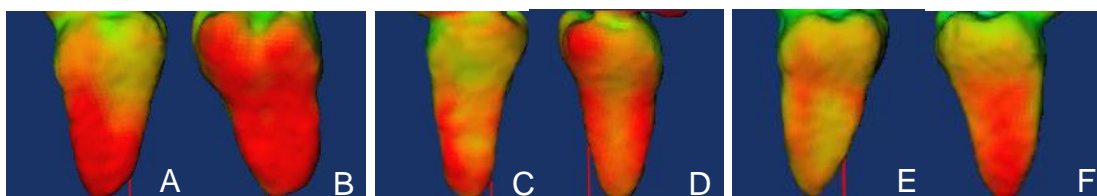
Legenda: A e B) Paciente 6; C e D) Paciente 2; E e F) Paciente 5. Observar coloração vermelha uniforme ao longo de toda a região mésio-vestibular, mostrando movimentos de translação nas figuras B, D e E. As figuras A, C e F apresentaram colocação mais intensa na região da raiz, do que na coroa, sugerindo movimento de inclinação distal.

Figura 22 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 2, vista por vestibular



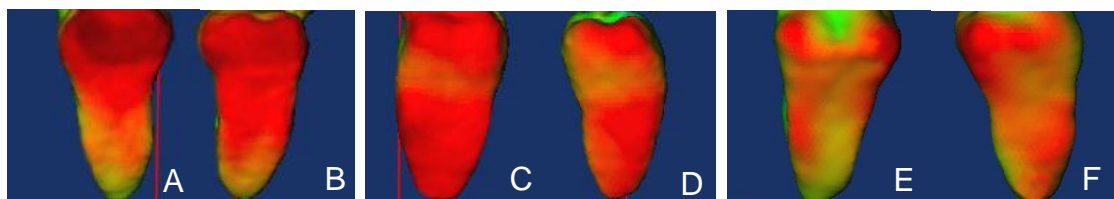
Legenda: A e B) Paciente 4; C e D) Paciente 3; E e F) Paciente 1. Observar a coloração vermelho mais intenso na região de coroa do que da raiz dos molares nas figuras A, B, E e F, mostrando movimento de inclinação. As figuras C e D mostram movimentos de translação.

Figura 23 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 1, vista por mesial



Legenda: A e B) Paciente 6; C e D) Paciente 2; E e F) Paciente 5. Observar coloração vermelho mais intenso na região da raiz das figuras A, C e F, sugerindo movimentação de inclinação distal e coloração de intensidade semelhante ao longo da coroa e da raiz dos molares nas figuras B, D e E, mostrando movimento de translação.

Figura 24 – Mapas coloridos obtidos a partir do *software* CMF Application mostrando a movimentação sofrida pelos primeiros molares inferiores do grupo 2, vista por mesial



Legenda: A e B) Paciente 4; C e D) Paciente 3; E e F) Paciente 1. Observar coloração vermelho mais intenso na região de coroa do que na raiz nos molares nas figuras A, B, E e F, mostrando movimento de inclinação e coloração de intensidade semelhante ao longo de toda a face mesial dos molares nas figuras C e D, sugerindo movimento de translação.

4.4 Retração de incisivos

A retração sofrida pelos incisivos dos pacientes dos grupos 1 e 2 foi quantificada com o uso do *software* Dolphin Imaging® e é apresentada sob a forma de medidas lineares e angulares do longo eixo dos incisivos superiores e inferiores em relação às linhas NA e NB, respectivamente, na tabela 5.

Tabela 5 – Medidas lineares e angulares do longo eixo dos incisivos superiores e inferiores em relação às linhas NA e NB, respectivamente

Grupo	1-NA (mm)			1.NA (°)			1-NB (mm)			1.NB(°)		
	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ	T0	T1	Δ
1	3,2	-1,7	-4,9	18,1	5,1	-13,0	13,1	5,3	-7,8	42,4	26,0	-16,4
1	4,1	0,0	-4,1	24,3	9,1	-15,2	16,8	8,4	-8,4	43,0	23,8	-19,2
1	8,2	2,5	-5,7	29,1	11,5	-17,6	16,2	7,9	-8,3	47,3	27,2	-20,1
2	5,8	0,5	-5,3	20,3	5,0	-15,3	20,1	10,3	-9,8	47,9	40,0	-7,9
2	5,9	1,7	-4,2	23,5	4,0	-19,5	10,4	4,4	-6,0	35,0	21,0	-14,0
2	7,6	3,3	-4,3	30,0	15,9	-14,1	9,9	8,1	-1,8	35,3	32,3	-3,0

A análise dos dados apresentados na tabela 5 apresentou variações entre os momentos T0 e T1 semelhantes para as medidas lineares e angulares dos incisivos

superiores, bem como variações semelhantes para as medidas lineares dos incisivos inferiores dos grupos 1 e 2, com apenas um paciente do grupo 2 apresentando pequena retração dos incisivos inferiores. Essa análise sugere que não houve diferença de controle de torque e de retração obtidos para os incisivos superiores entre as técnicas de fechamento de espaços em uma e duas etapas.

As maiores diferenças foram observadas para as medidas angulares dos incisivos inferiores dos grupos 1 e 2, sugerindo que a técnica de fechamento em uma etapa apresentou menor controle de torque dos incisivos durante a retração.

4.5 Tempo de tratamento

O tempo de tratamento necessário para o alinhamento e nivelamento e fechamento dos espaços das extrações (T0 a T1) está representado na tabela 6.

Tabela 6 – Tempo de tratamento até o fechamento dos espaços das extrações para cada um dos pacientes dos grupos 1 e 2

Paciente	Grupo	Tempo de Fechamento
2	1	36 meses
6	1	33 meses
5	1	22 meses
3	2	34 meses
4	2	33 meses
1	2	32 meses

A análise dos resultados apresentados na tabela 6 sugere que não houve diferenças no tempo necessário para o fechamento de espaços nas técnicas de uma e duas etapas. Apenas um paciente do grupo de fechamento de espaços em etapa única apresentou tempo inferior a 2 anos, enquanto todos os outros cinco pacientes apresentaram tempos superiores a 2,5 anos.

5 DISCUSSÃO

5.1 Plano experimental e seleção da amostra

Este estudo clínico prospectivo teve como objetivo analisar a movimentação de primeiros molares e de incisivos, superiores e inferiores, em pacientes Classe I de Angle com biprotrusão dentária, tratados com exodontias de primeiros pré-molares. Para isso, foram comparadas técnicas de fechamento de espaços em uma e duas etapas e procurou-se observar, por meio da superposição de exames tomográficos se há diferenças na retração de incisivos obtida e na perda de ancoragem dos primeiros molares.

Uma das causas da falta de evidência científica para o controle de ancoragem em casos de extrações, apontada na revisão sistemática de Feldmann e Bondemark⁵⁶ é a vasta heterogeneidade dos estudos existentes, principalmente a presença de variáveis confusas. Os critérios para seleção da amostra desse estudo visaram eliminar variáveis que poderiam causar vieses nos resultados.

Apesar do estudo de Geron et al.²⁹ não ter observado diferenças na comparação da perda de ancoragem em pacientes adolescentes e adultos, esse estudo levou em consideração que o crescimento poderia mascarar a movimentação observada. Desse modo, e da mesma forma que foi feito no estudo de Heo et al.⁵, foram selecionados pacientes adultos, sem crescimento.

O estudo de Geron et al.²⁹ também concluiu que o apinhamento é um fator relacionado com a perda de ancoragem. Segundo os autores, a perda de ancoragem observada é inversamente proporcional ao apinhamento inicial, contradizendo a hipótese de que quanto maior a deficiência de comprimento do arco, maior seria a necessidade de ancoragem. Para minimizar a influência desse fator, os critérios de inclusão do presente estudo buscaram compor uma amostra homogênea quanto ao apinhamento e para isso foram selecionados apenas pacientes com discrepância de modelos < 4mm.

Apesar dos efeitos do estrogênio como inibidor da reabsorção óssea e diminuição da taxa de movimentação ortodôntica⁵⁷ esse aspecto não foi levado em consideração em virtude da dificuldade de levantar uma amostra que preenchesse

os critérios de inclusão para este trabalho. Assim, foram selecionados pacientes de ambos os gêneros.

Também não foi levada em consideração a inclinação prévia dos dentes posteriores. No entanto, a classificação de Simon, com o objetivo de complementar a definição de Calvin Case sobre a biprotrusão dentária, considera que existem duas formas de biprotrusão. A primeira delas, caracterizada pela inclinação anterior de todos os dentes das arcadas e a segunda, caracterizada pela presença de dentes verticalizados, ou não, porém com os processos alveolares proeminentes em relação aos demais ossos da face.¹ A análise dos resultados revelou, nos primeiros molares inferiores de alguns pacientes, maiores movimentações mesiais do ápice radicular, do que a movimentação observada na coroa. É possível que tenha havido verticalização desses dentes, que se apresentavam inclinados para mesial no momento inicial do tratamento, o que justifica a aparente inclinação distal observada ao fim do tratamento em alguns molares (Figuras 23A, C e F).

A escolha da mecânica utilizada teve como objetivo minimizar o atrito em ambos os grupos. Para isso, os procedimentos de retração dos incisivos e retração em massa foram realizados com arcos retangulares, com alças de fechamento de espaços. Apenas a etapa de distalização dos caninos foi feita com mecânica com atrito, por deslizamento. A alternativa para minimizar o atrito dessa etapa seria a retração dos caninos com arcos segmentados com alças. Uma vez que os dentes já se encontravam alinhados e nivelados, não se desejava perder essa relação. Sendo assim, a solução encontrada foi a distalização de caninos em arco de aço com calibre reduzido de 0,018".

O protocolo de ativação utilizado foi padronizado para todas as ativações. Todas as mecânicas de retração em arcos com alças foram ativados com amarração dos ômega até a abertura de 1mm nas alças de retração. Apenas para a distalização dos caninos, a força de 150g aplicada foi aferida com tensiômetro (Figura 4B).

Todos os estudos encontrados^{2, 5, 29, 34, 56} que compararam os efeitos dentários das mecânicas de fechamento de espaços de extrações dentárias, até o presente momento, foram realizados utilizando imagens bi-dimensionais obtidas a partir de telerradiografias de perfil. Com o advento da tomografia computadorizada de feixe cônico, observou-se a necessidade de realizar esse estudo a partir de meios tridimensionais de diagnóstico. Com esse fim, os pacientes dessa amostra

foram documentados com CBCT iniciais, foram tratados com mecânicas de fechamento de espaços de extrações para correção da biprotrusão dentária e foram novamente documentados com CBCT após o fechamento de espaço.

A metodologia empregada neste estudo para a avaliação de imagens tridimensionais é semelhante à apresentada por Cevitanes et al.¹⁴, diferindo apenas do objeto do estudo. Enquanto aqueles autores buscaram avaliar alterações esqueléticas, o presente trabalho analisou alterações dentárias. A metodologia aqui utilizada trata-se de um método semi-automático de segmentação e totalmente automático de registro e mensuração, com resultados confiáveis, eliminando erros dependentes do operador¹⁴, que foi validada para avaliar estruturas ósseas.

Para verificar a movimentação dentária, foi necessária a segmentação dos dentes a serem avaliados. A segmentação de um dente leva de duas a três horas e requer treinamento do operador, pois a intensidade do tom de cinza dos *voxels* do cimento radicular é muito semelhante ao tom de cinza do osso alveolar e o controle do *threshold* durante a segmentação depende de escolhas do operador. Desta forma, foi preciso verificar a confiabilidade da construção dos modelos virtuais isolando estruturas dentárias do osso alveolar, já que esta etapa é semi-automática, passível de edição manual.

Duas tomografias foram segmentadas novamente pelo mesmo operador, e os modelos virtuais obtidos foram superpostos sobre a primeira segmentação deles mesmos para avaliar a existência de alterações. Essa etapa não evidenciou diferenças maiores que 0,6mm, nas regiões de interesse para esse estudo, o que mostrou que a metodologia utilizada na construção de modelos é bastante reproduzível e as diferenças encontradas entre a segmentação dos dois modelos virtuais comparados são de aproximadamente o tamanho de um *voxel* e não foram consideradas clinicamente relevantes.

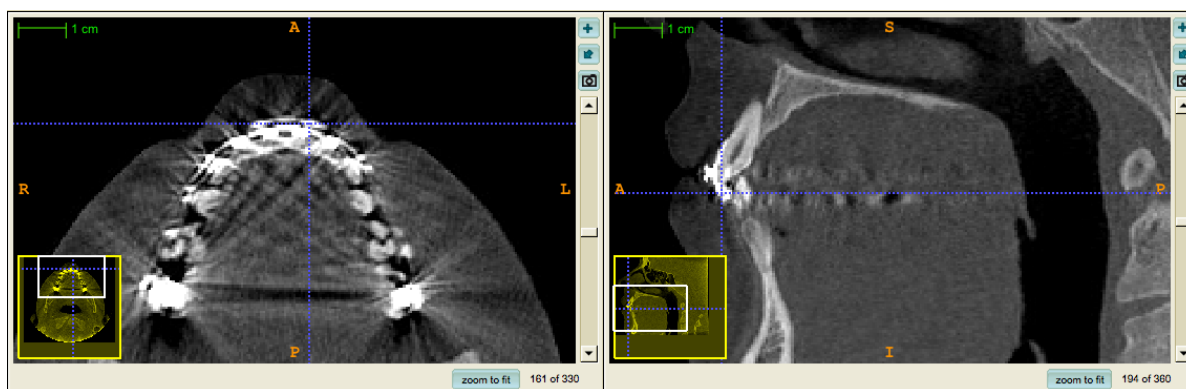
Na análise do erro de método dos modelos em T1 foram observadas diferenças maiores, da ordem de 1,062mm, porém ela foi observada na região do bráquete metálico colado ao dente, e a presença desse artefato causa alterações na imagem tomográfica, como demonstrado por Ye et al.⁴⁹

Como nesse estudo foi o mesmo operador que realizou as duas segmentações utilizadas para análise do erro de método, se desconhece os resultados do processo de segmentação com diferentes operadores.

Pretendia-se utilizar para a avaliação da retração dos incisivos o mesmo método utilizado na avaliação e mensuração da perda de ancoragem dos primeiros molares superiores e inferiores. Porém a presença dos bráquetes colados aos incisivos inferiores no momento T1 tornou a segmentação dos incisivos superiores de difícil execução e muitas vezes inviável, o que tornaria os dados obtidos não confiáveis.

Essa dificuldade metodológica, devido à presença de artefatos, produziu imagens que se confundiam com as bordas incisais dos incisivos superiores, conforme pode ser visto na figura 25.

Figura 25 – Seleção de tela do *software* ITK – Snap.



Legenda: Os artefatos de imagem causados pelos bráquetes dos incisivos inferiores impossibilitaram a segmentação das bordas incisais dos incisivos superiores em T1.

Para eliminar o problema dos artefatos na região de incisivos, uma solução indicada seria a confecção de um dispositivo para manter os dentes em desocclusão durante a aquisição da imagem tomográfica. Esse dispositivo permitiria a segmentação isolada dos dentes superiores e inferiores e também visualizar a face oclusal dos dentes posteriores para compreender melhor de que forma acontece a movimentação desses elementos, principalmente dos primeiros molares superiores que, conforme observado nesse estudo, sofrem perda de ancoragem por rotação sobre a raiz palatina (Figuras 17 e 18).

Além dos artefatos de imagem causados por estruturas metálicas, existem outras dificuldades na segmentação de dentes. A intensidade dos tons de cinza dos *voxels* do cemento radicular, é muito semelhante à dos tons de cinza do osso alveolar, principalmente nos dentes inferiores. Essa característica torna difícil a

execução dessa etapa e, por esse motivo, estudos que avaliem a reabsorção radicular após a conclusão do tratamento ortodôntico devem ser realizados com muita cautela.

Para a segmentação dos modelos virtuais do presente estudo, foi realizada a reformatação dos *voxels*, que inicialmente mediam 0,3mm e foram reformatados para 0,5mm. Essa reformatação teve como objetivo reduzir o tamanho dos arquivos gerados e o tempo de processamento, viabilizando a execução das etapas em um computador convencional, sem perda das dimensões das estruturas tomografadas.

Os resultados obtidos nesse estudo são de caráter preliminar devido ao pequeno tamanho da amostra ($n=6$) e permitiram a determinação do tamanho de uma amostra representativa para um estudo futuro. Como a menor diferença encontrada para os resultados estatisticamente significativos foi de 1mm, este valor foi considerado a diferença média esperada entre os grupos. Sendo assim, realizou-se um cálculo amostral, com uma diferença média de 1,0mm, desvio-padrão $\pm 1,0$ mm, nível de confiabilidade 0,05 e poder 0,8, que resultou em um total de 16 indivíduos para cada grupo avaliado.

5.2 Movimentação de molares

A literatura aponta resultados bastante controversos quanto à perda de ancoragem de molares em fechamentos de espaços em uma e duas etapas.

Enquanto Proffit e Fields⁶, afirmam que a técnica de fechamento em uma etapa única leva à maior perda de ancoragem, quando comparada à técnica de duas etapas, Xu et al.³⁷, por meio de um estudo clínico randomizado comparando as técnicas de um e dois tempos em pacientes Classes I e II em crescimento, observaram perda de ancoragem ligeiramente maior no grupo de fechamento em duas etapas, porém sem diferenças estatisticamente significativas. Com esses achados o estudo clínico randomizado de Xu et al.³⁷ contestou a crença de muitos clínicos de que a retração em massa é mais conservadora para a perda de ancoragem. De forma semelhante, o estudo clínico prospectivo realizado por Heo et al.⁵, comparando a perda de ancoragem em mulheres adultas com má oclusão

Classe I de Angle submetidas à exodontia de primeiros pré-molares não encontrou diferenças significativas entre os grupos de retração em massa e em duas etapas.

No presente estudo, a análise das medianas calculadas para o deslocamento dos primeiros molares superiores dos grupos 1 e 2 foi em torno de 3mm, muito semelhante ao que foi observado por Geron et al.²⁹, nos pacientes tratados com a técnica vestibular. Houve maior diferença no deslocamento da coroa e da raiz para os molares do grupo 2, tanto superiores quanto inferiores. Esses resultados sugerem que o fechamento em massa leva à perda de ancoragem dos primeiros molares com movimentos de translação nesses dentes, enquanto o fechamento de espaço em duas etapas leva à inclinação desses dentes (Figuras 13 e 19).

O método empregado nesse estudo permitiu a visualização da perda de ancoragem sofrida pelos primeiros molares em três dimensões. Essa visualização de superfícies tridimensionais, ao invés de linhas e pontos cefalométricos fornece resultados mais confiáveis e detalhados.¹³ Os resultados obtidos nesse estudo revelaram, de forma interessante, que a perda de ancoragem dos primeiros molares superiores se dá pela rotação sobre a raiz palatina, cujo ápice apresentou coloração verde ou próxima de verde nas superposições de todos os pacientes analisados, mostrando o pequeno, ou até nulo deslocamento sofrido por essa estrutura (Figuras 17 e 18).

Provavelmente essa rotação sobre a raiz palatina se dá pela posição da colagem dos bráquetes. A montagem do aparelho vestibular ao centro de resistência justifica a movimentação observada. De fato, no estudo de Geron et al.²⁹, quando comparados os pacientes dos grupos tratados com a técnica vestibular e lingual, foi constatado que a perda de ancoragem foi significativamente maior no grupo tratado com a técnica vestibular ($3\text{mm} \pm 1,4$ para as medições realizadas na radiografia), do que com a técnica lingual ($1,8\text{mm} \pm 1,4$, para as medições em radiografias). Os autores afirmam que as mecânicas por lingual levam a torque vestibular de raiz e rotação distal, gerando ancoragem cortical das raízes.

5.3 Retração dos dentes anteriores

As medidas lineares e angulares dos incisivos são muito semelhantes entre os pacientes dos grupos 1 e 2, com exceção das medidas angulares para os incisivos inferiores do grupo 2. As diferenças entre T0 e T1 para a medida 1.NB foram maiores para o grupo 1, sugerindo que a retração em massa leva à maior retroinclinação dos incisivos inferiores.

As diferenças da localização do centro de resistência descritas por Yoshida et al.³⁰, quando da inclusão dos caninos ao bloco de dentes anteriores para retração, parecem não ter influenciado os pacientes dessa amostra, uma vez que as diferenças observadas para os grupos 1 e 2 nos dentes superiores foram semelhantes e consideradas clinicamente insignificantes. Esses resultados não condizem com o que foi descrito por Marcotte³⁸ e Burstone³⁴, que afirmam que a retração em massa permite maior controle da inclinação dos incisivos devido à localização do centro de resistência.

Os resultados observados por Heo et al.⁵, também não mostraram diferenças na movimentação dos incisivos superiores dos grupos tratados em uma e duas etapas, concordando com este trabalho. A única diferença encontrada foi que no grupo em duas etapas ocorreu movimento de inclinação descontrolada, com medidas da borda incisal e do ápice do incisivo superior do grupo em uma etapa em relação à PTV = $-6,30\text{mm} \pm 1,81$ e $-1,09\text{mm} \pm 1,10$, respectivamente e medidas da borda incisal e do ápice do incisivo superior do grupo em duas etapas em relação à PTV = $-6,52\text{mm} \pm 1,27$ e $0,64\text{mm} \pm 0,99$, respectivamente. Esses resultados mostraram que a inclinação no grupo de duas etapas foi suavemente maior do que no grupo de uma etapa única, sem diferença estatística e clínica.

5.4 Tempo de tratamento

O tempo de fechamento de espaços também foi analisado e comparado nesse estudo. A literatura reforça a informação de que a técnica de fechamento em massa é mais rápida^{6-8, 34, 38}, e não apresenta desvantagens inerentes à técnica em

duas etapas, que incluem a inclinação e rotação dos caninos, quando retraídos isoladamente³⁷. Os resultados obtidos não mostraram diferenças significativas entre os grupos de fechamento em uma ou duas etapas. Apenas um paciente do grupo 1 apresentou o fechamento dos espaços em um período de tempo inferior a dois anos. Essa variável, porém, deve ser analisada com cautela devido ao tamanho reduzido da amostra e ao fato de se tratar de um estudo realizado em uma clínica de Universidade, que respeita um calendário acadêmico com férias.

5.5 Considerações finais

A importância desse estudo se justificou pelo fato de não haver na literatura um trabalho com a mesma metodologia empregada, que se mostrou reprodutível. Os resultados aqui descritos sugerem diferenças entre os grupos, em especial maior inclinação mesial do molar inferior na técnica de duas etapas, assim como, o giro do molar superior sobre a raiz palatina, que só pode ser observado em virtude das imagens tridimensionais.

Apesar desse estudo não ter encontrado diferenças na retração dos incisivos superiores, a técnica de fechamento em massa apresenta grande vantagem estética durante o tratamento em relação à de duas etapas. Uma vez que no fechamento em massa o espaço da extração não é transferido para a região anterior, como acontece após a distalização do canino na técnica de duas etapas, esta técnica pode ter maior aceitação pelos pacientes.

Indica-se fortemente a continuação desse trabalho com a ampliação da amostra para verificar se as diferenças e observações aqui descritas para os grupos avaliados seriam observadas numa amostra representativa.

A partir desses resultados preliminares foi possível determinar o tamanho da amostra necessária e, apesar das limitações deste estudo, os resultados encontrados mostraram que a realização dessa pesquisa foi viável, exequível e confiável. No entanto, vale salientar que a seleção da amostra e o tratamento ortodôntico desses pacientes, em ambiente Universitário, requer tempo de execução médio de mais de 36 meses.

6 CONCLUSÃO

A partir desse estudo pode-se concluir que:

- a) A segmentação, pelo mesmo operador, dos primeiros molares superiores e inferiores apresentou boa reprodutibilidade, viabilizando a superposição de imagens tomográficas para avaliação de movimentação dentária;
- b) A movimentação mesial dos primeiros molares superiores e inferiores se deu por movimento de translação para o grupo de fechamento em massa e de inclinação para o grupo em duas etapas;
- c) O deslocamento mesial de raiz dos primeiros molares superiores foi maior para a técnica de fechamento em massa e a perda de ancoragem dos primeiros molares superiores ocorreu por rotação sobre a raiz palatina nos dois grupos. Houve maior movimento mesial de coroa dos primeiros molares inferiores para a técnica de fechamento de espaços em duas etapas;
- d) Não há diferença para a movimentação observada em incisivos superiores entre os grupos, porém observou-se que os incisivos inferiores do grupo tratado com fechamento em massa apresentaram menor controle de torque;
- e) Não houve diferença entre o tempo de tratamento para os dois grupos.

REFERÊNCIAS

- 1 Lewis SJ. Bimaxillary Protrusion. Angle Orthod 1943;13(3-4):51–9.
- 2 Bills DA, Handelman CS, BeGole EA. Bimaxillary dentoalveolar protrusion: traits and orthodontic correction. Angle Orthod 2005;75:333-9.
- 3 Solem RC, Marasco R, Gultierrez-Pulido L, Nielsen I, Kim S-H, Nelson G. Three dimensional soft-tissue and hard-tissue changes in the treatment of bimaxillary protrusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2013;144:218-28.
- 4 Strang RHW. Axial inclination of teeth in extraction cases. Angle Orthod 1957;27(1):11-3.
- 5 Heo W, Nahm D-S, Baek S-H. En masse retraction and two-step retraction of maxillary anterior teeth in adult class I women – A comparison of anchorage loss. Angle Orthod 2007;77(6):973-8.
- 6 Proffit WR, Fields HW Jr. Contemporary orthodontics. 3rd ed. St Louis, Mo: CV Mosby; 2000:348.
- 7 Roth RH. Treatment mechanics for the straight-wire appliance. In: Graber TM, Vanarssal RL, eds. Orthodontics, Current principles and techniques. 2nd ed. St Louis, Mo: CV Mosby; 1994:685-711.
- 8 Kulberg AJ. Steps in orthodontic treatment. In: Bishara SE, ed. Textbook of orthodontics. Philadelphia, Pa: WB Saunders;2001:240-2.
- 9 Staggers JA, Germane N. Clinical considerations in the use of retraction mechanics. J Clin Orthod 1991;25:364-9.
- 10 Burstone C. Anchorage control and the extraction patient. In: Sachdeva RCL, Bantleon HP, White L, Johnson J, eds. Orthodontics for the next millenium. Glendora, Calif: Ormco; 2001:293.
- 11 Urias D, Mustafa FIA. Anchorage control in bioprogressive vs straight-wire treatment. Angle Orthod 2005;75:987-92.
- 12 Cevidanes LHS, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;129:611-8.
- 13 Motta ATS, Carvalho, FAR, Oliveira, AEF, Cevidanes, LHS, Almeida, MAO. Superimposition of 3D cone-beam CT models in orthognatic surgery. Dental Press J Orthod 2010;15(2):39-41.
- 14 Cevidanes LHS, Bailey LJ, Tucker Jr GR, Styner MA, Mol A, Phillips CL, Proffit WR, Turvey T. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognatic surgery patients. Dentomaxillofac Radiol 2005;34(6):369-75.

- 15 Cole HJ. Bodily Retraction of maxillary incisors in extraction cases Angle Orthod. 1965;35(2):121-5.
- 16 Gjessing P. Controlled retraction of maxillary incisors. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1992;101:120-31.
- 17 Scott SH, Johnston LE Jr. The perceived impact of extraction and nonextraction treatments matched samples of African American patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999;116:352-60.
- 18 Farrow AL, ZarrinniaK, Azizi K. Bimaxillary protrusion in black Americans – an esthetic evaluation and the treatment considerations. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1993;104:240-50.
- 19 Leonardi R, Annunziata A, Licciardello V, Barbato E. Soft tissue changes following the extraction of premolars in nongrowing patients with bimaxillary protrusion – A systematic review. Angle Orthod 2010;80:211-6.
- 20 Park H-S, Kwon T-G, Sung J-H. Nonextraction treatment with microcrew implants. Angle Orthod 2004;74:539-49.
- 21 Favero L, Brollo P, Bressan, E. Orthodontic Anchorage with specific fixture: related study analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122(1):84-94.
- 22 Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. Am J Orthod 1984;86(2):95-111.
- 23 Park H-S, Lee S-K, Kwon O-W. Group distal movement of teeth using microcrew implant anchorage. Angle Orthod 2005;75:602-9.
- 24 Tweed CH. Indications for the extraction of teeth in orthodontic procedures. Am J Orthod Oral Surg. 1944;30(8):405-28.
- 25 Herzberg BL. The Tweed formula, anchorage preparation and facial esthetics. Angle Orthod 1953;24(3):170-7.
- 26 Kim T-K, Kim J-T, Mah J, Yang W-S, Baek S-H. First or second premolar extraction effects on facial vertical dimension. Angle Orthod 2005;75:177-82.
- 27 Creekmore TD. Where teeth should be positioned in the face and jaws and how to get them there. J Clin Orthod 1997;31:586-608.
- 28 Ong HB, Woods MG. An occlusal and cephalometric analysis of maxillary first and second premolar extraction effects. Angle Orthod 2001;71:90-102.
- 29 Geron S, Shpack N, Kandos S, Davidovitch M, Vardimon AD. Anchorage Loss – A multifactorial response. Angle Orthod 2003; 73(6):730-7.

- 30 Yoshida YK, Mimaki N, Kobayashi K. In vivo determination of the centres of resistance of maxillary anterior teeth subjected to retraction forces. *European J Orthod* 2001;23(5):529-34.
- 31 Melsen B, Fotis V, Burstone CJ. Vertical force considerations in differential space closure. *J Clin Orthod* 1990;24:678-83.
- 32 Baumrind S, Korn EL, Boyd RL, Maxwell R. The decision to extract: part 1 - interclinician agreement. *Am J Orthod Orthop* 1996;109:297-309.
- 33 Jung M-H. A comparison of second premolar extraction and mini-implant total arch distalization with interproximal stripping. *Angle Orthod* 2013;83:680-5.
- 34 Burstone CJ, Hanley, KJ. *Modern Edgewise Mechanics Segmented Arch*, Glendora: Ormco; 1995:139.
- 35 Kuhlberg AJ, Priebe DN. Space closure and anchorage control. *Semin Orthod* 2001;7:42-9.
- 36 Yoon-Tarlie C, Sadowsky C. Management of anteroposterior dental movements. *Semin Orthod* 2000;6:58-65.
- 37 Xu T-M, Zhang X, Oh HS, Boyd RL, Korn EL, Baumrind S. Randomized clinical trial comparing control of maxillary anchorage with 2 retraction techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:544.e1-544.e9.
- 38 Marcotte MR. *Biomechanics in Orthodontics*. 2^a ed. São Paulo: Santos; 2003:179.
- 39 Nanda R, Kuhlberg A. Biomechanical basis of extraction closure. In: Nanda R, Kuhlberg A, eds. *Biomechanics in Clinical Orthodontics*. Philadelphia, Pa: WB Saunders; 1996:156-87.
- 40 Hart A, Taft L, Greenberg SN. The effectiveness of differential moments in stabilizing and maintaining anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102:434-42.
- 41 Tweed CH. Bimaxillary protrusion treatment. In: Tweed CH. *Clinical Orthodontics*. v. 2, St Louis, Mosby; 1966:951.
- 42 Storey E, Smith R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. - *Aust J Dent* 1952;56:13.
- 43 Rajcich MM, Sadowsky C. Efficacy of intra-arch mechanics using differential moments for achieving anchorage control in extraction cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:441-8.
- 44 Williams R, Hosila FJ. The effect of different extraction sites upon incisor retraction. *Am J Orthod* 1976;69:388-410.

- 45 Strang RHW. Orthodontic Anchorage. *Angle Orthod* 1941;11(3):173-86.
- 46 Melsen B, Bosch C. Different approaches to anchorage: a survey and an evaluation. *Angle Orthod* 1997;67(1):23-30.
- 47 Mah J, Hatcher D. Three-dimensional craniofacial imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:308-9.
- 48 Guo Q, Zhang S, Liu H, Wang C, Wei F, Lv T, Wang, N, Liu D. Three dimensional evaluation of upper anterior alveolar bone dehiscence after retraction and intrusion in adult patients with bimaxillary protrusion malocclusion. *J Zhejiang Univ-Sci B Biomed & Biotechnol* 2011 12(12):990:7.
- 49 Ye N, Jian F, Xue J, Wang S, Liao L, Huang W, Yang X, Zhou Y, Lai W, Li J, Wang J. Accuracy of in-vitro tooth volumetric measurements from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142:879-87.
- 50 Liu Y, Olszewski R, Alexandroni ES, Enciso R, Xu T, Mah JK. The validity of in vivo tooth volume determinations from cone-beam computed tomography. *Angle Orthod* 2010;80:160-6.
- 51 Chapius J, Schramm A, Pappas I, Hallermann W, Schwenzer-Zimmerer K, Langlotz F, et al. A new system for computer-aided preoperative planning and intraoperative navigation during corrective jaw surgery. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2007;11(3):274-87.
- 52 Gerig G, Jomier M, Chakos M. Valmet: a new validation tool for assessing and improving 3D object segmentation. *Med Image Computer Comput Assist Interv. 2001;2208:516-28.*
- 53 Board Brasileiro. Disponível em: <<http://www.bbo.org.br>>. Acesso em: 3 nov. 2013.
- 54 Portal Morell de Ortodontia. Disponível em: <<http://www.morelli.com.br>>. Acesso em 3 nov. 2013.
- 55 Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, Gerig G. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage.* 2006 Jul 1; 31(3):1116-28.
- 56 Feldmann I, Bondmark L. Orthodontic Anchorage: a Sistematic Review. *Angle Orthod* 2006;76:493-501.
- 57 Ramos LVT, Furquim LZ, Consolaro A. A influência de medicamentos na movimentação ortodôntica – Uma análise crítica da literatura. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial* 2005; 10(1):122-30.

APÊNDICE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**COMPARAÇÃO DA PERDA DE ANCORAGEM DE MOLARES USANDO DUAS TÉCNICAS PARA FECHAMENTO DE ESPAÇOS NO TRATAMENTO DE BIPROTRUSÕES DENTÁRIAS COM EXODONTIA DE PRIMEIROS PRÉ-MOLARES POR MEIO DE SUPERPOSIÇÃO TOMOGRÁFICA.**

Você é um paciente portador de má oclusão Classe I de Angle com biprotrusão dentária. Isso quer dizer que os seus dentes posteriores estão bem encaixados, entretanto os dentes anteriores encontram-se inclinados para frente devido à falta de espaço nos ossos maxilares para acomodá-los. Essa inclinação dos dentes anteriores, além de prejudicar as funções orais, tais como fala e mastigação, prejudica também a estética facial, por deixar o seu perfil mais convexo. O tratamento de casos como o seu envolve a extração de quatro dentes (um de cada lado, nas arcadas superior e inferior) para que seja obtido espaço para a correta colocação dos dentes nas bases ósseas. Temos interesse em tratar o seu caso e observar os resultados encontrados. Para isso, gostaríamos do seu consentimento para realizarmos a documentação inicial que constará de radiografias, fotos, modelos de gesso e tomografia computadorizada. Após a coleta dessas informações, você será submetido à montagem de aparelho e à movimentação dentária. No momento ideal, você será encaminhado ao Cirurgião Buco-Maxilo-Facial para realizar a exodontia de quatro primeiros pré-molares, para que seja dada continuidade ao seu tratamento. O espaço da extração será usado para levar seus dentes anteriores para trás, corrigindo o posicionamento incorreto dos mesmos. Nesse momento será solicitada nova documentação ortodôntica, que constará de tomografia computadorizada. Ao final do tratamento, seus dentes estarão bem alinhados, bem encaixados e bem posicionados, sem espaço entre eles. Todos os procedimentos realizados serão cobrados de acordo com a tabela em vigor para os procedimentos realizados nas clínicas da UERJ.

Garantimos que estaremos disponíveis para esclarecer qualquer dúvida que você venha a ter. Também esclarecemos que a concordância em participar da pesquisa não altera o seu tratamento. Assim como é de seu total direito o abandono à esta em qualquer momento, sabendo que, desse modo seu tratamento ortodôntico pode não

estar finalizado. Todos os dados coletados, são de total sigilo, e assim serão mantidos. Quando divulgados os resultados, o nome dos participantes não será referido em momento algum.

Eu,..... (paciente ou responsável)
fui informado dos objetivos da pesquisa de maneira clara e detalhada. Recebi informações a respeito das avaliações que serão realizadas, e esclareci todas as minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão, se assim desejar. Foi-me certificado pela Dra. Camila de Sousa Dardengo que todos os dados referentes a minha pessoa serão confidenciais, bem como o meu tratamento não será modificado em razão desta pesquisa. Fui informado que, caso existam danos à minha saúde, causados diretamente pelos procedimentos de avaliação incluídos na pesquisa, exceto por aqueles decorrentes durante meu deslocamento até a instituição, ou da mesma ao meu destino, terei direito a indenização conforme estabelece a lei. Também sei que não me será cobrado nada além do que me foi esclarecido no momento da minha matrícula na Clínica de Ortodontia da UERJ.

Caso eu tenha qualquer pergunta sobre meus direitos como participante deste estudo, posso chamar a Dra. Camila de Sousa Dardengo no telefone (27) 9962-3711.

Declaro que recebi cópia do presente Termo de Consentimento.

Local e data: _____

Assinatura do paciente: _____

Assinatura do pesquisador: _____

ANEXO – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa

Plataforma Brasil - Ministério da Saúde

Hospital Universitário Pedro Ernesto/ Universidade do Estado do Rio de Janeiro

PROJETO DE PESQUISA

Título: Comparação da perda de ancoragem de molares usando duas técnicas para fechamento de espaços: estudo tomográfico.

Área Temática:

Pesquisador: Camila de Sousa Dardengo

Versão: 1

Instituição: Hospital Universitário Pedro Ernesto/UERJ

CAAE: 01571712.1.0000.5259

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 56461

Data da Relatoria: 11/07/2012

Apresentação do Projeto:

O projeto está bem apresentado

Objetivo da Pesquisa:

Avallar movimentações dentárias, através de tomografias, utilizando-se 2 técnicas ortodônticas distintas

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há riscos para os pacientes da pesquisa

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto é relevante e está bem elaborado

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Toda documentação pertinente foi apresentada

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto pode ser realizado da forma com que está delineado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e termo de consentimento livre e esclarecido. Nestas circunstâncias a inclusão de pacientes deve ser temporariamente interrompida até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. O Comitê de Ética solicita a V. S^a., que ao término da pesquisa encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto.

RIO DE JANEIRO, 16 de Julho de 2012

Assinado por:
WILLE OIGMAN