



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

Faculdade de Odontologia de Araraquara

KÉLEI CRISTINA DE MATHIAS ALMEIDA

**AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL DO
TRATAMENTO DA CLASSE II DIVISÃO 1
COM APARELHO DE HERBST**

Araraquara

2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

Faculdade de Odontologia de Araraquara

KÉLEI CRISTINA DE MATHIAS ALMEIDA

**AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL DO
TRATAMENTO DA CLASSE II DIVISÃO 1
COM APARELHO DE HERBST**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas - Área de Ortodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli

Araraquara

2012

Almeida, Kélei Cristina de Mathias

Avaliação tomográfica tridimensional do tratamento da classe II
divisão 1 com aparelho de Herbst / Kélei Cristina de Mathias
Almeida.-- Araraquara: [s.n.], 2012.

172 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli

1. Má oclusão de Angle classe II 2. Aparelhos ortopédicos
3. Tomografia computadorizada de feixe cônico 4. Imagem
tridimensional I.Título.

KÉLEI CRISTINA DE MATHIAS ALMEIDA

**AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL
DO TRATAMENTO DA CLASSE II DIVISÃO 1 COM
APARELHO DE HERBST**

Comissão Julgadora

Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Presidente e Orientador.....Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli

2° Examinador.....Prof. Dr. Francisco A. Bertoz

3° Examinador.....Prof. Dr. Ary dos Santos-Pinto

Araraquara, 14 de maio de 2012.

DADOS CURRICULARES

NOME Kélei Cristina de Mathias Almeida

NASCIMENTO 30/06/1972- Fernandópolis/SP

FILIAÇÃO Waldemar de Mathias

Taeko Nakamoto de Mathias

FORMAÇÃO ACADÊMICA

1990-1993 Curso de Graduação, Universidade de Ribeirão Preto-UNAERP

2006-2008 Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Ortodontia, nível Especialização, Faculdade de Odontologia de Araçatuba - UNESP

2010-2012 Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Ortodontia, nível Mestrado, Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

DEDICATÓRIA

Não há caminhada sem esforço;

Não há conquista sem perseverança;

Não há plenitude sem fé;

Não há felicidade sem a minha família.

Assim, dedico este trabalho à minha família:

meu marido Herivelto e aos nossos filhos,

Henrique e Luiza.

Amo vocês!

DEDICATÓRIA ESPECIAL

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Taeko e Waldemar de Mathias, que me deram o sustentáculo para a vida, fundamentado em valores morais e éticos onde o elucidaram, sobretudo, através de seus atos. Deram-me também autonomia para fazer minhas escolhas, seguros disso, o fizeram, pois estava alicerçada no principal aprendizado, o Comprometimento.

Esse Comprometimento por mim adquirido, firmado por meus pais primeiramente com Deus, é o que conduz a minha vida. Sou grata a vocês, por tudo que são e representam. Minha mãe, pela sua doação e amor incondicional. Meu pai, admirável exemplo de vida, de incomensurável sabedoria, homem vitorioso e simples, longe de ser simplista, dessa forma, você é simplesmente a consequência de todo o seu absoluto Comprometimento. Obrigada por serem presentes em minha vida.

AGRADECIMENTOS ESPECIAS

A Deus, pela sua infinita bondade e generosidade. Por guiar e proteger a mim e minha família, como um pastor que cuida das suas ovelhas. Quero ser sempre merecedora das suas bênçãos.

Salmos, 37:3 - Confia no Senhor e faze o bem; habita na terra e alimenta-te da verdade.

A Herivelto de Almeida, meu marido, meu amor. Seu companheirismo, atenção e carinho tornam a nossa caminhada muito mais simples e prazerosa. Seu incentivo e estímulo foram fundamentais e muito contribuem para qualificar o resultado de cada conquista: valeu a pena! Obrigada.

Aos meus irmãos, Sandra e Júnior, aos meus cunhados Júlio, Fátima, Cristina e Ana Lúcia e aos meus tios, Ivonice e Ariovaldo, pela união e o maravilhoso convívio, por sempre torcerem e vibrarem por cada conquista em nossa família.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli, pelo tempo despendido com carinho e paciência para a realização deste trabalho. Mestre admirável, de muita sabedoria e experiência: especialista em ensinar, mas, sobretudo, exímio cultivador da minha vontade pelo saber. Obrigada pela oportunidade e convivência.

Ao Prof. Dr. Ary dos Santos-Pinto, pela sua solicitude, foi o primeiro a me acolher nesta instituição. Seus predicados como profissional e como ser humano são inumeráveis e inauditos; sua colaboração neste trabalho foi fundamental. Obrigada por compartilhar os seus conhecimentos e saber influir.

À Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins, por seu altruísmo e generosidade. Mulher forte e resignada que tem a minha admiração. Obrigada pela ótima convivência e pelos sábios ensinamentos.

À minha admirável tia, Ivete de Mattias Sartori, exemplo de profissional competente e comprometida, que me estimulou e inspirou para a vida acadêmica.

Às amigas Ana Patrícia e, principalmente, Sandra, pelo respaldo dispensado sempre que solicitado, pela amizade e todo o maravilhoso tempo de convivência.

À Savana e Renata, que a mim confiaram seus pacientes.

Aos amigos Fabiano e, principalmente, Marco Aurélio, da Odontopediatria, que sempre se dispuseram a colaborar e a compartilhar, generosamente, seus conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

À **Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP**, na pessoa de seu Magnífico Reitor Prof. Dr. Júlio Cezar Durigan.

À **Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr**, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, na pessoa de sua diretora, Profa. Dra. Andréia Affonso Barretto Montandon e sua vice-diretora, Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Mussucato.

Ao **Departamento de Clínica Infantil** da Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr, representado pelos professores: Dra. Lídia Parsekian Martins (chefe) e Dr. Fábio César Braga de Abreu e Lima (vice-chefe).

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas** coordenado pelos professores: Dra. Josimeri Hebling Costa (coordenadora) e Dr. Edson Alves de Campos (vice-coordenador).

Aos **professores da Disciplina de Ortodontia**: Dr. Dirceu Barnabé Ravelli, Dr. Ary dos Santos-Pinto, Dr. João Roberto Gonçalves, Dra. Lídia Parsekian Martins, Dr. Luiz Gonzaga Gandini Junior e Dr. Maurício Tatsuei Sakima — , uma das melhores equipes de Ortodontia do país — pelos valiosos ensinamentos.

Aos **professores da Disciplina de Odontopediatria:** Dra. Lourdes dos Santos-Pinto, Dra. Rita de Cássia Loiola Cordeiro, Dra. Angela Cristina Cilense Zuanon, Dr. Cyneu Aguiar Pansani, Dra. Josimeri Hebling Costa, Dra. Elisa Maria Aparecida Giro, Dr. Fábio César Braga de Abreu e Lima.

Às **minhas colegas de turma de Mestrado:** Ana Patrícia, Cibele, Liliane, Karla, Patrícia e Vanessa, pela ótima convivência, companheirismo e troca de experiência. Que vocês trilhem um caminho de sucesso!

Aos **funcionários do Departamento de Clínica Infantil**, por oferecerem suporte para a adequada realização das atividades clínicas e científicas, principalmente ao Antonio Parciaseppe Cabrini por confeccionar os aparelhos desta pesquisa.

Aos **funcionários da seção de Pós-Graduação**, pelo auxílio e gentileza, especialmente à Mara, por estar sempre disposta a ajudar.

À **Maria do Carmo** pela generosa ajuda e disposição no seu atendimento, fundamentais para finalização dos relatórios científicos.

Aos **meus pacientes**, muito obrigada pela confiança e colaboração.

À **FAPESP** pelo apoio financeiro fundamental para a realização e divulgação de todo o estudo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	14
1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	25
3 PROPOSIÇÃO.....	65
4 MATERIAL E MÉTODO.....	67
5 RESULTADO.....	111
6 DISCUSSÃO.....	125
7 CONCLUSÃO.....	142
8 REFERÊNCIAS	144
ANEXO	167
APÊNDICE.....	169

RESUMO

Almeida KCM. Avaliação tomográfica tridimensional do tratamento da Classe II divisão 1 com aparelho de Herbst [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia de Araraquara; 2012.

Resumo

Este estudo prospectivo teve como objetivo avaliar tridimensionalmente a rotação e deslocamento dos primeiros molares permanentes induzidos pelo uso do aparelho Herbst bandado em pacientes com Classe II divisão 1, tratados após o surto de crescimento pubertário. A amostra constituída por 24 pacientes leucodermas —, 10 do gênero feminino e 14 do gênero masculino, com idade cronológica média de 16 anos e 1 mês. Os pacientes foram tratados com aparelho de Herbst bandado por um período de 8 meses. Para a avaliação inicial e final, foram utilizadas tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) realizadas antes da colocação do aparelho e após a remoção do mesmo. A obtenção das tomografias foi feita com tomógrafo i-CAT Classic e os dados foram exportados no formato DICOM (Digital Image and Communication in Medicine) e avaliados no programa Dolphin® Imaging 11.5 Premium (Dolphin Imaging & Management Solutions, Petterson Technology, Chatsworth, CA, EUA). Foram analisadas dezessete medidas lineares avaliadas nos cortes multiplanares, nos planos: coronal, sagital e axial, duas vezes por um observador previamente calibrado. Os dados obtidos foram calculados por um programa de *software* desenvolvido para esta pesquisa, através do sistema de coordenadas cartesianas tridimensional. Tal sistema é constituído por três retas mutuamente perpendiculares, nos três planos

do espaço, representados pelos eixos X, Y e Z e que se interceptam num ponto com ângulos retos entre si, chamado de Origem, que nesta pesquisa é o Ponto Zero. Qualquer aplicação em que seja necessário saber a localização e orientação de corpos no espaço utiliza-se o conceito de sistema de coordenadas. A análise estatística foi realizada por meio do teste t de *Student*, com nível de significância de 5%. Esta pesquisa, relativa ao uso do aparelho de Herbst bandado, permitiu a constatação dos seguintes fatos: correção da má oclusão de Classe II, divisão 1; intensificação dos movimentos dentários de rotação e o deslocamento nos molares inferiores, em relação aos superiores; distalização dos molares superiores, por deslocamento e rotação, e discreta expansão; mesialização dos molares inferiores, por deslocamento e rotação, e discreta expansão; e perda de ancoragem, motivada pela mesialização dos dentes inferiores, com movimentação duas vezes maior que a esquelética.

Palavras-chave: Má oclusão de Classe II; aparelhos ortopédicos; tomografia computadorizada de feixe cônico; imagem tridimensional.

ABSTRACT

Almeida KCM. Three-dimensional tomographic evaluation of the Herbst treatment of Class II division 1 [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia de Araraquara; 2012.

Abstract

This prospective study aimed to evaluate three-dimensionally the rotation and displacement of first permanent teeth produced by Herbst appliance in Class II division 1 patients after puberal growth spurt. The sample consisted of 24 Caucasian patients, 10 females and 14 males, with mean age of 16.1 years old. The patients, were treated for period of 8 months with Herbst appliance. Cone beam computed tomography (CBCT) was performed before and after the removal of the Herbst appliance for initial and final evaluations, respectively. The images were obtained with classic i-CAT tomography and the data were exported by using the DICOM software (Digital Image and Communication in Medicine) and evaluated with the Dolphin® Imaging 11.5 Premium software (Dolphin Imaging & Management Solutions, Pettersen Technology, Chatsworth, CA, USA). Seventeen linear measurements regarding multiplanar sections were analyzed according to the following planes: coronal, sagittal and axial, twice by a previously calibrated observer. Data were calculated by using a software program developed by this present study based on three-dimensional cartesian coordinates. This system consists of three straight lines in three spatial planes, represented by X, Y and Z axes, intercepting at a point with right angles denominated Origin Point and described as Zero Point in this study. The concept of coordinate system

is used in any application which it is necessary know the location and orientation of points in space. Statistical analysis was performed by means of Student t test with 5% significance level. This study, related to the use of the Herbst appliance, contributed to state the following facts: correction the Class II division 1 malocclusion; intensification of rotational dental movement and the displacement in the lower molars by displacement and rotation, and discrete expansion; and anchorage loss due to mesial movement of lower teeth, twice greater than bone displacement.

Key-words: Malocclusion, Angle Class II; orthopedic appliances; cone beam computed tomography; three-dimensional image.

INTRODUÇÃO

1 Introdução

A Ortodontia moderna visa criar protocolos de tratamento para os vários tipos de más oclusões; por isso, pesquisadores, incessantemente, estudam os mecanismos e as ações dos aparelhos ortodônticos, para definir suas indicações, de modo a proporcionar maior previsibilidade e segurança ao tratamento ²⁶. Além disso, um escore diagnóstico é fundamental para a criação de protocolos cada vez mais específicos, diminuindo a quantidade e a variabilidade dos aparelhos disponíveis, tornando-os mais eficientes. Dessa forma, para obterem-se diagnósticos precisos, são necessários exames também precisos, de excelente qualidade e reprodutibilidade.

Provavelmente, devido à alta incidência na população, a má oclusão de Classe II de Angle, é a mais estudada pelos pesquisadores. Segundo Capelozza Filho ²⁷ (2004), tal oclusão é a maior entre todas e para todas as etnias estudadas. Essa má oclusão também é considerada a mais frequente na prática ortodôntica, ^{92, 123, 144} com uma variável combinação de fatores dentários e esqueléticos, que contribuem para essa desarmonia ¹²².

Embora seja ampla e variada a mecanoterapia para o tratamento da má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle, aparelhos ortopédicos funcionais fixos, como o Herbst, por exemplo—, que permite alcançar, com eficiência, a correção ou sobrecorreção dessa má oclusão ⁷¹, e ainda a possibilidade de manipular o potencial de crescimento mandibular além da quantidade determinada

geneticamente, ainda gera debate entre os ortodontistas^{87, 154}. Outra questão relevante refere-se às alterações, observadas com os aparelhos funcionais, se a correção é específica a essa modalidade terapêutica ou se qualquer tratamento ortodôntico é capaz de promover efeitos semelhantes¹⁵⁴.

O método tradicional de avaliação longitudinal dos efeitos desse aparelho ortopédico é realizado por meio da radiografia cefalométrica. Essa metodologia, além de auxiliar no acompanhamento do possível crescimento mandibular, também estabelece uma comunicação descritiva entre os clínicos. Entretanto, apresenta limitações, principalmente, no que se refere à análise, realizada em 2 dimensões (2D) de estruturas em 3 dimensões (3D), pois dessa forma, fica-se sujeito a sobreposições de pontos de interesse e erros de mensuração. Isto pode ocorrer devido às falhas inerentes à técnica nas radiografias convencionais como alterações verticais e horizontais da imagem devido à distância do filme a fonte de raios-X; sobreposição imperfeita dos lados direito e esquerdo; imprecisões no local de referência e identificação dos pontos; erro nas análises cefalométricas devido à coleta manual dos dados e calibração inconsistente dos aparelhos de radiografia^{12, 79}. No entanto, mesmo sujeita a essas possíveis dificuldades, o método ainda é largamente utilizado pelos profissionais da Ortodontia.

O que tem auxiliado a esclarecer tais questionamentos e simplificar protocolos de tratamento é a evolução da Imaginologia na Odontologia, por meio de exames de tomografia, juntamente com *softwares* específicos, que permitem a realização de mensurações, nos três planos dos cortes tomográficos⁸⁵. Surgem, assim, novas possibilidades de metodologia de avaliação das inclinações e

angulações dentárias e remodelações ósseas, com uma reprodução fiel das estruturas. Disso resulta a possibilidade de uma avaliação mais acurada dos resultados alcançados pelos tratamentos.

As tomografias computadorizadas têm sido amplamente utilizadas^{1, 29-31, 100, 103, 134, 149}, especialmente, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), pois é um método de diagnóstico por imagem que utiliza a radiação X e permite obter a reprodução de uma secção do corpo humano, em qualquer um dos três planos do espaço⁴⁷. O avanço no uso de imagens em 3D tem modificado, gradativamente, a percepção sobre estruturas craniofaciais em três dimensões associadas ao crescimento. Nesse contexto, o acompanhamento do crescimento também é influenciado.

As imagens em TCFC apresentam grande fidelidade em relação ao tamanho real das estruturas (1:1), sendo que essas representações, em 3D, podem ser dispostas em ângulos de qualquer parte do crânio, podendo ser digitalizadas em papel ou filme^{29,47}. O maior mérito desse tipo de exame diagnóstico é a precisão e acurácia de medidas lineares^{51, 100} para que esta imagem volumétrica possa servir de informação útil na identificação de elementos dentários e outras estruturas relevantes, ao diagnóstico e acompanhamento do progresso de tratamento. Medidas lineares, em TCFC, e análises craniométricas têm sido estudadas e propostas, porém as estruturas anatômicas e os critérios para o plano de tratamento precisam ser definidos^{76, 101, 119, 121}.

Nessa temática, o sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, que é o sistema que melhor representa a geometria do nosso cotidiano, consiste em um

ponto de origem e três eixos que se interceptam nesse ponto, com ângulos retos (90^0) entre si, que fornecem direção e sentido para o sistema ¹⁴⁷. Tal sistema de coordenadas cartesianas já vem sendo utilizado, com sucesso, na área médica; por meio de tomografias computadorizadas nas quais se introduz o sistema de posicionamento cartesiano (SPC), obtêm-se recursos auxiliares para os casos de localização, tanto de projéteis e fragmentos ⁴⁵, como de pólipos coloretais ⁸⁹. Na área odontológica, Santos et al. ¹³² (2009) desenvolveram um dispositivo para a aquisição e análise do movimento mandibular, em 3D, constituído de um arco facial, com o papel de auxiliar sensores eletromagnéticos e permitir a aquisição do movimento mandibular. Com isso, os sinais elétricos são transformados pelos sensores em coordenadas cartesianas 3D. Este dispositivo parece ser de fácil uso, confortável para os pacientes e de custo acessível.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de cunho inovador no campo odontológico por meio da análise da TCFC, utilizando-se o sistema de coordenadas cartesianas tridimensional para quantificar o deslocamento dos primeiros molares permanentes, além rotação destes em pacientes tratados com aparelho de Herbst bandado, pós-surto de crescimento pubertário. Assim pretende contribuir para a elucidação do possível movimento das estruturas de interesse.

REVISÃO DA LITERATURA

2 Revisão de literatura

2.1 Má oclusão de Classe II

A classificação das más oclusões de Angle ⁴ (1899) foi provavelmente o instrumento de medida para estabelecer má oclusão mais utilizado no século passado ¹²³ e a sua classificação continuou servindo de base a muitos métodos de avaliação, propostos posteriormente, como exemplo, o de Hellman ⁵⁹ (1922). Ainda hoje, é a classificação mais difundida e utilizada pelos ortodontistas.

De acordo com essa classificação, as más oclusões foram categorizadas: conforme a relação oclusal estabelecida entre os primeiros molares permanentes, superior e inferior; instituindo a Classe I, Classe II e Classe III, conforme a variação de posição do primeiro molar inferior, pois o primeiro molar superior ocupava uma posição estável no esqueleto craniofacial, segundo o autor da classificação. Dessa forma, a Classe II era caracterizada por uma relação mesiodistal, relativa deficiente dos arcos dentários, com todos os dentes inferiores ocluindo distalmente ao superior (Angle ⁴, 1899).

Entretanto, a simplicidade e a objetividade da classificação de Angle não correspondem à multiplicidade de componentes morfológicos relacionados à má oclusão Classe II conhecidos atualmente, pois ela considera apenas as alterações da oclusão no sentido sagital.

Anos depois, Angle ⁵ (1907) observou que os casos de Classe II divisão 1 caracterizavam-se por apresentar uma relação distal da mandíbula, em relação à

maxila, e, geralmente com tamanho menor; percebeu também que a maxila apresentava maior que o normal e, frequentemente, atrésica, os incisivos superiores se encontravam vestibularizados e os inferiores lingualizados; notou ainda que esse tipo de má oclusão ocorria, na maioria das vezes, acompanhada de uma função anormal dos lábios e de alguma forma de obstrução nasal e respiração bucal.

No intuito de classificar a má oclusão de Classe II de Angle, Hellman⁵⁹ (1922) observou que a mandíbula encontrava-se subdesenvolvida, assim como a maxila, completando os estudos realizados por Angle^{4,5} (1899, 1907).

Fisk et al.⁴⁴ (1953) descreveram que a má oclusão de Classe II poderia apresentar seis possíveis variações morfológicas no complexo dentofacial: 1- maxila e dentes superiores posicionados, anteriormente, em relação à base do crânio; 2- dentes superiores posicionados, anteriormente, na maxila bem posicionada, em relação à base do crânio; 3- mandíbula com tamanho normal, 1 posicionada, posteriormente, em relação à base do crânio; 4- mandíbula subdesenvolvida; 5- dentes inferiores posicionados, posteriormente, na base mandibular; 6- combinação dos fatores anteriormente citados.

Ao estudar as características morfológicas da Classe II, Henry⁶¹ (1957) concluiu que esta má-oclusão, variava consideravelmente e, portanto, poderia ser classificada em quatro grupos distintos: Tipo 1- protrusão dentoalveolar maxilar; Tipo 2 - protrusão basal maxilar; Tipo 3- deficiência mandibular e Tipo 4- retrusão mandibular.

Ao comparar características da posição e dimensões mandibulares, nas más oclusões de Classe II, divisão 1, em 26 indivíduos, e nas más oclusões de Classe I, em 30 indivíduos, Vigorito ¹⁵⁸ (1973) encontrou nessa amostra, indivíduos leucodermas, gênero masculino, com idades variáveis de 19 a 30 anos apresentando: mandíbula mais retruída em relação à base do crânio, borda inferior do corpo mandibular com maior inclinação, aumento na dimensão da eminência mentoniana e menor comprimento mandibular para os indivíduos que apresentavam Classe II, divisão 1. No entanto, não houve diferença significativa entre as duas más oclusões quanto à distância entre a borda oclusal dos molares inferiores e a borda inferior da mandíbula.

McNamara Jr ⁹⁵ (1981), ao encontro com esses achados, avaliou 277 crianças, de ambos os gêneros, com idades variando entre 8 a 10 anos, para identificar a frequência com que ocorrem as principais características da Classe II e a abordagem terapêutica mais adequada. O autor verificou que a má oclusão de Classe II pode resultar de várias combinações entre os componentes esqueléticos e dentários. Na amostra, dos indivíduos com má oclusão de Classe II, apenas uma minoria apresentava a protrusão da maxila, enquanto a retrusão da mandíbula era a característica mais frequente.

Objetivando caracterizar a má oclusão de Classe II, divisão 1, Proffit ¹²² (1993) concluiu que os principais componentes desta má oclusão são acentuados, um lado, pela deficiência no crescimento mandibular, e de outro, pelo crescimento maxilar excessivo; ou ainda, pela combinação desses fatores.

Entretanto, Rosenblum ¹²⁸ (1995), ao estudar a natureza da má oclusão de Classe II, em 103 indivíduos com padrão esquelético Classe II, observou que a característica dominante foi a protrusão maxilar esquelética com a mandíbula normal.

Bishara et al. ¹⁷ (1995) ressaltaram as características individuais da má oclusão de Classe II, divisão 1, como sendo: maior sobressaliência horizontal, sobremordida profunda, maior ângulo ANB, incisivos superiores protruídos, convexidade facial aumentada, lábios protruídos e mandíbula retruída. Para a má oclusão de Classe II, divisão 2, ressaltaram como características, a presença de incisivos superiores retroinclinados.

Com o intento de comparar longitudinalmente as alterações dentofaciais em pacientes com má oclusão de Classe II, Baccetti et al. ⁹ (1997) avaliaram dois grupos, por 2 anos e 6 meses, desde a fase da dentadura decídua até a da dentadura mista. A amostra, composta por 25 pacientes com má oclusão de Classe II e 22 com oclusão normal, permitiu constatar que não houve autocorreção, no período avaliado, na má oclusão de Classe II. O padrão esquelético da Classe II caracterizou-se por apresentar retrusão mandibular significativa, comprimento deficiente da mandíbula e sua rotação no sentido horário. No entanto, a maxila apresentou um crescimento significativo para a posição anterior. Os autores concluíram que os sinais clínicos da má oclusão de Classe II são evidentes na dentadura decídua e persistem na dentadura mista.

Já Ursi ¹⁵⁵ (1997), com o propósito de estabelecer protocolos de tratamento

e de determinar as características de jovens com má oclusão de Classe II, realizou um estudo, comparando 59 jovens; um grupo de 29, com má oclusão de Classe II, e outro, de 30, com oclusão normal. O autor encontrou uma semelhança no posicionamento da maxila entre os grupos e uma retrusão mandibular para o grupo da má oclusão de Classe II. Dentariamente, os incisivos e molares superiores apresentaram-se mais extruídos e os incisivos inferiores mais protruídos e extruídos, no grupo com má oclusão de Classe II.

Henriques et al.⁶⁰ (1998) estudaram as características dento-esqueléticas da má oclusão de Classe II, divisão 1, sem tratamento, em 25 jovens, com idades entre 9 a 13 anos, acompanhados por um período de 3 anos e 4 meses. Os pesquisadores observaram que, na maioria dos indivíduos, a mandíbula apresentou-se retruída, enquanto que a maxila apresentou-se ora retruída, ora bem posicionada e até protruída.

Ngan et al.¹⁰⁴ (1997) realizaram um estudo longitudinal retrospectivo, onde compararam as mudanças esqueléticas entre indivíduos com má oclusão de Classe I e Classe II, divisão 1, através de radiografias cefalométricas laterais anuais, por um período de 7 anos. A amostra, composta por 40 indivíduos leucodermas, do gênero feminino, com idades entre 7 a 14 anos (20 com má oclusão de Classe I e 20 Classe II, divisão 1), não recebeu, durante o estudo, nenhum tratamento ortodôntico. O crescimento anual, dos indivíduos Classe II, comparados com os da Classe I, revelou as seguintes alterações: maxila bem relacionada em relação à base do crânio; a mandíbula significativamente mais retruída; comprimento mandibular diminuídos; e o Eixo Y e ângulo do plano

mandibular aumentados, de forma a contribuir para a posição retruída da mandíbula. A diferença maxilo-mandibular, nas Classes I e II, persistiu até a puberdade, enquanto o ângulo da convexidade facial aumentou nos indivíduos Classe II. A maioria dos indivíduos Classe II apresentou retrusão mandibular ou uma combinação de alterações horizontais e verticais em vez de protrusão maxilar.

Buschang, Martins ²³ (1998) observaram a relação do desenvolvimento esquelético ântero-posterior e vertical dos maxilares. A amostra era composta de 49 indivíduos do gênero feminino e 50 do gênero masculino, má oclusão, Classes I e II, acompanhados dos 6 aos 15 anos de idade. Os resultados mostraram que os relacionamentos, vertical e ântero-posterior, não são estáveis durante o crescimento, variando conforme a idade, o gênero e o tipo da má oclusão. O relacionamento ântero-posterior melhorou levemente na infância, porém, na adolescência, a discrepância horizontal tendeu a aumentar. No plano vertical, as meninas mostraram maiores mudanças durante a infância e, nos meninos, as alterações foram maiores na adolescência. O relacionamento vertical aumentou devido ao maior movimento inferior do pogônio, em relação ao gônio. As mudanças verticais do gônio e pogônio foram maiores durante o período da adolescência.

Buschang, Santos-Pinto ²⁴ (1998) analisaram, retrospectivamente, 118 crianças e 155 adolescentes franco-canadenses, por quatro anos, para avaliarem as diferenças entre gênero e idade, em relação ao crescimento do côndilo e ao deslocamento da fossa glenóide. Por meio de superposição mandibular,

verificaram que o côndilo cresceu entre 0,8 e 1,3 mm, posteriormente, e entre 9,0 e 10,7 mm, superiormente. Na superposição da base de crânio, verificaram que a fossa foi deslocada, entre 1,8 e 2,1 mm para trás, e entre, 1,0 e 1,8 mm para baixo. O ponto articular apresentou movimento inferior significativamente maior do que o ponto condílo. Os meninos mostraram maior crescimento condilar durante a adolescência (11 a 15 anos) do que na infância (8 a 12 anos).

Ao estudar as alterações dento-alveolares e esqueléticas associadas com o crescimento anterior da mandíbula, You ¹⁶⁵ (2001) comparou uma amostra de 40 indivíduos, com má oclusão Classe II, não tratados ortodonticamente, entre as idades médias de 8,8 a 17,8 anos, com um grupo de oclusão normal. Os dados foram coletados nos arquivos do Bolton Study. Não foi observada diferença significativa no crescimento mandibular entre os grupos. A mandíbula dos indivíduos, com Classe II, apresentou crescimento médio de 4,36mm a mais que a maxila; entretanto não ocorreu autocorreção da Classe II, pois os dentes não se deslocaram para a posição anterior, na mesma medida, possivelmente devido à intercuspidação dentária. O ângulo ANB apresentou redução média de 1,03 graus e o ângulo de convexidade facial de 3,72 graus e extrusão dos dentes posteriores, superiores e inferiores.

Para Bertoz et al. ¹⁵ (2003), em uma amostra com indivíduos brasileiros, analisando 55 jovens (com má oclusão de Classe II, com idades entre 6 e 11 anos), 60% da amostra, observaram a maxila bem posicionada ou retruída e a mandíbula retruída, em relação à base do crânio. Encontraram também um alto índice de crescimento vertical, em 60 a 70% dos indivíduos. Os incisivos

superiores demonstraram uma tendência para a vestibularização e protrusão, enquanto os incisivos inferiores já estavam vestibularizados, na metade da amostra; na outra metade apresentavam-se bem posicionados e protruídos.

Bishara ¹⁶ (2006), com o objetivo de fornecer uma perspectiva sobre as características do desenvolvimento, etiologia e amplas considerações no tratamento das más oclusões de Classe II, pesquisou a má oclusão de Classe II, concluindo que ela pode acompanhar-se por uma discrepância esquelética, no sentido ântero-posterior, entre a maxila e a mandíbula, muitas vezes com retrusão mandibular e maxila protrusiva. O padrão de crescimento não difere em magnitude dos padrões de crescimento normais.

Diante das características morfológicas da má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle, observou-se uma extensa variabilidade dos componentes envolvidos em sua caracterização. É essencial um bom conhecimento sobre os componentes esqueléticos e dentários que contribuem para as más oclusões, pois eles podem influenciar a abordagem de tratamento (Hassan ⁵⁷, 2011).

2.2 Aparelho de Herbst: história e desenvolvimento

O professor alemão Emil Herbst muito contribuiu para a Ortodontia quando, no início do século XX, desenvolveu o Okklusionsscharnier, conhecido posteriormente como aparelho de Herbst. Este aparelho é um dispositivo fixo que visa a estimular o crescimento mandibular, no tratamento esquelético da má oclusão de Classe II. O aparelho pode ser comparado com uma articulação

artificial, trabalhando entre a maxila e a mandíbula. Um mecanismo telescópico bilateral, no qual são unidos as bandas ou coroas, mantém a mandíbula em uma posição anterior durante todas as suas funções. Até 1934, o aparelho era confeccionado de prata; no entanto, caso o tratamento fosse maior que seis meses, era recomendada a sua confecção em ouro (Pancherz ¹¹², 2003).

Em 1934, mais de vinte anos após a apresentação do seu aparelho, Emil Herbst apresentou três artigos, em uma revista alemã, relatando a sua experiência clínica positiva, com o uso do aparelho por longo período. Ao mesmo tempo, Martin Schawarz (1934), de Viena, criticando o método de tratamento, escreveu, na mesma revista, dois artigos, nos quais afirmava que o aparelho resultaria em uma sobrecarga aos dentes de ancoragem e, conseqüentemente, causaria danos ao periodonto. Desde então, muito pouco foi publicado sobre o assunto e o aparelho de Herbst foi esquecido, até ser redescoberto e apresentado à comunidade científica, pelo sueco Hans Pancherz, em 1979. Dessa data em diante, o aparelho de Herbst ganhou interesse crescente e foi se tornando o aparelho funcional mais popular para o tratamento da má oclusão de Classe II (Pancherz ¹¹², 2003).

O aparelho de Herbst é um aparelho destinado à correção da Classe II, com deficiência mandibular. É fixo, de ação contínua, mantendo, portanto, os côndilos constantemente anteriorizados, na fossa articular, durante o repouso e todas as funções mandibulares, como a fala, a mastigação e a deglutição (Silva Filho ¹⁴³, 2000). O mecanismo telescópico, que mantém a mandíbula avançada, é fixado nas bandas, coroas ou esplintes ortodônticos. Cada mecanismo telescópico apresenta um tubo, um pistão, duas roscas e dois parafusos; permite movimentos de abertura

e fechamento mandibular e, quando confeccionados adequadamente, também permitem movimentos de lateralidade (Pancherz ¹¹², 2003).

Por ser um aparelho destinado à correção da má oclusão de Classe II e ao estímulo do crescimento mandibular, dois fatores importantes devem ser considerados na confecção e modelo do aparelho de Herbst: controle de ancoragem e durabilidade do aparelho. Entretanto, a perda de ancoragem (dos dentes superiores e inferiores) é difícil de ser evitada (Pancherz ¹⁰⁷, 1979) e é esse o ponto crítico do seu uso. Dessa forma, o desenvolvimento de várias ancoragens tem sido estudado, a fim de evitar os fatores supracitados e os movimentos indesejáveis (Pancherz ¹¹², 2003).

A ancoragem padrão, utilizada por Herbst (1910-1934), era constituída de bandas ou coroas colocadas nos primeiros molares permanentes, superiores e inferiores, e primeiros pré-molares ou caninos inferiores. As bandas ou coroas eram conectadas por fios através da superfície palatina, nos dentes superiores e na superfície lingual, nos dentes inferiores. O sistema telescópico original era curvado, para adaptar-se melhor à curva de Spee (Pancherz ¹¹², 2003).

Pancherz ¹⁰⁷ (1979), inicialmente, usou o aparelho de Herbst bandado com sistema de ancoragem simples (ancoragem parcial). Bandas individuais, de aço reforçado, foram utilizadas nos primeiros molares permanentes e primeiros pré-molares superiores. Em cada lado, as bandas foram conectadas por fios de aço redondo, soldados pela face palatina das bandas. Nos primeiros pré-molares inferiores, foram colocadas bandas conectadas por um arco de aço, pela lingual.

Depois de alguns anos de uso desse sistema de ancoragem parcial, Pancherz constatou alguns efeitos indesejáveis; nos dentes superiores: abertura de espaço na distal dos caninos, excessiva intrusão e rotação mesiovestibular dos molares; e, nos dentes inferiores: excessiva intrusão dos pré-molares e vestibularização dos incisivos. Por esta razão, a ancoragem parcial foi modificada por um sistema de ancoragem total; para isso, foi inserido um fio nos braquetes dos incisivos, caninos e pré-molares; no arco superior, e, houve uma extensão do arco lingual até os primeiros molares permanentes, que também foram bandados, no arco inferior.

Langford ⁸¹ (1982), com o intuito de coibir quebras nas bandas, introduziu coroas. Sua amostra foi composta por 30 indivíduos, tratados com aparelho de Herbst bandado nos primeiros molares superiores e inferiores e nos primeiros pré-molares inferiores; devido às sucessivas quebras na região da solda, na banda dos pré-molares inferiores, o pesquisador decidiu alterar o modo de confecção do aparelho: substituiu as bandas por coroas de aço, nos primeiros molares superiores e nos primeiros pré-molares inferiores.

O uso de bandas individuais, de aço reforçado, e das coroas, na confecção do aparelho de Herbst, não foi, porém, suficiente para resolver os problemas de quebra do aparelho (Sandem et al. ¹³⁰, 2004). Assim, a partir de 1995, Pancherz substituiu as bandas por um esplinte metálico fundido, confeccionado por uma liga de cromo-cobalto. Os esplintes cobrem toda a face vestibular e lingual dos dentes posteriores e inferiores, assim como os caninos inferiores. O desenho desse aparelho favorece a higiene, tem baixa prevalência de quebras e diminui o tempo de cadeira, segundo o autor.

Howe ⁶⁵ (1982), Howe, McNamara ⁶⁶ (1983) desenvolveram um aparelho de Herbst, com esplinte de acrílico, inicialmente cimentado nos dentes e, em período posterior, removível, para facilitar a higiene e reduzir o índice de cárie. Entretanto, o uso do aparelho de Herbst, como dispositivo removível, não era recomendável, pois apresentava a grande desvantagem de não agir continuamente, por 24 horas, sem depender da colaboração do paciente.

Uma variante do aparelho Herbst, com coroas, que se tornou popular é o aparelho de Herbst com cantilever (Dischinger ³⁸, 1989; Mayess ⁹³, 1994), indicado para a dentadura mista —, antes da irrupção dos pré-molares e caninos permanentes inferiores. Entretanto, atualmente esse sistema é utilizado na dentadura mista tardia e permanente. Caracteriza-se por apresentar 4 coroas de aço, nos primeiros molares, superiores e inferiores, e um cantilever soldado nas coroas dos primeiros molares inferiores, que se estende, anteriormente, até a região de pré-molar e canino, para o posicionamento do pivô inferior. O controle da ancoragem nos dentes inferiores, por esse sistema, é bastante questionável, pois o vetor de força vertical dos telescópicos que atua sobre os cantilevers resulta na inclinação mesial dos molares.

Miller ⁹⁹ introduziu o sistema Flip-Lock comercializado pela empresa TP Orthodontics, em 1996. Segundo o autor, esse sistema apresenta reduzido número de componentes no aparelho. Ostenta conectores esféricos, que participam da articulação (ao invés de parafusos para sua fixação), tubos e pistões. O aparelho foi desenhado para prevenir a remoção acidental ou intencional pelo paciente.

Em 2003, Raveli et al.¹²⁵ propuseram a utilização do aparelho de Herbst com um esplinte metálico fundido modificado fixo, confeccionado a partir de uma liga de cromo-cobalto. Esse sistema difere do esplinte fundido de Pancherz, nos seguintes aspectos: na estrutura metálica superior foi incorporada uma espessa barra de conexão transpalatina e na estrutura inferior, a conexão lingual passou a abranger o 1/3 da cervical dos incisivos inferiores e parte da mucosa, no intuito de distribuir melhor as forças e reforçar a ancoragem. Esse sistema apresenta a vantagem de não utilizar bandas ou coroas, fato que o torna mais resistente; além disso, é de simples instalação e fácil remoção; é mais higiênico e prático, com o tempo de cadeira reduzido; não depende da colaboração do paciente; e a ancoragem, que é um ponto crítico, é bastante controlada, devido à quantidade de dentes incorporados ao sistema.

2.2.1 Efeitos do aparelho Herbst

Pancherz¹⁰⁷ (1979) investigou o efeito do aparelho de Herbst, na oclusão e no crescimento craniofacial, de 20 pacientes, do gênero masculino, em fase de crescimento, que apresentavam má oclusão de Classe II, divisão 1. Metade da amostra foi tratada com aparelho de Herbst, durante 6 meses, e a outra metade serviu como grupo controle. Foram analisados modelos de estudos, radiografias cefalométricas e radiografias da ATM, antes e após do tratamento, em todos os pacientes. Ao final do tratamento, os pacientes tratados com aparelho de Herbst apresentaram oclusão normal, com provável inibição ou redirecionamento do crescimento maxilar, indicada pela redução do ângulo SNA (0,7°). Tomando por

base o grupo controle, notou-se um aumento mandibular, evidenciado pelo aumento do ângulo SNB (2°) e do comprimento mandibular (3,2mm), provavelmente, pelo estímulo do crescimento condilar. A altura facial inferior aumentou, porém o ângulo do plano mandibular permaneceu inalterado. A convexidade do perfil foi levemente reduzida.

Pancherz ¹⁰⁸ (1982) avaliou quantitativamente as alterações esqueléticas e dentárias, através de radiografias, em norma lateral, de 42 indivíduos com má oclusão de Classe II, divisão 1, entre os quais, 22 foram tratados com aparelho de Herbst, por 6 meses, e os outros 20 indivíduos compuseram o grupo controle. Os resultados dessa pesquisa revelaram que todos os indivíduos tratados com aparelho de Herbst obtiveram uma relação oclusal de Classe I (média de 6,7mm) ocorrida, principalmente, devido ao aumento do comprimento mandibular (2,2mm), à distalização dos molares superiores (2,8mm) e à mesialização dos molares inferiores (1,0mm). O overjet foi corrigido (média de 5,2mm) devido ao aumento do comprimento mandibular (2,2mm) e à vestibularização dos incisivos inferiores (1,8mm). O deslocamento condilar anterior (0,3mm), o redirecionamento do crescimento maxilar (0,4mm) e a verticalização dos incisivos superiores (0,5mm) tiveram pouca importância na correção da relação molar e dos incisivos. Para a obtenção de uma máxima resposta do tratamento, o autor sugeriu que o aparelho fosse instalado com os incisivos em uma relação de topo-a-topo.

Algum tempo depois, Pancherz, Hansen ¹¹³ (1986) avaliaram através de radiografias, em norma lateral, as mudanças oclusais, durante e após o tratamento com o aparelho de Herbst (período médio de 7 meses). A amostra foi composta

por 40 pacientes, com má oclusão de Classe II, divisão 1 tratados com o aparelho Herbst (16 pacientes com ancoragem parcial, e 24 com ancoragem total). As avaliações foram realizadas após 6 meses da colocação do aparelho e 1 ano após a colocação do mesmo. Os autores concluíram que todos os pacientes conseguiram corrigir a má oclusão ou uma sobrecorreção. A sobressaliência melhorou, em média 6,9mm; o crescimento mandibular foi maior que o maxilar, em 2,2mm; os incisivos movimentaram expressivamente: os superiores movimentaram 2,3mm para lingual, enquanto os inferiores movimentaram 2,4 mm para vestibular; os molares superiores movimentaram 2,0 mm para distal, enquanto os molares inferiores movimentaram 2,1mm para mesial. Durante o período de 12 meses pós-tratamento, a oclusão estabilizou-se, em Classe I, em todos os pacientes. Alta porcentagem (90% aproximadamente) da recidiva oclusal ocorreu nos primeiros 6 meses após o tratamento. Em 58% dos pacientes, ela resultou da movimentação dentária; em 42% o crescimento desfavorável das arcadas contribuiu para a recidiva dos pacientes. Os autores recomendaram aparelho de contenção com um ativador pós-tratamento, assim como ajustes interoclusais.

Valant, Sinclair ¹⁵⁶ (1989) estudaram as mudanças ocorridas após o tratamento de 32 indivíduos, de ambos os gêneros (com média de idade de 10 anos e 2 meses, tratados por um período de 10 meses), com má oclusão de Classe II, padrão esquelético Classe II (ANB entre 5° e 8°) tratados com o aparelho de Herbst modificado. O aparelho apresentava coroas nos primeiros molares superiores e um esplinte de acrílico removível inferior. O grupo controle apresentava as mesmas características do grupo experimental. Os indivíduos

foram avaliados por meio de telerradiografias, em norma lateral, obtidas no início do tratamento (4 semanas antes da instalação do aparelho) e após o tratamento (no dia da remoção do aparelho). Os resultados mostraram que a Classe II foi corrigida devido às seguintes ocorrências: leve restrição do crescimento maxilar (0,7mm); aumento do crescimento mandibular para frente (3,3mm); a distalização do molar superior (1,5mm) e a mesialização do molar inferior (1,6mm). Quanto às coroas dos molares, a superior inclinou-se para distal, em torno de 6,4°, ao passo que a inferior não apresentou nenhuma inclinação significativa. Uma leve vestibularização dos incisivos inferiores foi notada e nenhuma mudança relevante ocorreu nos incisivos superiores.

Um ano após, McNamara et al.⁹⁴ (1990) realizaram um estudo para investigar os efeitos dentários e esqueléticos produzidos pelos aparelhos de Herbst e Fränkel, no tratamento da má oclusão Classe II. A amostra foi constituída por 45 indivíduos, tratados com o aparelho de Herbst, e por 41, tratados com o aparelho Fränkel. Essas duas amostras foram comparadas com um grupo controle, de 21 indivíduos Classe II, não tratados ortodonticamente. De acordo com os resultados, houve um aumento do comprimento mandibular e da altura facial, em ambos os grupos tratados, quando comparados ao grupo controle; no grupo tratado com aparelho de Herbst foram observados um posicionamento mais anterior da mandíbula e uma maior redução do ângulo ANB. Além disso, verificaram maiores alterações dento-alveolares nos indivíduos tratados com o aparelho de Herbst, comparados aos tratados com o aparelho Fränkel.

Schiavoni et al.¹³⁷ (1992) avaliaram a possibilidade de controlar a

dimensão vertical, utilizando o aparelho de Herbst no tratamento da má oclusão Classe II, em indivíduos hiperdivergente. A amostra foi dividida em dois grupos: os dos indivíduos hiperdivergente (8 pacientes, de ambos os gêneros, com idade média inicial de 11 anos e 2 meses), tratados com o aparelho de Herbst com esplinte de acrílico, associado ao aparelho extra-bucal, com tração alta; e, o grupo dos indivíduos normodivergente (11 pacientes, de ambos os gêneros, com idade média inicial de 11 anos e 2 meses), tratados com o aparelho de Herbst com bandas. Todos os indivíduos estavam na fase de crescimento antes do pico pubertário. O aparelho de Herbst foi utilizado por 9 meses, e as alterações decorrentes do tratamento foram avaliados por meio de telerradiografias, em norma lateral, realizadas antes e após a remoção do aparelho. Os resultados desses 2 grupos foram comparados entre si e com um grupo controle, pertencente ao padrão Bolton. Os resultados da pesquisa revelaram os seguintes dados: todos os indivíduos apresentaram relação interarcos de Classe I, após o tratamento com aparelho de Herbst; o aparelho de Herbst com bandas não alterou significativamente, o padrão vertical de crescimento dos indivíduos normodivergentes; nos indivíduos hiperdivergentes, o uso do aparelho de Herbst com esplinte de acrílico, associado ao aparelho extrabucal, permitiu um melhor controle da dimensão vertical. Dessa forma, os clínicos deveriam estar atentos as diferentes mudanças dentofaciais, induzidas no plano vertical, por diferentes desenhos do aparelho de Herbst, com o objetivo de elaborar uma melhor estratégia de tratamento.

Obijou, Pancherz ¹⁰⁵ (1997) analisaram quantitativamente, as mudanças

sagitais e esqueléticas que contribuíram para a correção da má oclusão de Classe II. A amostra foi dividida em dois grupos: o primeiro, composto por 14 indivíduos com má oclusão de Classe II, divisão 2 de Angle e o segundo, por 40 indivíduos, com má oclusão de Classe II, divisão 1. Todos foram tratados com aparelho de Herbst esplinte metálico. Os resultados revelaram que todos os pacientes obtiveram uma relação molar de Classe I ou sobrecorreção. Nos indivíduos Classe II, divisão 1, a correção do trespasse horizontal foi de 6,9 mm; a do molar, de 6,3mm; os incisivos superiores apresentaram movimento lingual de 2,3mm e incisivos inferiores de 2,4mm para vestibular. Os autores concluíram que as alterações dentárias, na maxila e mandíbula, resultaram da perda de ancoragem, e a tensão aplicada nas arcadas dentárias forçou os molares superiores à posição posterior.

Croft et al. ³⁶ (1999), em um estudo avaliaram os efeitos do tratamento da má oclusão de Classe II na dentadura mista com aparelho de Herbst, seguido de um acompanhamento com um aparelho de contenção retentor pré-fabricado. A amostra foi composta por 24 indivíduos do gênero feminino e 16 do gênero masculino. Os resultados do tratamento mostraram as seguintes ocorrências: o overjet e a relação molar foram corrigidos (3,4 mm e 3,3mm respectivamente) o efeito de tração alta do aparelho de Herbst foi observado; o deslocamento para anterior da maxila foi reduzido 1,2mm; o crescimento condilar produziu um deslocamento sagital de 2 mm, para posterior. No conjunto, tais efeitos produziram diminuição do SNA de 0,8° e ANB de 1,4° e uma tendência de aumento no SNB de 0,5°. O efeito ortopédico mandibular apresentou um aumento

na altura facial de 1,6mm e avanço mandibular. Alterações mínimas no deslocamento do côndilo, em relação às estruturas estáveis da base do crânio, sugerem que o deslocamento da fossa mandibular não contribui significativamente, para correção da Classe II. Os autores concluíram que o tratamento com o aparelho de Herbst, na dentadura mista, em combinação com aparelho retentor, produz, a longo prazo, significativas melhorias nas relações dentárias e esqueléticas, resultado de alterações dentoalveolares e efeitos ortopédicos na maxila e mandíbula.

No mesmo ano, Ursi et al.¹⁵⁴ (1999) compararam os aparelhos extrabucal cervical, Fränkel e Herbst esplinte de acrílico, usados no tratamento da Classe II, de indivíduos de 9 a 12 anos, com grupo controle. Foram comparados 94 pacientes, entre os quais, 30 pacientes tratados com aparelho extrabucal; 35, com o Frankel e 29, com o de Herbst. Como grupo controle, foram selecionados 29 jovens com más oclusões de Classe II, não submetidos a tratamento ortodôntico, pareados cronologicamente aos grupos experimentais. As alterações esqueléticas obtidas com o Herbst foram: Pog-NPerp 1,3 mm, Co-Gn de 4,4 mm, SNB de 1,3 mm e as dentárias 6-ENA Perp de 1,7mm, 6-PP de -0,1mm, 1-GoMe de -0,1mm, IMPA de 3,5 graus, 6-Pog Perp de -0,9 mm e 6-GoMe de 1,1mm. Dos três aparelhos, o Herbst foi o que mais influenciou o componente dentoalveolar inferior, provocando mais movimentação mesial dos molares e vestibulo versão dos incisivos inferiores.

Shütz et al.¹³⁹ (2002) avaliaram os efeitos dentoalveolares decorrentes do tratamento com aparelho de Herbst com esplintes acrílicos, através de radiografias

cefalométricas. A amostra foi composta por 23 adolescentes com má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle, com idade média de 12 anos e 11 meses, com retrognatismo mandibular. Os resultados do tratamento apresentaram uma retrusão, inclinação lingual e extrusão dos incisivos superiores. Os molares superiores distalizaram e mantiveram estáveis suas posições verticais. Os incisivos inferiores protruíram e inclinaram vestibularmente sem alterações verticais. Os molares inferiores mesializaram e extruíram. A sobressaliência e a sobremordida foram diminuídas e todos os pacientes apresentaram relação molar de Classe I. Os autores concluíram que estas modificações dentoalveolares associadas às esqueléticas contribuíram para a correção da má oclusão de Classe II.

No ano seguinte, Bremen, Pancherz ²¹ (2003) avaliaram a eficiência dos aparelhos convencionais e do aparelho de Herbst, no tratamento da má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle e má oclusão de Classe II, divisão 2 de Angle. A amostra, — composta por 142 pacientes com idades entre 10 a 15 anos —, foi submetida ao tratamento que, a seguir, se descreve: 98 indivíduos (75 Classe II, divisão 1 e 23 Classe II divisão 2) receberam o tratamento convencional; 44 deles (30 Classe II, divisão 1 e 14 Classe II, divisão 2); foram tratados com aparelho de Herbst. Para os indivíduos com má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle, em crescimento e no final da dentição mista, foi estabelecido como tratamento convencional, o uso do ativador para avanço mandibular, seguido de aparelho removível para expansão da arcada superior e aparelho fixo com elásticos de Classe II, para a finalização. Para os indivíduos com má oclusão Classe II, divisão

2 de Angle, em crescimento e no final da dentição mista, foi estabelecido o tratamento convencional, com a vestibularização dos incisivos superiores com aparelho removível, transformando essa má oclusão em uma má oclusão de Classe II, divisão 1, seguida de avanço mandibular com ativador e aparelho fixo com elásticos de Classe II para a finalização. Nos casos de má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle tratados após o crescimento puberal e na dentição permanente, o aparelho de Herbst foi o tratamento escolhido, seguido de aparelhagem fixa para a finalização. Para os casos de má oclusão de Classe II, divisão 2 de Angle, após o crescimento e na dentição permanente, aparelhagem fixa para a vestibularização dos incisivos foi utilizada e posteriormente o aparelho de Herbst. O tratamento mais eficaz foi definido como o realizado em menor tempo e melhor efeito. A aferição do resultado do tratamento foi realizada com o índice PAR. Os indivíduos tratados com aparelho de Herbst apresentaram menor tempo de tratamento (Classe II, divisão 1:21 meses; Classe II, divisão 2: 30 meses) do que os tratados com aparelhos convencionais (Classe II, divisão 1:32, 1 mês; Classe II, divisão 2:38,2 meses). Os autores concluíram que ambos os tratamentos, com a utilização do aparelho de Herbst, foram eficientes, quando comparados à abordagem convencional.

Voudouris et al.¹⁵⁹ (2003) analisaram as alterações no côndilo, na fossa glenóide e nos músculos da mastigação de primatas, tratados com aparelho de Herbst esplinte metálico. A amostra total envolvia a seguinte disposição: 15 primatas, com dentaduras: mista, permanente precoce e permanente, 17 pacientes humanos com dentadura permanente jovem, utilizando o Herbst esplinte metálico,

e 24 indivíduos no grupo controle do Burlington Growth Centre. Os avanços no aparelho foram realizados de 5,0 mm, 7,0 mm e 8,0 mm. O tratamento com o Herbst produziu formação óssea significativa na fossa glenóide. Isso foi mensurado com uma linha paralela ao plano oclusal, obtendo-se uma média de 1,2 mm nos animais experimentais com 12 semanas. O novo osso cresceu em uma direção para baixo e para frente e diferiu do crescimento, para baixo e para trás nos indivíduos controle. A restrição e a modificação de crescimento, na fossa glenóide, podem auxiliar a explicar os resultados esqueléticos positivos observados, clinicamente, durante o tratamento ortopédico de retrognatismo mandibular Classe II severo.

Na segunda parte da pesquisa, Voudouris et al.¹⁶⁰ no mesmo ano, mostraram resultados mais detalhados e a oclusão Classe I foi obtida pela associação de fatores, como: crescimento condilar anterior, restrição no crescimento maxilar, remodelação da fossa glenóide, para baixo e para frente. A análise histomorfométrica mostrou que o novo osso adicionado era estatisticamente significativo quando comparado com o grupo controle, formação que parece aumentar com o tempo. O crescimento condilar foi comprovado pelo método de Björk com sobreposição de implantes. O aparelho de Herbst produz mudanças consistentes na região côndilo-fossa, quando comparado com resultados inconsistentes dos aparelhos funcionais removíveis.

Vigorito, Dominguez ¹⁵⁷ (2007) compararam os efeitos dento-esqueléticos decorrentes do tratamento com aparelho de Herbst e com aparelho fixo pré-ajustado, realizado em duas fases. A amostra foi composta por 20 indivíduos,

adolescentes, com retrognatismo mandibular. Os resultados foram avaliados através de telerradiografias em norma lateral, obtidas em 3 tempos distintos (T1 – início do tratamento; T2-Término da fase ativa e T3 – Término da fase pós Herbst). De T1 para T2, a maxila e mandíbula moveram-se anteriormente, porém com incrementos estatisticamente maiores na mandíbula. Os incisivos superiores retroinclinaram e os inferiores protruíram. Os molares superiores distalizaram, os inferiores mesializaram e o trespasse horizontal diminuiu. De T2 para T3, a maxila continuou desenvolvendo-se anteriormente e a mandíbula apresentou um incremento menor. Os incisivos superiores permaneceram estáveis e os incisivos inferiores lingualizaram. Os molares superiores e inferiores mesializaram. Comparando T1 e T3, os autores concluíram que a correção da má oclusão decorreu da soma das mudanças dentárias e esqueléticas. Os autores concluíram que, na Fase I do tratamento, houve maior incremento do crescimento mandibular e de mudanças dentárias que sobrecorrigiram a má oclusão, enquanto que na Fase II, houve uma desaceleração do crescimento, juntamente com a recidiva das posições dos molares e dos incisivos inferiores, fatos que, entretanto, não comprometeram as metas ideais do tratamento.

Nesse mesmo ano, Dib ³⁷, 2007, com o objetivo de avaliar as alterações esqueléticas e dentárias pelo uso do aparelho de Herbst, no tratamento da má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle, utilizou uma amostra com 15 pacientes, sendo 12 do gênero masculino e 3 do gênero feminino, todos leucodermas, com idades variáveis entre 08 a 10 anos, tratados com o aparelho de Herbst bandado por 7 meses. Para a aferição dos resultados, foi feita a comparação com um grupo

controle canadense não tratado ortodonticamente. Foram avaliadas radiografias, em norma lateral, no início e final do tratamento com aparelho de Herbst. De acordo com os dados desse estudo, a autora concluiu que houve, no grupo experimental: restrição de crescimento maxilar, estímulo do crescimento mandibular; posicionamento anterior da mandíbula (alteração positiva em relação à convexidade facial e à relação maxilo-mandibular); aumento das alturas facial anterior e posterior (porém o plano mandibular não foi alterado); distalização dos molares superiores; mesialização dos molares inferiores; verticalização dos incisivos superiores e vestibularização dos incisivos inferiores.

Seguindo outro propósito, Maia ⁸⁶ (2007) avaliou as alterações, esqueléticas e dentária, induzidas pelo uso do aparelho de Herbst esplinte metálico, no tratamento da má oclusão de Classe II, divisão 1, em pacientes após o surto de crescimento pubertário. A amostra foi composta por 12 pacientes, sendo 7 do gênero feminino e 5 do gênero masculino, com idade média cronológica de 15,5 anos. Dividiu-se a amostra em dois grupos: o primeiro, composto por 4 pacientes que fizeram avanço único, e o segundo grupo composto por 8 pacientes que fizeram avanço sequencial. Quanto aos resultados, foi observado o seguinte: diferenças irrelevantes na maxila; avanço significativo da mandíbula, retroinclinação e extrusão dos incisivos superiores e manutenção dos inferiores na base óssea; melhora na relação maxilo-mandibular, observada pela redução do ANB de 1,79mm e AOBO de 5,31mm. Houve aumento da altura facial posterior e anterior de 2,58mm e 3,14 mm respectivamente, sem alterar o padrão facial dos indivíduos; manutenção dos molares superiores e inferiores, nas

suas posições, na base óssea; diferenças esqueléticas irrelevantes, nos indivíduos tratados com avanço único ou sequencial.

Barnett et al.¹¹ (2008) estruturaram em uma revisão sistemática da literatura a comparação do aparelho de Herbst bandado com o aparelho de Herbst associado às coroas de aço. Os autores relataram uma dificuldade em comparar as medidas devido á diferença metodológica; contudo, observou-se: restrição do movimento de erupção do molar superior, de 0,4 mm e 1,0 mm, com bandas e coroas de aço, respectivamente, e movimento de extrusão do molar inferior, de 0,7 mm e 1,3mm, respectivamente. Com relação ao aumento do comprimento mandibular e restrição da maxila, não observaram diferença estatística. As mudanças dentárias apresentaram maior impacto que as esqueléticas na correção da má oclusão de Classe II de Angle.

No estudo de Baccett et al. ⁸ (2009) compararam os efeitos de dois protocolos de tratamento, em uma única fase, para a má oclusão de Classe II, divisão 1. Os autores utilizaram como amostra 56 pacientes — tratados em duas clínicas privadas —, os quais, divididos em dois grupos de 28, receberam tratamentos distintos. Um grupo foi tratado com aparelho de Herbst bandado, seguido de aparatologia fixa.e o outro, com aparelho extrabucal de tração alta, e, posteriormente, com aparelho fixo e elásticos de Classe II, em indivíduos com idades de surto de crescimento pubertário (estágio cervical CS3 ou CS4). O tratamento foi finalizado após o surto pubertário (estágios CS5 ou CS6). Radiografias, em norma lateral, foram processadas antes da terapia e 6 meses após

a colocação do aparelho, numa média de tratamento compreendendo 28 meses. Os dois grupos foram comparados com um grupo controle, não submetido a tratamento. A taxa de sucesso na correção da má oclusão foi de 92,8% em ambos os tratamentos. O grupo submetido ao tratamento com o aparelho de Herbst apresentou, não só um expressivo aumento na protrusão mandibular, como também, um aumento significativamente maior nos movimentos, para frente, dos tecidos moles para o ponto B e pogônio. Os autores concluíram que a intervenção realizada neste período específico de crescimento apresentou grande sucesso na correção desta má oclusão; a pesquisa permitiu também observar que o grupo submetido ao tratamento com Herbst que apresentou um impacto favorável no avanço do mandibular.

Já em 2010, Bock et al.¹⁹, com o objetivo analisar a estabilidade obtida, a curto prazo, com o uso do aparelho de Herbst (8,8 meses, em média), em adultos (21,1 anos, em média) com má oclusão de Classe II, divisão 1, utilizando-se de uma amostra de 26 adultos (22 do gênero feminino e 4 do gênero masculino) observaram, com relação molar de Classe II, as seguintes características: overjet maior que 4mm, na relação molar de Classe II, com mais de 0,5mm da cúspide, tocando, de forma unilateral, ou toque total das cúspides, constituindo a relação molar. Esses pacientes foram submetidos a tratamento com aparelho de Herbst seguido de aparatologia fixa. Após um período de retenção, a relação molar apresentou-se estável em 77,6% da relação dos caninos e 71,2% dos dentes. Recidivas foram encontradas em 8,2% na relação molar e 1,9% na relação dos

caninos. Concluiu-se que o tratamento com o aparelho de Herbst apresentou boa estabilidade oclusal, dois anos e meio após o tratamento.

Reacessar os efeitos dento-alveolares do tratamento com o aparelho de Herbst e verificar uma possível perda de ancoragem foi o objetivo do estudo de Fateh, Ruf⁴² (2011). Para isso, 100 pacientes portadores de má oclusão de Classe II foram selecionados e foram tratados com aparelho de Herbst durante 8,1 meses. Tanto antes quanto após o tratamento, foram realizadas as medidas cefalométricas, em relação à inclinação dos incisivos inferiores, análise da relação sagital e análise de modelos. Como resultados, obtiveram uma vestibularização marcada dos incisivos inferiores; o total de espaço disponível, no arco inferior, aumentou em média de 1,8mm e abertura do espaço entre os segundos pré-molares inferiores e primeiros molares permanentes ocorreu em 62% da amostra submetida a tratamento com um esplinte reduzido na mandíbula. Em contrapartida, houve grande perda de ancoragem para este grupo.

Em virtude do aparelho de Herbst ser dento-suportado, ele promove grandes alterações no componente dentoalveolar. Os molares superiores são distalizados; essa movimentação é relatada, na literatura, por autores, como Croft et al.³⁶ (1999); McNamara et al.⁹⁴ (1990); Pancherz¹⁰⁷ (1979); Pancherz¹⁰⁸ (1982); Pancherz, Hansen¹¹³ (1986); Ursi, McNamara¹⁵⁵ (1997); Valant, Sinclair¹⁵⁶ (1989); Objou, Pancherz¹⁰⁵ (1997). Para Valant, Sinclair¹⁵⁶ (1989), os molares mantêm a sua posição vertical. A intrusão de tais dentes é relatada por McNamara et al.⁹⁴ (1990). Já autores como: Pancherz¹⁰⁷ (1979); Pancherz¹⁰⁸ (1982); Pancherz, Hansen¹¹³ (1986); Ursi, McNamara¹⁵⁵ (1997); Croft et al.³⁶ (1999); Valant,

Sinclair¹⁵⁶ (1989); Dib³⁷ (2007); Maia⁸⁶ (2007); entendem que os molares inferiores apresentam mesialização, após o tratamento.

Com base na avaliação de inúmeras pesquisas, conclui-se que, dentariamente, o aparelho de Herbst provoca uma efetiva distalização nos molares superiores e uma mesialização nos molares inferiores. No entanto, não há, na literatura, a descrição de como esses dentes se comportam em relação às rotações, nos três planos do espaço. Consequentemente, métodos para essa avaliação precisam ser desenvolvidos.

2.2.2 Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico — TCFC

Para um efetivo plano de tratamento ortodôntico, um diagnóstico acurado dos exames radiográficos é essencial na avaliação do crescimento e resultados alcançados com o tratamento. Em geral, o diagnóstico ortodôntico é realizado por meio de radiografias tradicionais, traçados cefalométricos e fotografias — recursos explorados em duas dimensões (2D). No entanto, essas análises apresentam limitações bem conhecidas pelos ortodontistas, tais como: magnificação e distorção da imagem; sobreposição de estruturas, desarranjos de projeção (o que pode alongar ou encurtar a percepção da dimensão de um objeto); erros de rotação e transformação de projeção linear. Desta forma, a criação de novos métodos de análise deve ser encorajada (Kapila et al. ⁶⁸, 2011).

Em meados de 1970, o engenheiro inglês Hounsfield, juntamente com o físico norte-americano Cormack, publicaram os primeiros trabalhos sobre um

método revolucionário e que mudaria a maneira de avaliar, radiograficamente, uma estrutura: a produção de imagens por meio da tomografia computadorizada. A partir daí, este método foi sendo aperfeiçoado e, com o progresso dos sistemas de tomografia computadorizada espiral, novos modos de aquisição da imagem tomográfica foram desenvolvidas (Cavalcanti ²⁹, 2010).

A partir de trabalhos realizados na Ford Motors , foi elaborado um novo tipo de algoritmo: uma sequência de procedimentos computacionais que possibilitava a aquisição da imagem tomográfica por meio de dados coletados com feixe de radiação, em forma de cone, e com o auxílio de um detector plano. O desenvolvimento tecnológico resultou no surgimento de um tomógrafo com aquisição volumétrica da imagem, fato que permitiu sua reconstrução em terceira dimensão, facilitando, assim, a interpretação radiográfica (Cavalcanti ²⁹, 2010).

Para Scarfe et al. ¹³⁵ (2006) a TC — tomografia computadorizada, pode ser dividida em duas categorias, baseada na geometria do feixe de raios-X, na aquisição da imagem: feixe cônico e feixe em leque. A tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) é baseada na obtenção volumétrica dos dados, utilizando uma estrutura bidimensional digital de detectores.

Os primeiros resultados referentes à TCFC na odontologia apareceram no final da década de noventa, em 1998 , na Universidade de Verona, Itália (Mozzo et al. ¹⁰²,1998). Essa tecnologia utiliza um conjunto composto por um feixe de radiação X, com formato cônico, e um receptor de imagens bidimensional, que gira em 360°, uma única vez, ao redor da cabeça do paciente (Rodrigues ¹²⁷, 2010)

que, por sua vez, é estabilizada em uma estrutura parecida com um cefalostato. Em certos intervalos de tempo, são obtidas projeções simples de imagens, conhecidas como “imagens base”. A série de projeções das “imagens base” são referidas como dados de projeção. Incorporando sofisticados algoritmos de reconstrução de imagens, com retro-projeção filtrada (back-filtered projection), softwares instalados em um computador convencional, ligado ao tomógrafo, reproduzem a reconstrução primária das imagens em dados volumétricos 3D, exibindo-as nos três planos ortogonais: axial, coronal e sagital. O exame dura de 10 a 70 segundos, porém o tempo de exposição efetivo aos raios X fica em torno de 3 a 6 segundos (Garib et al.,⁴⁷ 2007; Cavalcanti²⁹, 2010).

A TCFC permite a obtenção da reprodução de uma secção do corpo humano em qualquer um dos três planos do espaço. Esses planos são utilizados como pontos de referência para descrever a posição e a direção das estruturas evidenciando ainda as relações estruturais em profundidade do corpo humano (Garib et al.⁴⁷, 2007). Esse tipo de exame permite, ainda, a visão de todas as estruturas em camadas e favorece a delimitação tridimensional de irregularidades, principalmente dos tecidos mineralizados, com uma definição admirável (Parks¹¹⁶, 2000).

As imagens geradas, a partir de um único escaneamento, composta por voxels isotrópicos (altura = largura= profundidade), evitam a formação de “gaps”, do que resultam em imagens sem distorções e com maior nitidez (Scarfe et al.¹³⁵ 2006).

A TCFC pode ser aplicada nas diversas áreas da Odontologia, tais como: **implantodontia** (Queresby ¹²⁴, 2008; Araki ⁶, 2004; Hatcher ⁵⁸, 2003; Honda ⁶³, 2004; Lascale ⁸², 2003; Sato ¹³³, 2004; Ziegler ¹⁶⁷, 2002), **cirurgia** (Queresby ¹²⁴, 2008; Honda ⁶³, 2004; Maki ⁸⁸, 2003; Kwon ⁷⁵, 2006) **traumatologia** (Queresby ¹²⁴, 2008; Ziegler ¹⁶⁷, 2002; Schulze ¹³⁸, 2004); **periodontia** e **endodontia** (Patel ¹¹⁷, 2007); **ortodontia** (Maki ⁸⁸, 2003; Korbmacher ⁷², 2007; Kim ⁶⁹, 2007); no estudo das estruturas ósseas das **articulações temporomandibulares** (Honda ⁶³, 2004; Patel ¹¹⁷, 2007; Tsiklakis ¹⁵², 2004; Honey ⁶⁴, 2007); **odontopediatria**; pacientes **especiais e fissurados** (Suri ¹⁵⁰, 2008). Com a TCFC como um exame complementar de diagnóstico, os profissionais têm a possibilidade, em apenas um exame, obter todas as imagens convencionais bidimensionais que compõem a documentação ortodôntica, somadas à visão tridimensional detalhada das estruturas dentofaciais (Lamachine et al., ⁷⁹ 2009). No entanto, a TCFC não é o exame complementar mais solicitado dentro da Ortodontia, devido ao seu custo e aos questionamentos quanto à dose de radiação (Fernandes ⁴³, 2011).

Nesse contexto, a introdução da informação em três dimensões (3D) tem sido um importante recurso na aquisição de dados volumétricos na prática ortodôntica. Kapila et al. ⁶⁸ (2011) enumeram e descrevem, em um artigo de revisão, as principais características da tomografia computadorizada (TC), comparando-a com a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e com a radiografia convencional. Dentre as principais características, pode-se citar: a substancial diminuição da radiação, a maior precisão quanto à medida e o aumento no rigor e na quantidade dos dados obtidos, em relação às radiografias

convencionais, no que tange à localização de dentes, retidos ou impactados; reabsorção de raízes, lábio e palato fissurado e avaliações de terceiros molares.

Nesta área, a recidiva do tratamento é uma das grandes preocupações quando da finalização do tratamento ortodôntico. Estudo de Chaison et al.,³⁴ (2010) objetivou não só avaliar a influência do osso e do volume dentário, na recidiva de tratamento, como também investigar a relação entre a espessura da cortical mandibular e o volume alveolar em 3D, e determinar se o volume alveolar, medido em modelos, correlaciona-se a medida do osso alveolar in vivo, mensurado por meio de TCFC. Para o estudo caso-controle, foi obtida a documentação completa de 900 pacientes antes do tratamento (T1), ao seu final (T2) e 10 anos de acompanhamento (T3). Desta amostra, 80 documentações foram selecionadas: 40 por apresentarem recidiva, e outras 40, por se apresentarem estáveis. As avaliações das TCFC foram realizadas no período T2. As variáveis: volume total (V), volume alveolar (AV) e o volume dentário (TV) e a espessura da cortical mandibular (CT) foram definidas para o estudo. Nove pacientes que apresentaram TCFC foram identificados e as variáveis foram mensuradas in vivo, além dos próprios modelos, a fim de verificar o método. Os autores concluíram que, embora a recidiva pós-período de retenção tenha sido associada com as variáveis: V e AV, o volume ósseo não foi um bom preditor de recidiva. Ainda mais, estas variáveis, medidas por meio das imagens de TCFC dos modelos dentários, apresentaram alta correlação com as mesmas medidas nas TCFC in vivo, o que demonstrou a alta fidedignidade deste método para representar essas estruturas em 3D.

Sherrard et al.¹⁴⁰ (2010) procuraram examinar a acurácia e a confiabilidade das medidas dos dentes e das raízes de imagens periapicais comparadas com aquelas derivadas de imagens tomográficas TCFC. Para o estudo foram utilizadas 7 cabeças de porco, perfazendo um total de 96 dentes (48 incisivos e 48 pré-molares), nos quais foram feitos os exames: radiográfico convencional e tomográfico. Para facilitar a aquisição das imagens a serem estudadas, distribuíram as cabeças em dois grupos, de modo que cada um fosse submetido a um tipo de exame. Todos os elementos dentários passaram por dois exames radiográficos periapicais, e, tendo como referência a porção mesial, distal, vestibular e junção cimento-esmalte, foi realizado um duplo escaneamento de cada dente. Tanto as raízes quanto o comprimento dentário foram derivados desses pontos e comparados com as medidas reais realizadas por meio de compasso. Como resultados, os autores concluíram que o comprimento dos dentes e das raízes, por meio das TCFC, não foram significativamente diferentes dos comprimentos reais, sendo que as médias foram menores que 3mm. As medidas periapicais subestimaram o comprimento das raízes e superestimaram o comprimento dentário. Outra informação relevante relaciona-se ao erro do método que foi quase duas vezes maior nas radiografias periapicais do que nas imagens tomográficas. Como conclusão, após a análise dos índices de correlação intraclasse (maiores que 0.995), as imagens tomográficas apresentaram a mesma confiabilidade das radiografias periapicais para determinação das medidas aqui enfocadas.

Ainda nesta mesma área, Garib et al.⁴⁶ (2005) procuraram avaliar os efeitos dentoalveolares da expansão rápida da maxila com o uso do aparelho Haas comparado ao Hyrax, por meio da análise de tomografias computadorizadas. Tal exame permite mensurar as dimensões transversas de qualquer área da maxila, assim como as mudanças na inclinação axial dos elementos posteriores, pela reprodução de uma secção maxilar real de todos os três planos. A amostra —, constituída por 8 pacientes do gênero feminino, com idades cronológicas entre 11 a 14 anos apresentando má oclusão de Classe I ou II com mordida cruzada posterior unilateral ou bilateral —, foi subdividida em dois grupos de tratamento, conforme o tipo de aparelho utilizado. As pacientes foram submetidas à TC convencional, antes da expansão, e, após 3 meses de contenção, quando o expansor, então foi removido. Paralela ao plano do palato, uma fatia axial de 1 milímetro foi escaneada, determinando, assim, a área dentoalveolar e a base da maxila no terço inferior da cavidade nasal. Uma reconstrução multiplanar foi utilizada para mensurar a dimensão transversa maxilar e a inclinação dentária posterior pelas médias do método computadorizado. A expansão rápida da maxila produziu aumento em todas as dimensões transversas estudadas, com diminuição do arco dentário ao osso basal. Essa expansão permitiu um movimento vestibular do segmento dos dentes posteriores maxilares pelo movimento de inclinação e translação. Além disso, o aparelho Haas produziu maiores mudanças na inclinação axial dos dentes suporte, especialmente nos primeiros pré-molares.

Avaliar o avanço mandibular de maneira tridimensional constituiu o objetivo de Carvalho et al.²⁸ (2010). Neste estudo prospectivo observacional, os

autores avaliaram a posição e remodelamento do ramo mandibular, cêndilos e mento após 1 ano da realização de cirurgia de avanço mandibular. Para isso, TCFC foram realizadas no momento pré-cirúrgico, 4 a 6 semanas após da cirurgia e 1 ano após a realização do procedimento. Para constituir a população amostral, 27 pacientes foram selecionados. Foi utilizado o método de superposição da base craniana para avaliar as mudanças na posição e remodelamento das regiões anatômicas de interesse. As distâncias nas superfícies foram visualizadas e quantificadas tridimensionalmente por mapas coloridos. Por meio das imagens tomográficas, os autores verificaram que, desde a remoção do esplinte (4 a 6 semanas após a cirurgia, até 1 ano após), metade dos pacientes apresentaram mudanças maiores que 2 mm, na posição do mento. Adicionalmente, existiram iguais chances de movimento anterior e posterior, além do movimento de deslocamento do ramo.

Para auxiliar no tratamento ortodôntico, a utilização de implantes com o intuito de aumentar a ancoragem torna-se cada vez mais comum e, em alguns casos, necessária. Com vista à estabilidade e à correta instalação do implante, ele deve ser inserido de forma a não apresentar contato com as raízes. Dessa forma, é de suma importância entender a anatomia e curvatura das raízes para que não haja falhas, a longo prazo. Sendo assim, Park et al.¹¹⁵ (2010) analisaram imagens de tomografias computadorizadas com o intuito de prover informações sobre o correto local de colocação e angulações de microimplantes entre dentes e raízes. Uma amostra de 25 pacientes foi selecionada para o estudo e, dessa forma, imagens tridimensionais dos segundos pré-molares superiores e inferiores,

primeiros e segundos molares foram construídas. Para as mensurações, as raízes foram divididas em 3 áreas e, dessa forma, as distâncias desses pontos, e entre os pontos das raízes adjacentes, foram calculadas em 3 níveis. Adicionalmente, os ângulos entre as linhas que conectam esses 3 pontos e as linhas perpendiculares ao plano oclusal, nos pontos de contato, também foram mensurados. Como conclusão, após análise dos cortes tomográficos, para minimizar o contato com as raízes, os microimplantes deveriam ser inclinados para distal, cerca de 10° a 20°, e instalados de 0.5 a 2.7mm, distalmente, do ponto de contato.

Para simular o posicionamento natural de cabeça, através do eixo visual e o posicionamento de planos determinados por pontos anatômicos intracranianos, Cevidanes et al.³² (2009) descreveram o plano horizontal de Frankfurt (HF), definido pelos pontos Na, ENA e Ba e o plano “transporiônico”, determinado pela linha através do Po direito e esquerdo, perpendicular ao plano HF. O volume 3D foi reorientado até que o plano HF estivesse paralelo à base horizontal, e os planos, “transporiônico” e o plano sagital mediano, estivessem orientados verticalmente. O cruzamento do plano HF com o plano “transporiônico” foi determinado como o centro do sistema de coordenadas (Oliveira et al.¹⁰⁶, 2009).

Gribel et al.⁵¹ (2011), compararam a precisão das medidas craniométricas, obtidas através da cefalometria convencional, com as obtidas por meio da TCFC. Dez pontos, notoriamente reconhecidos, foram marcados em 25 crânios com oclusão estável; também se comparou, nas radiografias —, em norma lateral e em TCFC —, a relação entre tais medidas e as físicas reais. Os autores concluíram que a análise através da TCFC é extremamente precisa e pode ser usada em

mensurações craniométricas; porém, as normas cefalométricas bidimensionais não podem ser facilmente utilizadas para medições tridimensionais, devido às diferenças, na precisão da medição, entre os dois exames.

Fernandes ⁴³ (2011), com o objetivo de avaliar a precisão e a acurácia de medidas lineares da mandíbula —, em imagens 3D obtidas por meio da TCFC, em diferentes tamanhos de voxel: 02 e 04mm —, utilizou uma amostra de 10 mandíbulas para realizar uma pesquisa com os seguintes passos: dois observadores realizaram 10 medidas lineares, nos cortes multiplanares e nas reformatações 3D; todas avaliadas no programa Dolphin e foram comparadas com o padrão ouro. Dos dados obtidos, o pesquisador concluiu que as imagens, dos cortes multiplanares em TCFC, e dos dois protocolos de voxel podem ser utilizadas, com precisão e acurácia, para a obtenção de medidas lineares. No entanto, segundo o autor, maior cautela deve ser tomada para as mensurações, nas reformatações 3D, pois elas são precisas, mas não acuradas para todas as variáveis; concluiu ainda que o aumento na resolução das imagens não aumenta a precisão e acurácia nas mensurações de medidas lineares.

A utilização de planos cartesianos, na área médica, é um fato recente. Folio et al. ⁴⁵ (2011), em um estudo pioneiro, utilizaram as coordenadas cartesianas com o intuito de verificar o possível caminho percorrido por projéteis, e as possíveis injúrias causadas aos órgãos vitais, através da análise de tomografias computadorizadas. O cálculo dessa trajetória foi realizado por meio do sistema de coordenadas cartesianas e um sistema de posicionamento cartesiano (SPC). Para isso, três radiologistas utilizaram tomografias de 19 pacientes, feridos

em combates no Iraque. As trajetórias foram descritas, focando, qualitativamente, as direções, e, quantitativamente, os vetores. Os descritores direcionais, os ângulos de trajetória e os ângulos entre as trajetórias foram baseados no sistema de coordenadas cartesianas gravados nos Eixos X, Y e Z, utilizando-se o cálculo da trajetória por meio de um software. Para confirmar a consistência da qualidade dos descritores, foi realizada a calibragem dos observadores, com posterior índice Kappa. Na análise, em 68% das trajetórias, houve congruência de opiniões entre os observadores. O valor de Kappa atingido mostrou boa aceitação. Ao verificar a trajetória de projéteis, em casos de ferimentos balísticos, com relação a possíveis danos em regiões adjacentes, os autores concluíram que a análise, por meio de planos cartesianos, foi benéfica.

Na área odontológica, o estudo do movimento mandibular revela-se de grande importância no desenvolvimento de trabalhos de reabilitação oral, pois permite determinar se existem, ou não, patologias, no nível da articulação temporomandibular, possibilitando a realização de diagnósticos e a elaboração de planos de tratamento adequados. Sendo assim, Santos et al.¹³² (2009) desenvolveram um dispositivo para a aquisição e análise do movimento mandibular em 3D. Para visualizar e analisar o movimento 3D, por um computador pessoal, foi desenvolvida uma aplicação computacional em LabVIEW; para converter em coordenadas cartesianas a tensão dada pelos sensores eletromagnéticos, foi criado o “algoritmo do ponto mais próximo” e foram também utilizadas redes neuronais. Dessa forma, os sinais elétricos enviados são transformados pelos sensores em coordenadas cartesianas 3D. Esse

dispositivo parece ser de fácil uso, confortável para os pacientes e de custo acessível.

Os vários estudos com TCFC, desde a sua introdução durante a última década, fornecem dados valiosos para a odontologia, como os supracitados. Porém, o seu uso deve se restringir aos casos nos quais a radiografia convencional não fornece informações suficientes para o diagnóstico. E, conforme Pinsky et al.¹²¹, 2006; Moshiri et al.¹⁰¹, 2007; Lagravère et al.⁷⁶, 2008; Periago et al.¹¹⁹, 2008), medidas lineares em TCFC são estudadas, assim como análises craniométricas propostas, porém as estruturas anatômicas e os critérios para o plano de tratamento precisam ser definidos e novas metodologias de avaliação precisam ser estudadas.

PROPOSIÇÃO

3 Proposição

Avaliar tomograficamente, por meio do sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, o deslocamento e a rotação dos primeiros molares permanentes, em pacientes pós-surto de crescimento pubertário, após o uso do aparelho Herbst bandado.

MATERIAL E MÉTODO

4 Material e método

4.1 MATERIAL

4.1.1 Amostra

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP, Câmpus de Araraquara-SP sob o número de processo 62/10 (Anexo 1) e teve auxílio financeiro da FAPESP, sob o número de processo 2010/17934-8 (Apêndice 4).

Os pacientes foram selecionados dentre os indivíduos que integraram a triagem para tratamento ortodôntico no Departamento da Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP. Os pacientes e seus respectivos responsáveis foram esclarecidos quanto ao tratamento, que se iniciou após consentimento e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 1).

A amostra deste estudo prospectivo foi composta por 24 pacientes leucodermas, portadores de má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle –, com idades, entre 15 a 18 anos, sendo 10 do gênero feminino (idade média de 16,1 anos) e 14 do masculino (idade média de 16,2 anos).

Critérios de inclusão da amostra:

- 1- Padrão facial Classe II, associado à retrusão mandibular, segundo análise clínica;
- 2- Relação dentária Classe II de Angle, divisão 1;
- 3- Presença de dentição permanente completa, com exceção dos terceiros molares irrompidos;
- 4- Ausência de apinhamento dentário severo na arcada dentária superior e inferior;
- 5- Ausência de problemas transversais;
- 6- Trespasse horizontal maior ou igual a 5 mm;
- 7- Período pós-pico de crescimento pubertário.

Critérios de exclusão da amostra:

- 1- Pacientes portadores de síndromes de crescimento;
- 2- Tratamento ortodôntico realizado previamente;
- 3- Padrão vertical extremo.

4.2 MÉTODO

4.2.1 Determinação Do Padrão Facial e Relação Dentária

A análise facial foi realizada clinicamente e dados mensuráveis não foram utilizados. Na análise facial, foram observadas algumas características que ajudaram na determinação do padrão facial Classe II, como: avaliação morfológica do ângulo nasolabial (reto, agudo e obtuso) e do comprimento da linha mento-pescoço. Dessa forma, indivíduos que apresentaram um perfil convexo, ângulo nasolabial reto ou levemente agudo e linha mento-pescoço curta foram classificados como padrão facial Classe II ^{7, 20}.

A avaliação dentária foi realizada através dos modelos de estudo, em que a Classe II, divisão 1 de Angle foi determinada pela posição sagital dos primeiros molares permanentes, dos caninos e pela sobressaliência (Figura 1). Foram incluídos na amostra, indivíduos portadores de má oclusão de Classe II de Angle, com molar igual ou superior à metade de uma cúspide e sobressaliência igual ou maior que 5 mm.

4.2.2 Determinação do Padrão Morfológico Facial

O padrão morfológico facial foi determinado, por teleradiografias em norma lateral e pelo Índice Facial de Jaraback (Apêndice 2). No presente estudo, a amostra foi composta por pacientes dos quais: 50% (12 pacientes) apresentaram padrão braquifacial; 33,3 % (8 pacientes) padrão mesofacial e 16,7% (4 pacientes) padrão dolicofacial

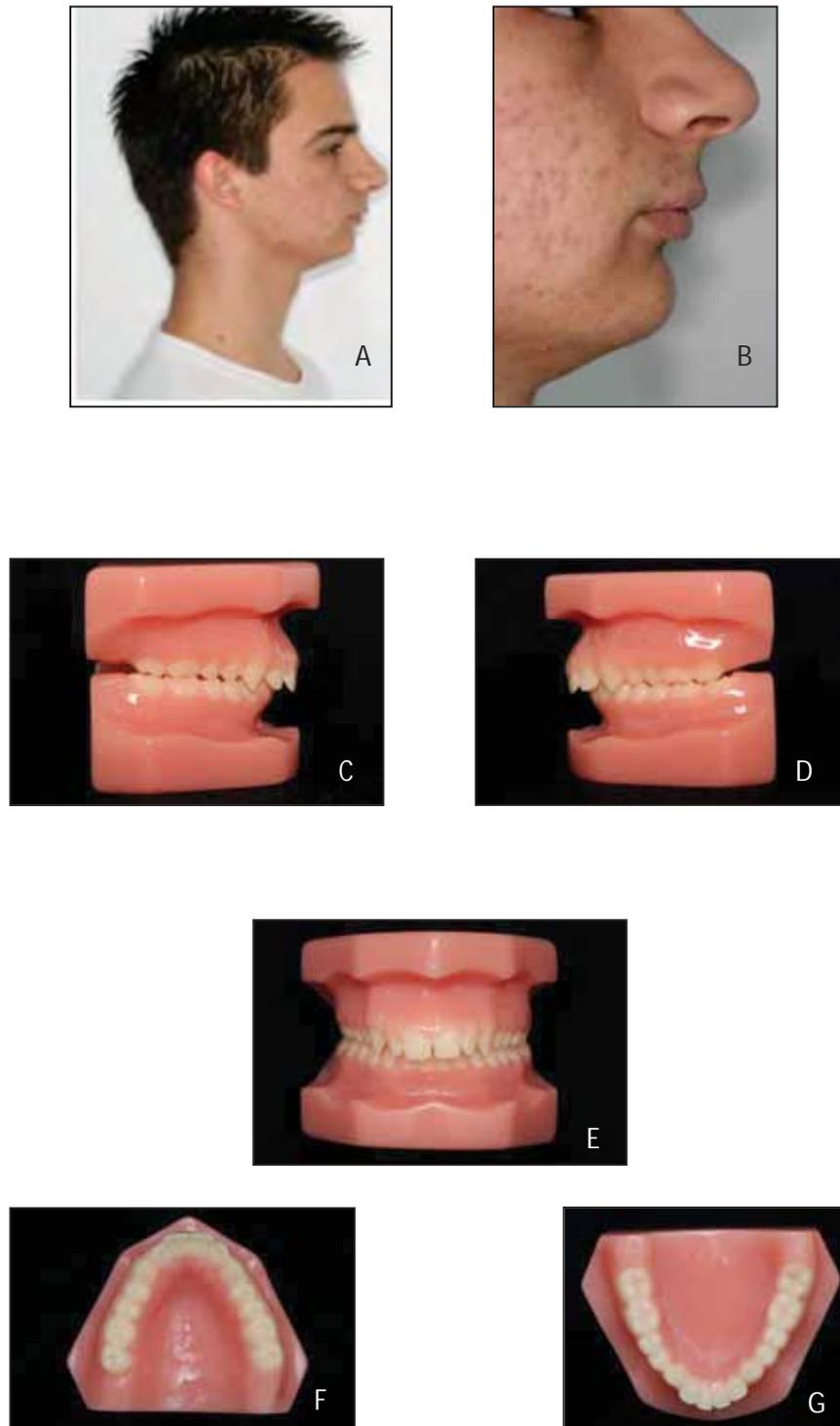


FIGURA 1- Características de paciente para a amostra. Imagem da face e oclusão. A. Perfil com características de padrão facial II, B. Perfil aproximado, C. Lateral direita, D. Lateral esquerda, E. Frontal, F. Oclusal superior e G. Oclusal inferior.

4.2.3 Determinação da Idade Óssea

A análise, para a determinação da idade óssea, foi realizada através da radiografia carpal, por duas operadoras, na forma de estudo cego, aferindo os indicadores de maturação esquelética, segundo atlas de Greulich Pyle ⁵⁰. Os pacientes para esta amostra encontraram-se próximos do final da curva descendente de crescimento (FPut - união epifisária total na falange proximal do terceiro dedo, FMut - união epifisária total na falange média do terceiro dedo e/ou Rut - união epifisária total do rádio), no fim do crescimento puberal, de acordo com a classificação de Martins e Sakima ⁹¹.

4.2.4 Descrição do Aparelho de Herbst Bandado

4.2.4.1 ANCORAGEM SUPERIOR

O sistema de ancoragem utilizado na arcada superior, consistiu de bandas (Universal – Morelli), nos primeiros molares superiores, unidas entre si por uma barra transpalatina, confeccionada com fio de aço 1,2mm-Dentaurum, nelas soldada e afastada 2 mm do palato ⁶⁶ (Figura 2). Uma extensão da barra transpalatina dirigiu-se à oclusal do segundo molar, fio de aço 1,2mm, com o intuito de coibir a extrusão desse dente. Na região vestibular, em cada uma das bandas foi soldado um conector.

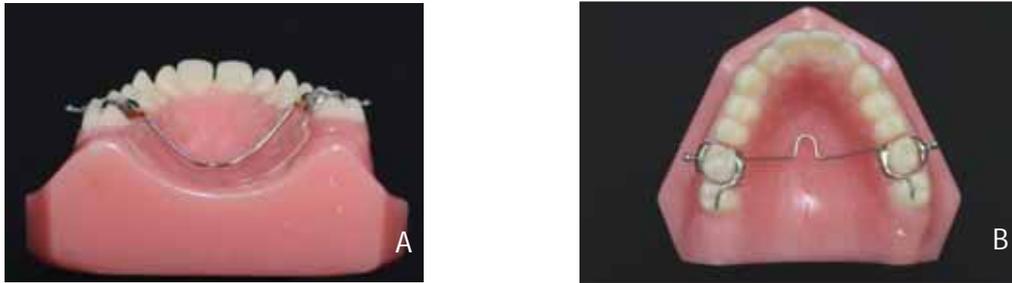


FIGURA 2- A. Barra transpalatina afastada 2 mm do palato. B. Vista oclusal da ancoragem superior.

4.2.4.2 ANCORAGEM INFERIOR

O sistema de ancoragem utilizado na arcada inferior consistiu de bandas (Universal –Morelli) nos primeiros molares inferiores, unidas entre si por um arco lingual de Nance modificado, confeccionado com fio 1,2mm-Dentaurum, soldado às bandas e afastado 3mm da face lingual dos incisivos. Foi confeccionado um cantilever de cada lado, com fio duplo, com extensão até a região dos caninos e pré-molares, confeccionado com fio de aço 1,2mm - Dentaurum, envolvendo um conector, soldado nas extremidades, anterior e posterior, da face vestibular das bandas dos primeiros molares inferiores. A união entre o cantilever e o arco lingual de Nance foi feita, na distal dos caninos, utilizando fio 0,9mm (Dentaurum), para evitar interferências oclusais¹²⁶ (Figura 3). Os aparelhos foram confeccionados por um único protético. Para a cimentação das estruturas foi utilizado cimento de ionômero de vidro fotopolimerizável (3M Unitek).

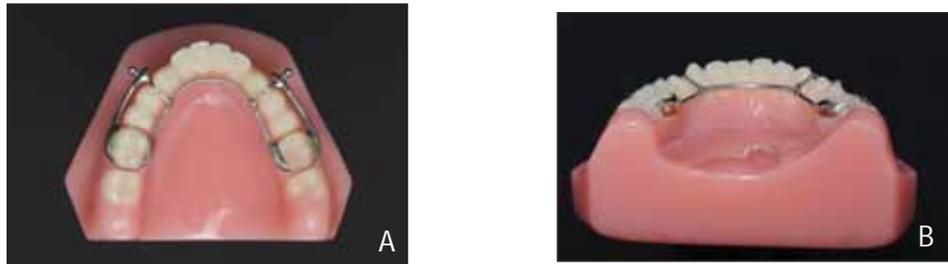


FIGURA 3- A. Vista oclusal da ancoragem inferior. B. Vista da ancoragem inferior.

4.2.4.3 MECANISMO TELESCÓPICO

O mecanismo telescópico utilizado foi o modelo Flip-Lock (Tip Orthodontics) (Figura 4) que é constituído pelos seguintes acessórios:

- Conectores – São quatro e apresentam um formato esférico, soldados às bandas, na face vestibular dos primeiros molares superiores e, no cantilever, na região dos caninos inferiores
- Tubo – São dois e determinam a quantidade de avanço mandibular. Cada tubo apresenta um encaixe, em forma de círculo, e marcadores, diferenciados por cores, sendo que o vermelho corresponde ao lado esquerdo e o verde, ao direito. Os tubos são engatados aos conectores dos primeiros molares superiores.

- Pistão – São dois e são introduzidos nos tubos. Em cada pistão há um encaixe circular que se engata ao conector inferior. Os encaixes dos pistões também apresentam uma orientação correta: um pequeno círculo sobre o encaixe representa a superfície vestibular. O tamanho do pistão não deve se estender mais que 2 ou 3mm além da distal dos tubos; caso contrário, traumatiza a mucosa jugal do paciente. Por outro lado, é importante que os pistões não sejam muito curtos, para se evitar que saiam de dentro do tubo.



FIGURA 4- Componentes do sistema telescópico Flip-Lock da TIP.

O avanço anterior da mandíbula com o aparelho de Herbst foi realizado conforme preconizado por Pancherz¹⁰⁸ (1982), ou seja, avanço mandibular único até obter uma relação de topo a topo com os incisivos (Figura 5).

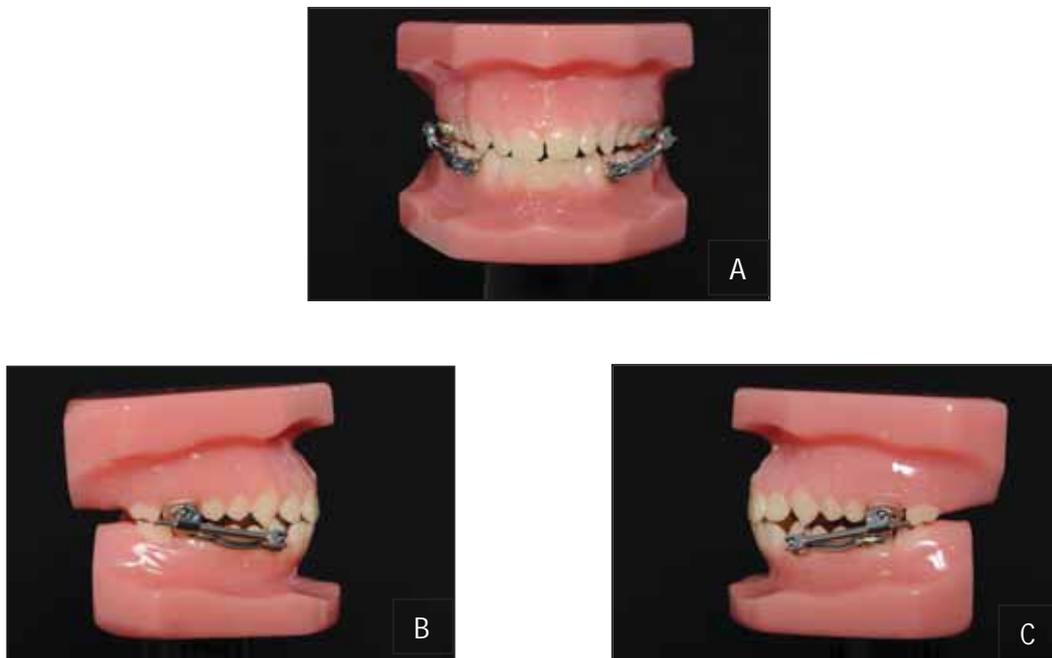


FIGURA 5- Avanço mandibular com aparelho de Herbst. A. Vista frontal, B. Vista lateral direita, C. Vista lateral esquerda.

Todos os pacientes foram tratados com aparelho de Herbst bandado, por 8 meses, por duas profissionais previamente calibradas, seguindo o mesmo protocolo de tratamento; o trabalho de confecção dos aparelhos foi executado por um único protético, o que reduz a variabilidade nos resultados. As etapas clínicas envolveram os seguintes passos:

- 1- Separação dos primeiros molares com elástico separador por 5 dias;
- 2- Adaptação das bandas nos molares previamente separados, moldagem de transferência nas arcadas superior e inferior e nova separação, nos referidos dentes, por 5 dias;

- 3- Cimentação das ancoragens, uma por vez, com isolamento relativo auxiliado pelo sistema de sucção de saliva por bomba a vácuo e orientações quanto à higienização e preservação do aparelho;
- 4- Realização do avanço mandibular único, após 5 dias;
- 5- Acompanhamento mensal, salvo nos casos de intercorrências, onde esse prazo era reduzido.

4.2.5 Obtenção das Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico (TCFC)

Para a avaliação da rotação e deslocamento dos primeiros molares permanentes, cada paciente foi submetido a duas tomografias, sendo a primeira realizada no início do tratamento, denominada de T1, e a outra, denominada de T2, no seu término, até quinze dias após a remoção do aparelho.

Todas as tomografias computadorizadas TCFC foram realizadas em uma mesma clínica (particular) na cidade de Araraquara-SP.

As TCFC foram obtidas através de um tomógrafo i-CAT® Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA), com regime de trabalho de 120 kVp, seguindo os seguintes protocolos:

- 17cm de diâmetro por 13,5cm de altura, 20seg,0,4voxel (18,45 mAs);
- Os pacientes se posicionaram sentados, com boca fechada em máxima intercuspidação habitual (MIH, com o plano de Camper²⁵, meato acústico externo à asa do nariz), paralelo ao solo e sem posicionador na região mental;

mantinham apenas um posicionador na testa, de modo a imobilizar a cabeça do paciente. Os dados foram exportados no formato DICOM (Digital Image and Communication in Medicine) e as mensurações das imagens, nos cortes multiplanares, foram realizadas através do programa Dolphin[®] Imaging 11.5 Premium (Dolphin Imaging & Management Solutions, Petterson Technology, Chatsworth, CA, EUA).

4.2.6 Análise das Imagens Tomográficas

Os dados originais da TCFC foram armazenados, em formato digital, em CD, para possibilitar a revisão de qualquer imagem, sem perda de qualidade, o que permitiu a geração de imagens volumétricas, em 3D, para processamento, visualização, manipulação e análise a qualquer momento. Posteriormente, esses dados foram transferidos para uma estação de trabalho, (Intel Pentium Dual E 2200), no formato DICOM (Digital Image and Communication in Medicine), onde foram lidas pelo *software* Dolphin[®] Imaging 11.5 Premium (Dolphin Imaging & Management Solutions, Petterson Technology, Chatsworth, CA, EUA).

4.2.7 Padronização do Posicionamento das Imagens (Posição da Cabeça)

A padronização das imagens, antes das mensurações, e análises das TCFC foi realizada com visualização 3D, na ferramenta “Orientation”, que

permite a rotação e o deslocamento da imagem nos três planos: sagital, coronal e axial.

A orientação da posição da cabeça foi feita, primeiramente na vista coronal do crânio. A linha do plano axial tangenciou as bordas inferiores das órbitas e a linha do plano sagital distinguiu a linha média sagital da cabeça (Figura 6 A). Na vista sagital direita do crânio, a linha do plano coronal coincidiu com o pório direito e a linha do plano axial distinguiu o Plano de Frankfurt (figura 6 B); por fim, foi repetida essa orientação para a vista sagital esquerda do crânio ³²(Figura 6 C). A cabeça do paciente foi posicionada a partir da escolha dos planos, nas seqüências de referência (Figura 6):

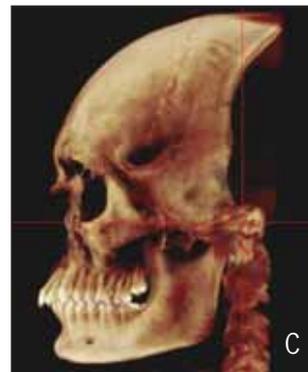
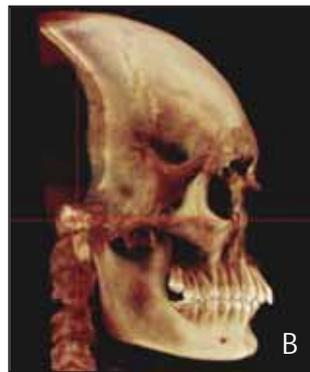
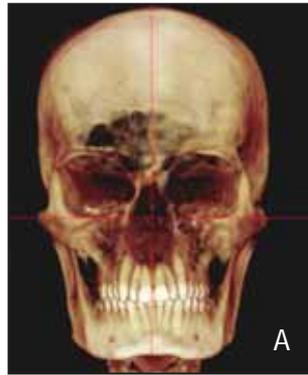


FIGURA 6- Orientação da cabeça; A. Na vista coronal do crânio, a linha do plano axial tangencia as bordas inferiores orbitárias e a linha do plano sagital distingue o plano sagital mediano da cabeça; B. e C. vista sagital direita e esquerda: a linha do plano coronal passa pelos pórios (plano intraporiônico) e a linha do plano axial distingue o Plano de Frankfurt.

Os planos axial, coronal e sagital de T1 e T2, para cada paciente (individualmente), deverão ser coincidentes (Figura 7).

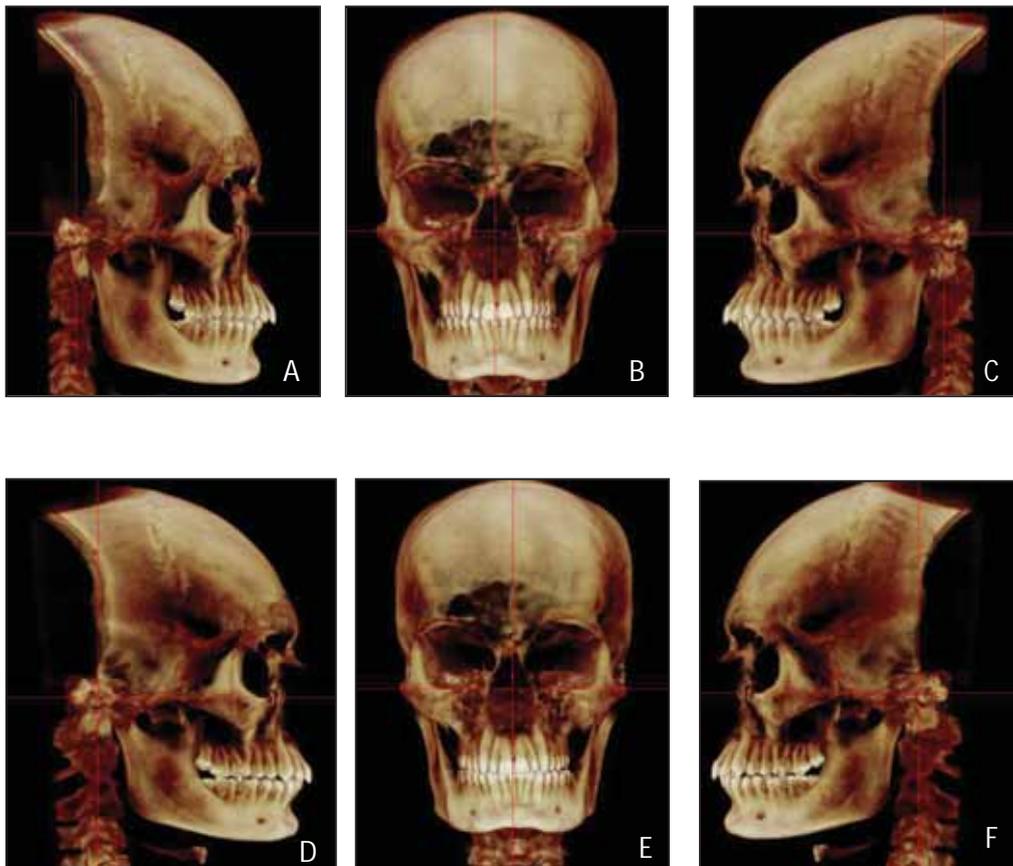


FIGURA 7- Observam-se os planos axial, coronal e sagital, de T1 e T2, do mesmo paciente, passando pelas mesmas estruturas. T1: A. Vista sagital direita, B. Vista coronal, C. Vista sagital esquerda. T2: D. Vista sagital direita, E. Vista coronal, F. Vista sagital esquerda.

4.2.8 Padronização do Ponto Zero

No sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, onde há a intersecção dos planos: axial, sagital e coronal, com ângulos retos, situa-se o ponto de Origem que, quantificado nos Eixos X, Y e Z, é zero para todos. São esses eixos que fornecem a direção e o sentido para o sistema. Nesta pesquisa, o ponto de Origem foi denominado de Ponto Zero. Portanto, o Ponto Zero é a

intersecção, em 90°, dos três planos: axial, coronal e sagital, quando posicionado em uma estrutura estável.

A base do crânio é geralmente usada na cefalometria bidimensional (2D) porque ela apresenta alterações mínimas depois que o crescimento neural está completo³³. Dessa forma, foi escolhida a Sela Túrcica para abrigar o Ponto Zero, pois esta é uma estrutura notoriamente estável, não sendo influenciada por nenhum tipo de tratamento ortodôntico.

Depois de estabelecida a padronização do posicionamento das imagens (posição da cabeça), a imagem do crânio não sofre nenhum tipo de rotação ou deslocamento, permanecendo na mesma posição escolhida anteriormente; apenas os planos, axial e coronal são transportados de modo que a sua intersecção ocorra na Sela Túrcica, onde já está localizado o plano sagital. Nesse momento, o Ponto Zero foi digitalizado na intersecção dos três planos, já na Sela Túrcica.

Pela ferramenta “Orientation” (no “Hard Tissue (solid)” em “use clipping slice”) observa-se, em 3D, a vista frontal de todo o lado direito do crânio removido, determinado pelo plano sagital (Figura 8A). Na sua vista direita, visualiza-se a Sela Túrcica (Figura 8B). A posição do plano axial, que distingue o Plano de Frankfurt, é transportada para a porção mais inferior da Sela Túrcica. Em seguida, o plano coronal, que passa pelos pórios, para a porção posterior da Sela Túrcica, é modificado. Essa posição é mostrada, na vista sagital, no corte multilinar, na T1 e T2, de cada paciente (Figura 9).

Os cortes multiplanares digitalizados (descritos adiante) mostram a intersecção dos três planos, onde se situa o Ponto Zero, definido a partir da posição da cabeça do paciente; tais dados, armazenados e gravados, ficam disponíveis em arquivo para quaisquer consultas. Essa orientação permitiu marcar os pontos e padronizar as avaliações.

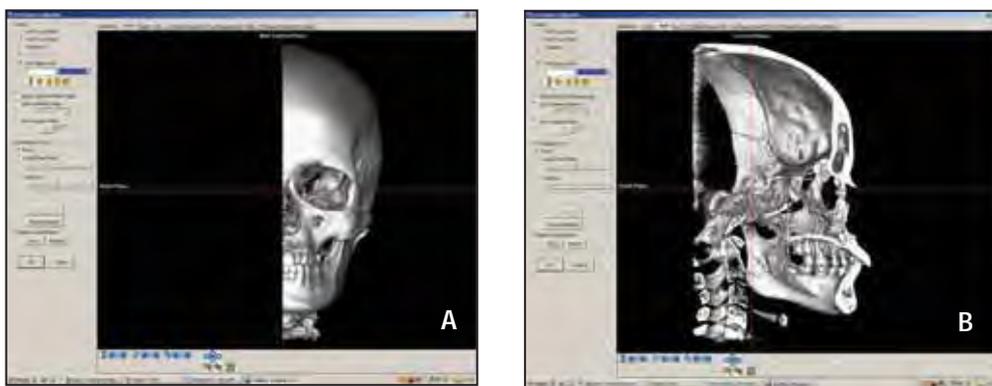


FIGURA 8- A. Usando o “use clipping slice” para remover o lado direito do crânio, determinado pelo plano sagital B. Vista lateral direita do crânio, localização da Sela Túcica.

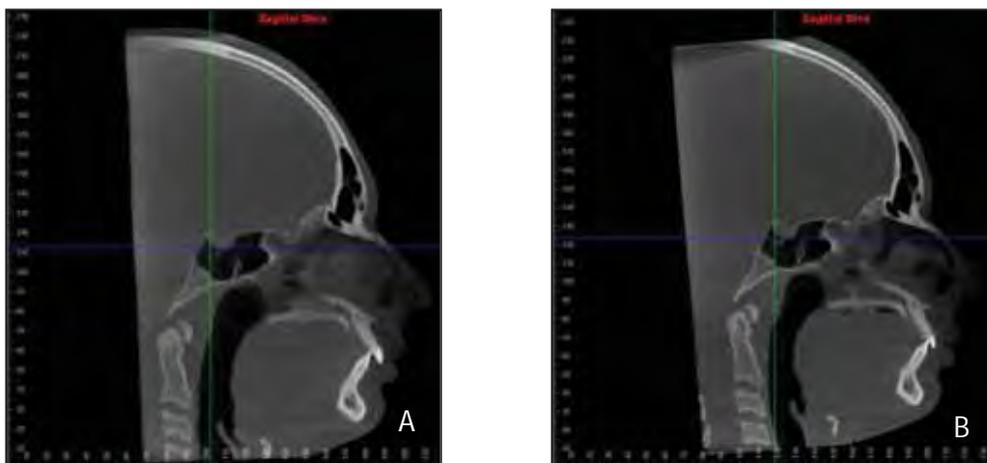


FIGURA 9- Vista da imagem no plano sagital no corte multiplanar. (A).Imagem em T1 (B). Imagem em T2 do mesmo paciente.

4.2.9 Seleção das Imagens para Digitalização dos Pontos

Para tornar possível a realização do cálculo de rotação do dente, três pontos não colineares (pertencentes a uma mesma reta) são necessários. Para representar cada dente, os pontos escolhidos, localizados na região do ápice, cervical e ponta da coroa, são descritos a seguir (Figura 10).

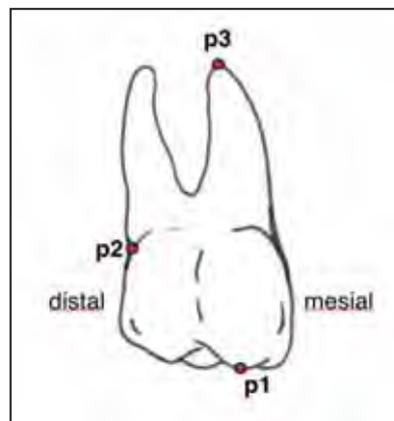


FIGURA 10- Representação dos três pontos escolhidos para cada dente.

Serão apresentadas, a seguir, as diretrizes para a escolha do local para a digitalização dos pontos.

4.2.9.1 PONTOS NA ARCADA SUPERIOR

Sete pontos foram digitalizados nas imagens da TCFC na arcada superior, conforme orientação das diretrizes nos cortes multiplanares (Tabela1)

Tabela 1- Localização dos sete pontos da arcada superior

Ponto	Localização
Ponto Zero	No plano sagital, com ampliação de 300%, (digitalização desse ponto na intersecção dos três planos).
P1 16	Ponta da cúspide mesial do primeiro molar superior direito.
P2 16	Terço cervical da coroa, pouco acima da junção cimento – esmalte do primeiro molar superior direito, em sua face distal.
P3 16	Ponta da raiz mesial do primeiro molar superior direito.
P1 26	Ponta da cúspide mesial do primeiro molar superior esquerdo.
P2 26	Terço cervical da coroa, pouco acima da junção cimento-esmalte do primeiro molar superior esquerdo em sua face distal.
P3 26	Ponta da raiz mesial do primeiro molar superior esquerdo.

4.2.9.2 PONTOS NA ARCADA INFERIOR

Dez pontos foram digitalizados nas imagens da TCFC, na arcada inferior, conforme orientação de localização nos cortes multiplanares (Tabela 2) (Figura 11A e 11B).

Tabela 2- Localização dos dez pontos da arcada inferior

Ponto	Localização
Ponto Zero	No plano sagital, com ampliação de 300%, (digitalização esse ponto na intersecção dos três planos).
P1 46	Ponta da cúspide mesial do primeiro molar inferior direito.
P2 46	Terço cervical da coroa, pouco acima da junção cimento–esmalte do primeiro molar inferior direito, em sua face distal.
P3 46	Ponta da raiz mesial do primeiro molar inferior direito.
P1 mand	No plano coronal, região de maior abertura e entrada do forame mental direito.
P2 mand	No plano coronal, região de maior abertura e entrada do forame mental esquerdo.
P3 mand	Ponto mais proeminente no contorno anterior da sínfese mandibular.
P1 36	Ponta da cúspide mesial do primeiro molar inferior esquerdo.
P2 36	Terço cervical da coroa, pouco acima da junção cimento–esmalte do primeiro molar inferior esquerdo, em sua face distal.
P3 36	Ponta da raiz mesial do primeiro molar inferior direito.

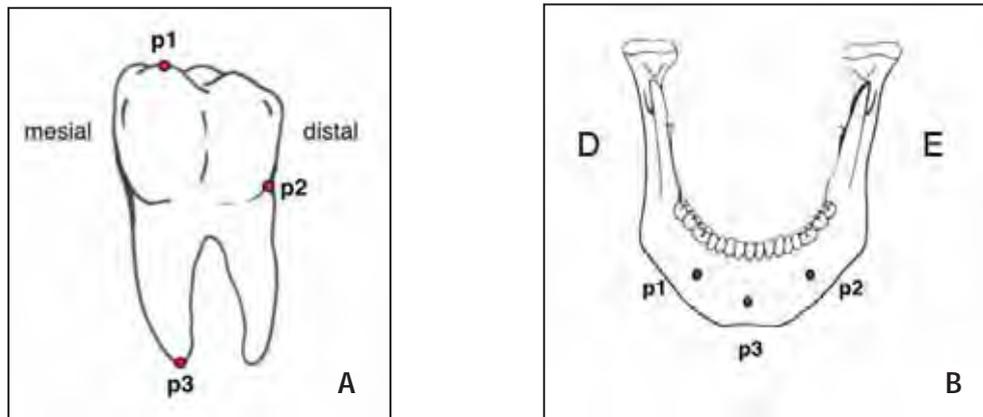


FIGURA 11- A. Representação dos três pontos escolhidos para cada dente inferior. B. Representação dos três pontos escolhidos para a mandíbula.

4.2.10 Seleção das Imagens para Digitalização dos Pontos e Mensurações na TCFC nos Dentes Superiores

Os pontos, nos dentes, em cada um dos três planos, foram digitalizados a partir da sua localização, nas duas linhas de orientação, nas imagens dos cortes multiplanares: sagital, coronal e axial, simultaneamente.

Contemplam-se, a seguir, as orientações para a digitalização dos pontos na imagem tomográfica, bem como suas características nos cortes ortogonais e a sua visualização (Figuras 12 a 21 e Tabelas 3 a 11).

4.2.10.1 PONTO ZERO

A localização do ponto, previamente determinada, foi gravada no programa, tanto para T1 como para T2. O ponto situa-se na intersecção dos três planos: axial, coronal e sagital.

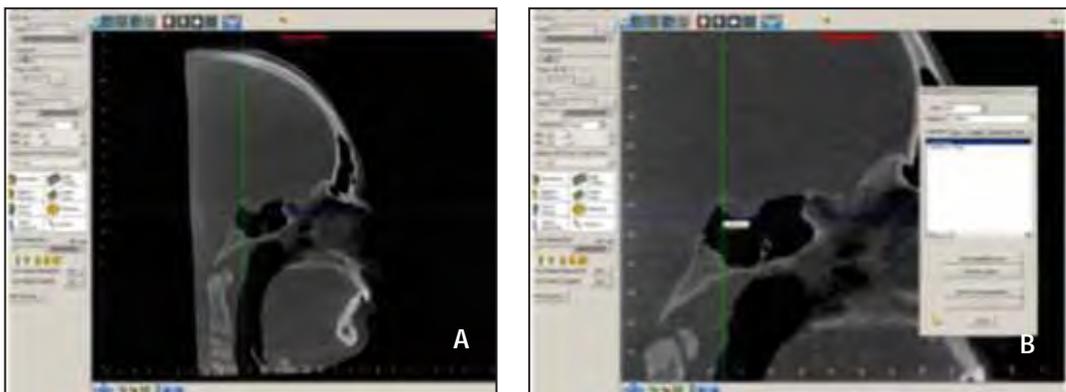


FIGURA 12- A. Vista sagital da posição da cabeça, no corte multiplanar. B. Ampliação de 300% em que o Ponto zero é digitalizado na intersecção dos três planos.

Tabela 3- Localização do ponto P1 16

Ponto P1 16	A barra horizontal de orientação (lado direito ou esquerdo) é movida no plano sagital, em direção ao primeiro molar superior, até a sua localização.
Sagital - digitalização do ponto nesse plano	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da cúspide mesial, do primeiro molar superior direito, no sentido mesio/distal.
Coronal	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da coroa mesial do primeiro molar superior direito, no sentido vestibulo /palatino.
Axial	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da cúspide mesial, do primeiro molar superior direito, por oclusal.

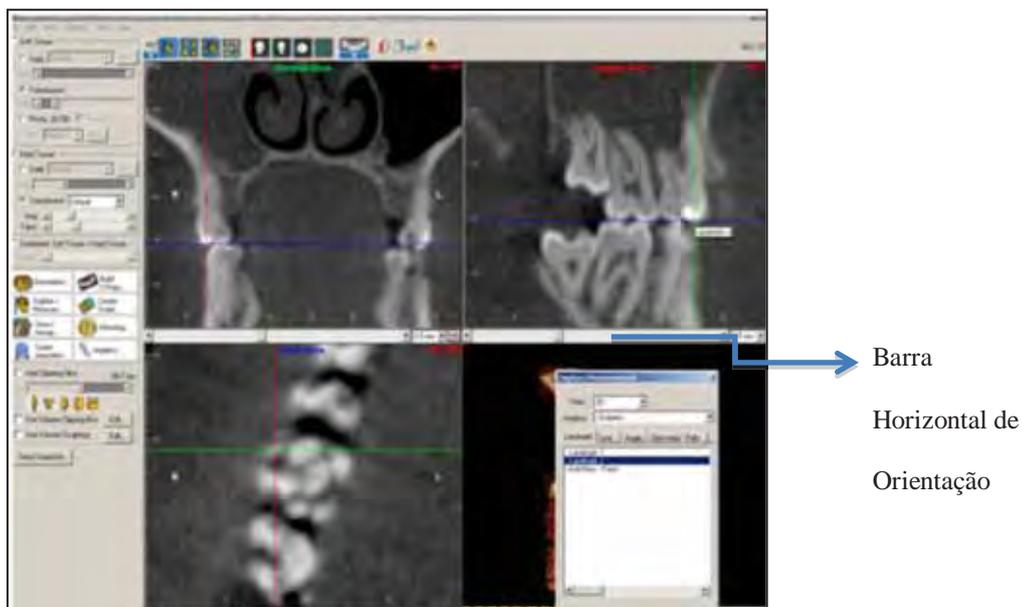


FIGURA 13- Digitalização do ponto P1 16.

Tabela 4- Localização do ponto P2 16

Ponto P2 16	A barra horizontal de orientação (lado direito ou esquerdo) é movida no plano sagital, em direção ao primeiro molar superior, até a sua localização.
Sagital	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no terço cervical distal, junção esmalte/cimento, no sentido mesio/distal, do primeiro molar superior direito.
Coronal	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a intersecção se situe cervical e vestibularmente, na coroa, no sentido vestibulo /palatino, do primeiro molar superior direito.
Axial – digitalização do ponto nesse plano	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da face distal, do primeiro molar superior direito.

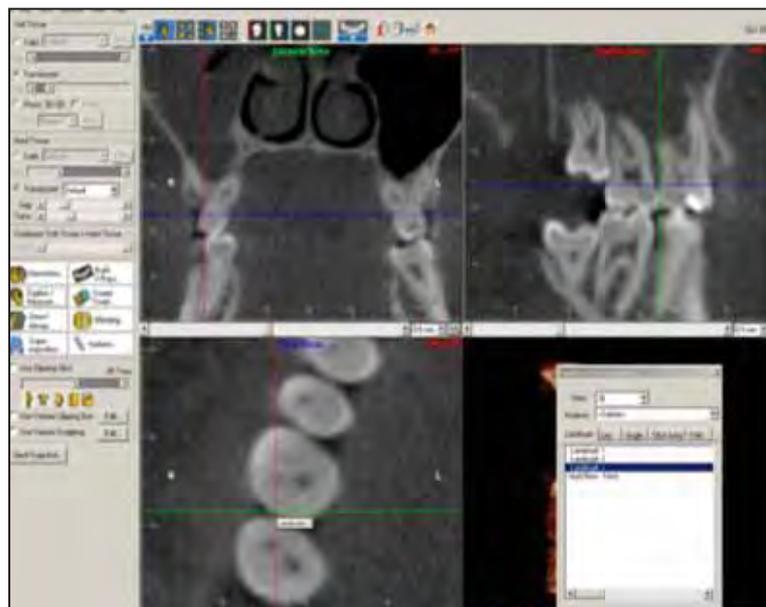


FIGURA 14- Digitalização do ponto P2 16.

Tabela 5- Localização do ponto P3 16

Ponto P3 16	A barra horizontal de orientação (lado direito ou esquerdo) é movida no plano sagital, em direção ao primeiro molar superior direito, até a sua localização.
Sagital	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da raiz mesial, do primeiro molar superior direito.
Coronal- digitalização do ponto nesse plano	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da raiz mesial, do primeiro molar superior direito.
Axial	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio do ápice da raiz mesial do primeiro molar superior direito.



FIGURA 15- Digitalização do ponto P3 16.

As outras digitalizações, as relativas ao primeiro molar superior esquerdo, foram realizadas, tendo como base os mesmos critérios eleitos para a digitalização desse dente, ou seja, primeiro molar superior direito. Assim se completam os sete pontos.

4.2.11 Seleção das Imagens para Identificação dos Pontos e Mensurações na TCFC nos Dentes Inferiores

Tabela 6 - Localização do ponto P1 46

Ponto P1 46	A barra horizontal de orientação, (lado direito ou esquerdo), no plano sagital, é movida em direção ao primeiro molar inferior direito, até a sua localização.
Sagital -digitalização do ponto nesse plano	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da raiz mesial, do primeiro molar inferior direito, no sentido mesio/distal.
Coronal	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da raiz mesial, do primeiro molar inferior direito, no sentido vestibulo /palatino.
Axial	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da cúspide mesial, do primeiro molar inferior direito, por oclusal.

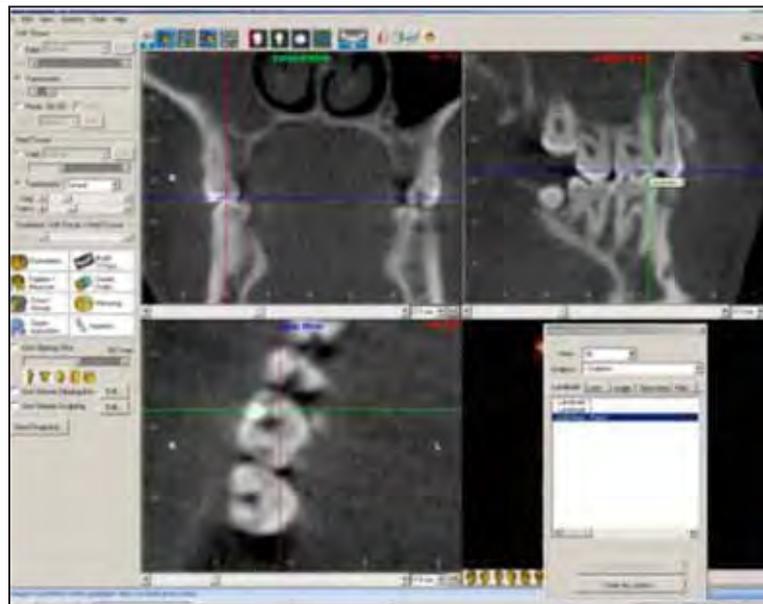


FIGURA 16- Digitalização do ponto P1 46.

Tabela 7- Localização do ponto P2 46

Ponto P2 46	A barra horizontal de orientação (lado direito ou esquerdo), no plano sagital, é movida em direção ao primeiro molar superior até a sua localização.
Sagital	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no terço cervical distal, junção esmalte/cimento, no sentido mesio/distal, do primeiro molar inferior direito.
Coronal	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe cervical e vestibularmente, na coroa, no sentido vestibulo /palatino, do primeiro molar inferior direito.
Axial – digitalização do ponto nesse plano	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da face distal, no sentido vestibulo/palatino, do primeiro molar inferior direito.

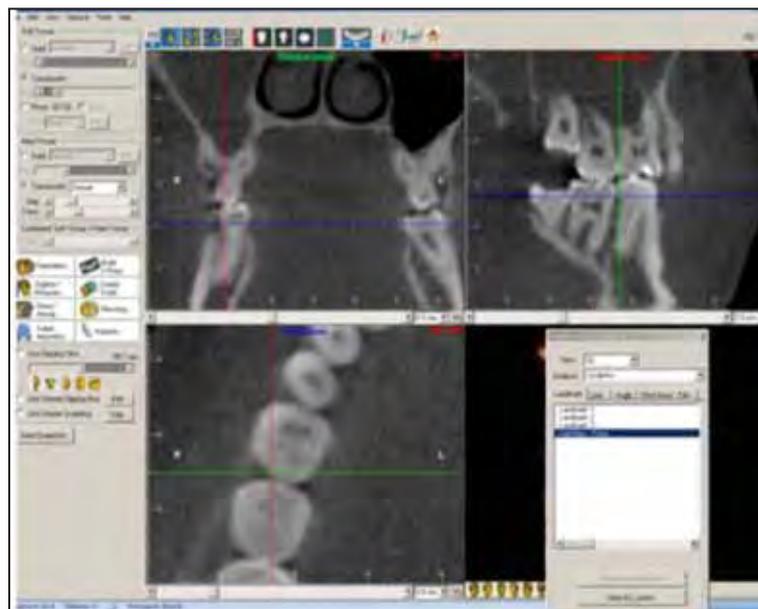


FIGURA 17- Digitalização do ponto P2 46.

Tabela 8-Localização do ponto P3 46

Ponto P3 46	A barra horizontal de orientação, (lado direito ou esquerdo) no plano sagital, é movida em direção ao primeiro molar inferior direito até a sua localização.
Sagital	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da raiz mesial do primeiro molar inferior direito.
Coronal- digitalização do ponto nesse plano	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio da ponta da raiz mesial do primeiro molar inferior direito.
Axial	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no meio do ápice da raiz mesial do primeiro molar inferior direito.

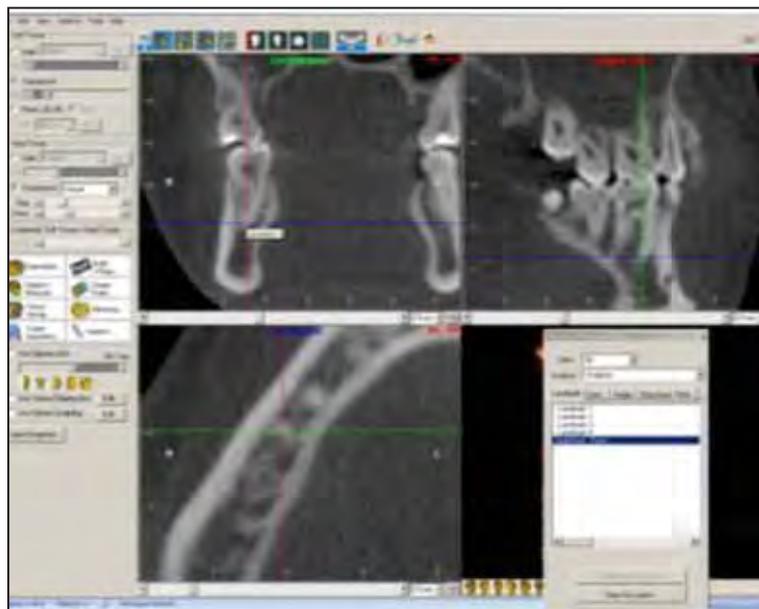


FIGURA 18- Digitalização do ponto P3 46.

As outras digitalizações, as relativas ao primeiro molar inferior esquerdo, foram repetidas, tendo como base os mesmos critérios eleitos para a digitalização desse dente, ou seja, o primeiro molar inferior esquerdo.

4.2.11 Seleção das Imagens para Identificação dos Pontos e Mensuração na TCFC na Mandíbula

A localização dos três pontos mandibulares foi realizada em apenas um plano ortogonal, no corte multiplanar, descrito a seguir.

Tabela 9- Localização do ponto P1 mandíbula

Ponto P1 mandíbula	Imagem 300% ampliada; movida a barra horizontal de orientação (lado direito ou esquerdo), no plano coronal, em direção ao forame mental direito até a sua localização.
Coronal – digitalização do ponto nesse plano	As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe na maior distância da sua altura e entrada do forame mental direito.



FIGURA 19- Digitalização do ponto P1 mandíbula.

Tabela 10- Localização do ponto P2 mandíbula

<p>Ponto P2 mandíbula</p>	<p>Imagem 300% ampliada, movida a barra horizontal de orientação (lado direito ou esquerdo), no plano coronal, em direção ao forame mental esquerdo, até a sua localização.</p>
<p>Coronal - digitalização do ponto nesse plano</p>	<p>As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe na maior distância da sua altura, e entrada do forame mental esquerdo.</p>

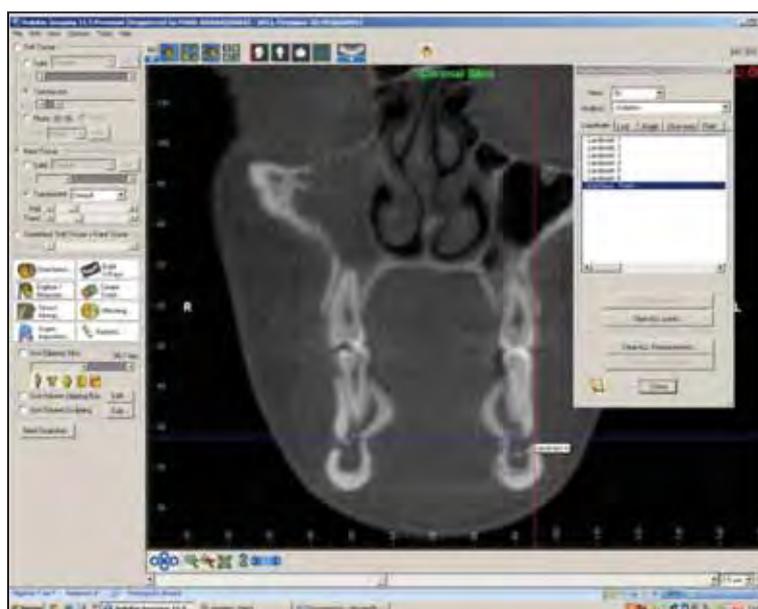


FIGURA 20- Digitalização do ponto P2 mandíbula.

Tabela 11- Localização do ponto P3 mandíbula

<p>Ponto P3 mandíbula</p>	<p>No plano sagital, a barra de localização pode manter-se imóvel, pois, nesse plano, como coincide com o Ponto Zero, não há necessidade de movê-la. (Imagem ampliada em 300%).</p>
<p>Sagital-digitalização do ponto nesse plano</p>	<p>As linhas de orientação, vertical e horizontal, são colocadas de modo que a sua intersecção se situe no Pogônio.</p>

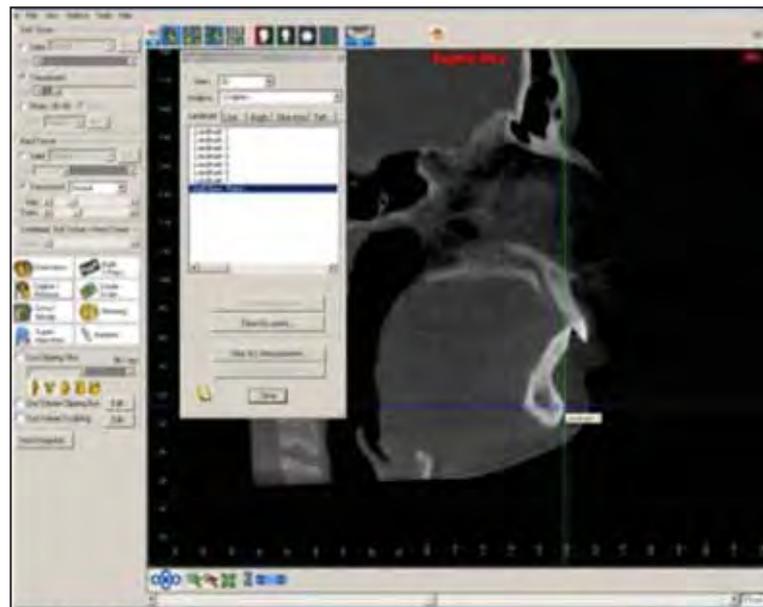


FIGURA 21- Digitalização do ponto P3 mandíbula.

4.2.13 Mensuração nos Cortes Multiplanares

Após a digitalização dos dezessete pontos, as mensurações foram quantificadas automaticamente, através de uma ferramenta do *software* que mede a distância, em milímetros, dos pontos selecionados em relação ao Ponto Zero, que é zero para todos os eixos, pois representa a intersecção dos três planos axial, coronal e sagital. As mensurações tornaram-se visíveis, através do programa Excel (Microsoft Office), para onde foram transportadas (Figura 22 A).

Nesta pesquisa, o cálculo de: rotação, deslocamento dentário e deslocamento mandibular —, via sistema de coordenadas cartesianas tridimensional —, foi realizado por um programa de *software*, especialmente desenvolvido pelo Departamento das Ciências da Computação e Matemática Computacional -ICMC/USP - São Carlos – SP (Figura 22 B).

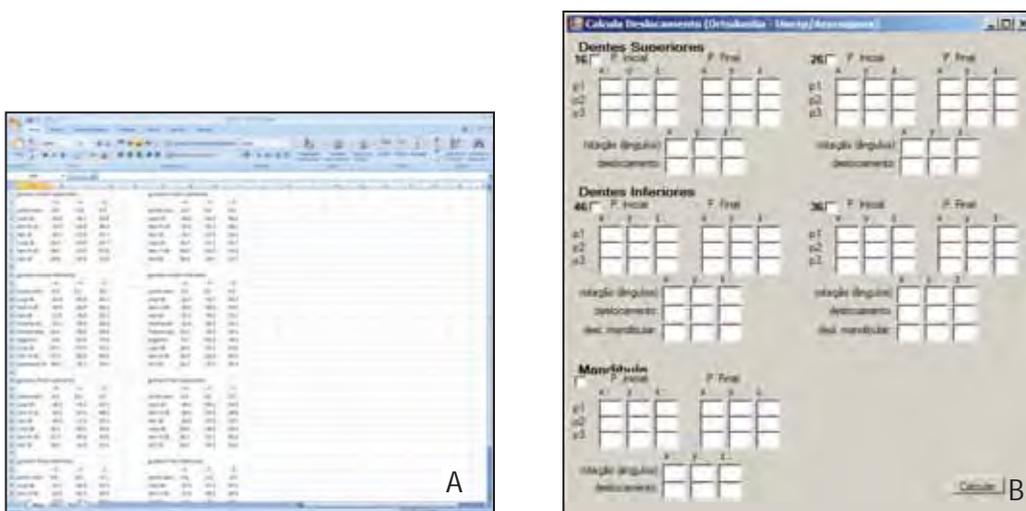


FIGURA 22- A. Mensurações exportadas para o Excel. B. Software desenvolvido para esta pesquisa.

4.2.14 Sistema de Coordenadas

O sistema de coordenadas cartesianas tridimensional é constituído por três retas perpendiculares entre si, nos três planos do espaço, representados pelos Eixos X, Y e Z, que se interceptam em um ponto de zero (chamado de Origem), com ângulos retos (90°) entre si, e que, nesta pesquisa, é o Ponto Zero. Tal sistema pode ser chamado também de “sistema de referência”, pois fornece a localização de objetos no espaço tridimensional.

Em geral, a posição e orientação de um corpo, no espaço, são definidas conforme tais elementos se situem em um sistema de coordenadas global (por exemplo: o sistema de coordenadas cartesianas tridimensional), em relação a outro sistema, o de coordenadas, que é fixado no corpo e, portanto, desloca-se e rotaciona com ele.

Para qualquer aplicação que exija a localização e orientação de corpos no espaço, recorre-se ao sistema de coordenadas. Como principal exemplo pode-se citar o sistema de posicionamento global (GPS - Global Position System), amplamente utilizado atualmente ¹⁴⁸.

Neste trabalho, o sistema de referência utilizado é semelhante ao sistema de coordenadas cartesianas tridimensional ¹⁴⁷ (Figura 23 A), que, ainda hoje, é o que melhor representa a geometria no nosso cotidiano.

Para explicar as direções dos eixos do sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, podemos fazer uma analogia com as direções que tomamos ao nos movimentar: Eixo X - para direita ou para esquerda; Eixo Y - para frente ou para trás e Eixo Z - para cima ou para baixo. Para estabelecer os sentidos, a convenção

mais usada, nos sistemas de referência, é a seguinte: para frente, para a direita e para cima são positivos, e os seus opostos negativos.

O sistema – utilizado pelo programa Dolphin® e pelo programa que calcula as rotações e os deslocamentos dos dentes –, é um pouco diferente do sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, pois seus eixos, embora mantenham o ângulo reto (90°) entre eles (Figura 23 B), são obtidos de forma diferente, ou seja, representam as direções e os sentidos (a partir do ponto de origem), da seguinte forma.

- Eixo X – para a esquerda (sentido +) ou para a direita (sentido -);
- Eixo Y – para cima (sentido +) ou para baixo (sentido -);
- Eixo Z – para frente (sentido +) ou para trás (sentido -).

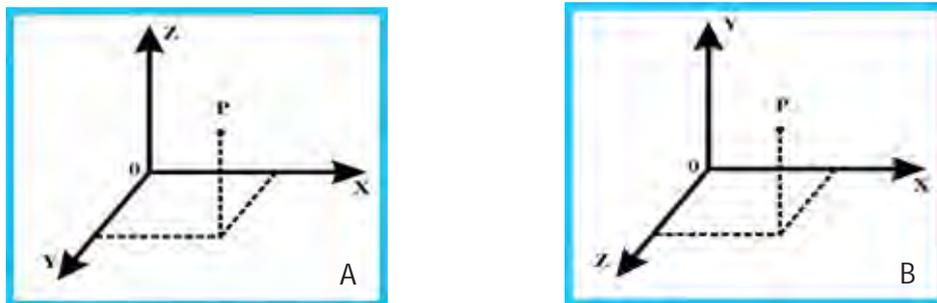


FIGURA 23- A. Orientação dos eixos em um sistema de coordenadas cartesianas tridimensional convencional. B. Orientação dos eixos no programa Dolphin®.

4.2.14.1 CÁLCULO DO DESLOCAMENTO

Estabelecido o sistema de coordenadas, a posição de um ponto no espaço tridimensional é representada pela tripla ordenada (X, Y, Z) de números, chamada de coordenadas do ponto. As coordenadas indicam a posição do ponto (a partir do ponto de origem) na direção de cada um dos eixos do sistema de coordenadas utilizado.

Os pontos obtidos para cada dente são três (que é o número mínimo possível para representar um objeto com orientação no espaço). Eles são os mesmos para as posições: inicial e final, de cada dente. Chamados de p1, p2, e p3, tais pontos são obtidos de modo a formarem um triângulo. O deslocamento é calculado pela diferença entre as posições final e inicial de cada ponto, no dente. Tomando um ponto como exemplo: P1 16_i = (x_i, y_i, z_i) como a posição inicial e P1 16_f = (x_f, y_f, z_f), o cálculo do deslocamento d_P1 16 = (dx, dy, dz) é feito da seguinte forma:

$$dx = x_f - x_i \text{ (deslocamento na direção do eixo x);}$$

$$dy = y_f - y_i \text{ (deslocamento na direção do eixo y);}$$

$$dz = z_f - z_i \text{ (deslocamento na direção do eixo z).}$$

O deslocamento da mandíbula é obtido da mesma forma, pois também são três os pontos que a definem. Do mesmo modo se obtém o deslocamento dx, dy e dz para cada ponto: p1, p2 e p3.

O deslocamento é mensurado em milímetros; o valor do cálculo representa a extensão do deslocamento do dente e o sinal da direção do deslocamento. Assim:

Deslocamento dentário no Eixo X- valor positivo: deslocamento dentário para a esquerda do paciente. Valor negativo: deslocamento dentário para direita do paciente (Figura 24 A);

Deslocamento dentário no Eixo Y-valor positivo: deslocamento dentário para cima. Valor negativo: deslocamento dentário para baixo (Figura 24B);

Deslocamento dentário no Eixo Z- valor positivo: deslocamento dentário para frente. Valor negativo: deslocamento dentário para trás (Figura 24 C).

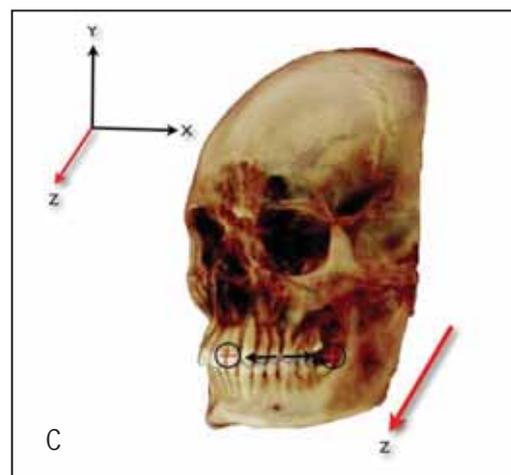
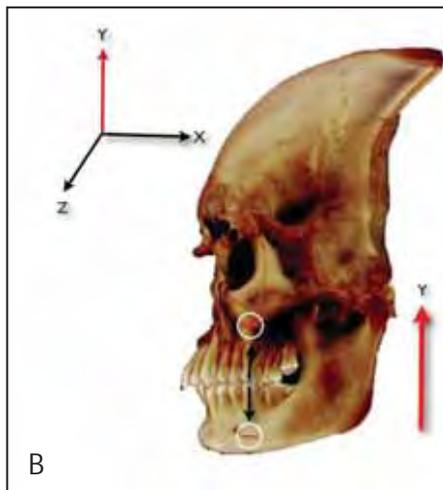
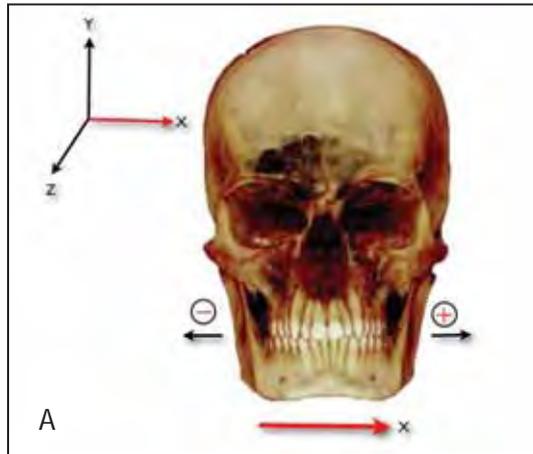


FIGURA 24- A. Deslocamento dentário no Eixo X. B. Deslocamento dentário no Eixo Y. C. Deslocamento dentário no Eixo Z.

Para separar as extensões, do deslocamento dos molares inferiores e do avanço mandibular, pelo uso do aparelho de Herbst, foi necessário o cálculo do deslocamento da mandíbula, onde foram escolhidos três pontos, em estruturas estáveis, de modo a formarem um triângulo, envolvendo: forame direito, forame esquerdo e pogônio. Em seguida, foi calculado o seu centróide, que é o centro geométrico da mandíbula, e, nesse caso, define a sua localização. O deslocamento foi calculado pela diferença entre as posições, final e inicial do centróide da mandíbula.

4.2.14.2 CÁLCULO DA ROTAÇÃO

Marcando cada dente com três pontos, de modo a se formar um triângulo, podem-se definir os três eixos sobre ele, com ângulos retos entre si, semelhantes aos eixos do sistema de coordenadas global; assim se define o sistema de coordenadas local (similar ao sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, fixado no ponto de origem, mas com direções diferentes).

Cada um dos eixos é definido por um vetor, que por sua vez é composto dos três números que formam as coordenadas do sistema global, que definem a extremidade final do vetor. Como a extremidade inicial de qualquer vetor é sempre o ponto (0, 0, 0) do sistema de coordenadas global, o vetor é representado apenas pelas coordenadas da sua extremidade final.

Um dos eixos é obtido calculando-se um vetor perpendicular ao plano contido no triângulo; os outros dois eixos são obtidos com vetores perpendiculares

entre si, presentes no plano que contém o triângulo. Os vetores são obtidos através do cálculo do produto vetorial entre vetores, descrito por Lima ⁸³ (1995).

Os ângulos são obtidos através do próprio sistema de coordenadas local, como se fosse o sistema global, só que rotacionados por ângulos específicos. Essa nova orientação é obtida através da representação de três ângulos –, chamados de ângulos de Euler ⁵⁶ –, que determinam a rotação relativa a cada um dos eixos (novas direções dos eixos). Desse modo, uma composição de rotações sobre os eixos integra o sistema de coordenadas global. Várias composições de rotações podem ser feitas para definir a orientação de um objeto, com relação ao sistema de coordenadas global. A composição utilizada neste trabalho é formada pelas rotações em torno do Eixo X, do Eixo Y e do Eixo Z, respectivamente, nessa ordem.

Os cálculos dos ângulos de Euler, para cada dente, são realizados através do conceito de transformação linear ⁸³.

Quando um corpo rotaciona certo número de graus com relação a um determinado eixo, o cálculo realizado é uma transformação linear aplicada sobre os pontos que representam aquele corpo. Nesse caso, essa transformação linear é uma matriz quadrada de ordem 3 (3 linhas por 3 colunas), a que chamamos de matriz de Rotação ^{73, 136}.

Nesse trabalho, as matrizes são:

$R_x(\psi)$ a matriz de rotação relativas ao Eixo X;

$R_y(\theta)$ a matriz de rotação relativa ao Eixo Y e

$R_z(\varphi)$ a matriz de rotação relativa ao Eixo Z.

As matrizes de rotação são definidas da seguinte maneira ^{56, 136} :

$$R_x(\psi) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\psi) & -\text{sen}(\psi) \\ 0 & \text{sen}(\psi) & \cos(\psi) \end{pmatrix}$$

$$R_y(\theta) = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & 0 & \text{sen}(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen}(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{pmatrix}$$

$$R_z(\varphi) = \begin{pmatrix} \cos(\varphi) & -\text{sen}(\varphi) & 0 \\ \text{sen}(\varphi) & \cos(\varphi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Os ângulos ψ , θ e φ , são os ângulos de Euler.

Multiplicando-se entre si as matrizes de rotação em cada eixo, obtém-se uma matriz de rotação R quadrada de ordem 3. Essa única matriz representa a composição das rotações realizadas em cada eixo. Nesse caso, a matriz de rotação para um dente é obtida através da multiplicação de matrizes ^{56, 136} :

$$\begin{aligned} R &= R_z(\varphi)R_y(\theta)R_x(\psi) \\ &= \begin{pmatrix} \cos(\theta)\cos(\varphi) & \text{sen}(\psi)\text{sen}(\theta)\cos(\varphi) - \cos(\psi)\text{sen}(\varphi) & \cos(\psi)\text{sen}(\theta)\cos(\varphi) + \text{sen}(\psi)\text{sen}(\varphi) \\ \cos(\theta)\text{sen}(\varphi) & \text{sen}(\psi)\text{sen}(\theta)\text{sen}(\varphi) + \cos(\psi)\cos(\varphi) & \cos(\psi)\text{sen}(\theta)\text{sen}(\varphi) - \text{sen}(\psi)\cos(\varphi) \\ -\text{sen}(\theta) & \text{sen}(\psi)\cos(\theta) & \cos(\psi)\cos(\theta) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Para identificar os ângulos de Euler, é necessário obter a matriz R e, a partir da composição descrita acima, realizar uma comparação entre os seus elementos, assim encontrando cada um dos ângulos.

Nesse caso, a matriz R é simplesmente definida pelos vetores unitários que determinam o sistema de coordenadas local de cada dente, em cada posição obtida (inicial e final).

Sejam $u = (x_u, y_u, z_u)$, $v = (x_v, y_v, z_v)$ e $w = (x_w, y_w, z_w)$ os vetores que representam o sistema de coordenadas local de um dente, *tem-se* que u , v e w são unitários (tamanho igual a 1); definem o sistema de coordenadas local e fornecem a matriz R , obtida da seguinte maneira ⁵⁶:

$$R = \begin{pmatrix} x_u & x_v & x_w \\ y_u & y_v & y_w \\ z_u & z_v & z_w \end{pmatrix}$$

Igualando as matrizes temos:

$$\begin{pmatrix} x_u & x_v & x_w \\ y_u & y_v & y_w \\ z_u & z_v & z_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta)\cos(\varphi) & \text{sen}(\psi)\text{sen}(\theta)\cos(\varphi) - \cos(\psi)\text{sen}(\varphi) & \cos(\psi)\text{sen}(\theta)\cos(\varphi) + \text{sen}(\psi)\text{sen}(\varphi) \\ \cos(\theta)\text{sen}(\varphi) & \text{sen}(\psi)\text{sen}(\theta)\text{sen}(\varphi) + \cos(\psi)\cos(\varphi) & \cos(\psi)\text{sen}(\theta)\text{sen}(\varphi) - \text{sen}(\psi)\cos(\varphi) \\ -\text{sen}(\theta) & \text{sen}(\psi)\cos(\theta) & \cos(\psi)\cos(\theta) \end{pmatrix}$$

Através dessa igualdade e, utilizando as funções seno e cosseno, podemos identificar os ângulos de Euler para cada posição do dente. Os cálculos para a obtenção dos ângulos de Euler, a partir da matriz R , bem como o algoritmo utilizado no programa, são descritos por alguns autores ^{62, 73, 141}.

Após obter os ângulos de Euler para cada dente e suas respectivas posições (inicial e final), determina-se a rotação do dente, da posição inicial até a final. Para obtê-la basta calcular a diferença entre os ângulos de Euler, final e inicial, de cada dente. Por exemplo, se os ângulos de Euler (de um mesmo dente) forem $(\psi_i, \theta_i, \varphi_i)$ e $(\psi_f, \theta_f, \varphi_f)$, para as posições, inicial e final, respectivamente, a rotação do dente, da posição inicial para a final equivale a:

$$\begin{aligned}\psi &= \psi_f - \psi_i; \\ \theta &= \theta_f - \theta_i; \\ \varphi &= \varphi_f - \varphi_i.\end{aligned}$$

Todos os procedimentos matemáticos utilizados neste trabalho podem ser encontrados em manuais de Álgebra Linear^{83, 148}.

Seguindo as diretrizes supracitadas, a rotação dos dentes, em exame, foi calculada automaticamente, pelo programa (já referido), desenvolvido para esta pesquisa. A rotação foi mensurada em graus, o valor do cálculo representa a quantidade de rotação e o sinal representa o sentido dela em cada eixo, ou seja, X, Y e Z (Figura 25). Assim:

Para valores positivos: a rotação dentária será no sentido anti-horário.

Para valores negativos: a rotação dentária será no sentido horário.

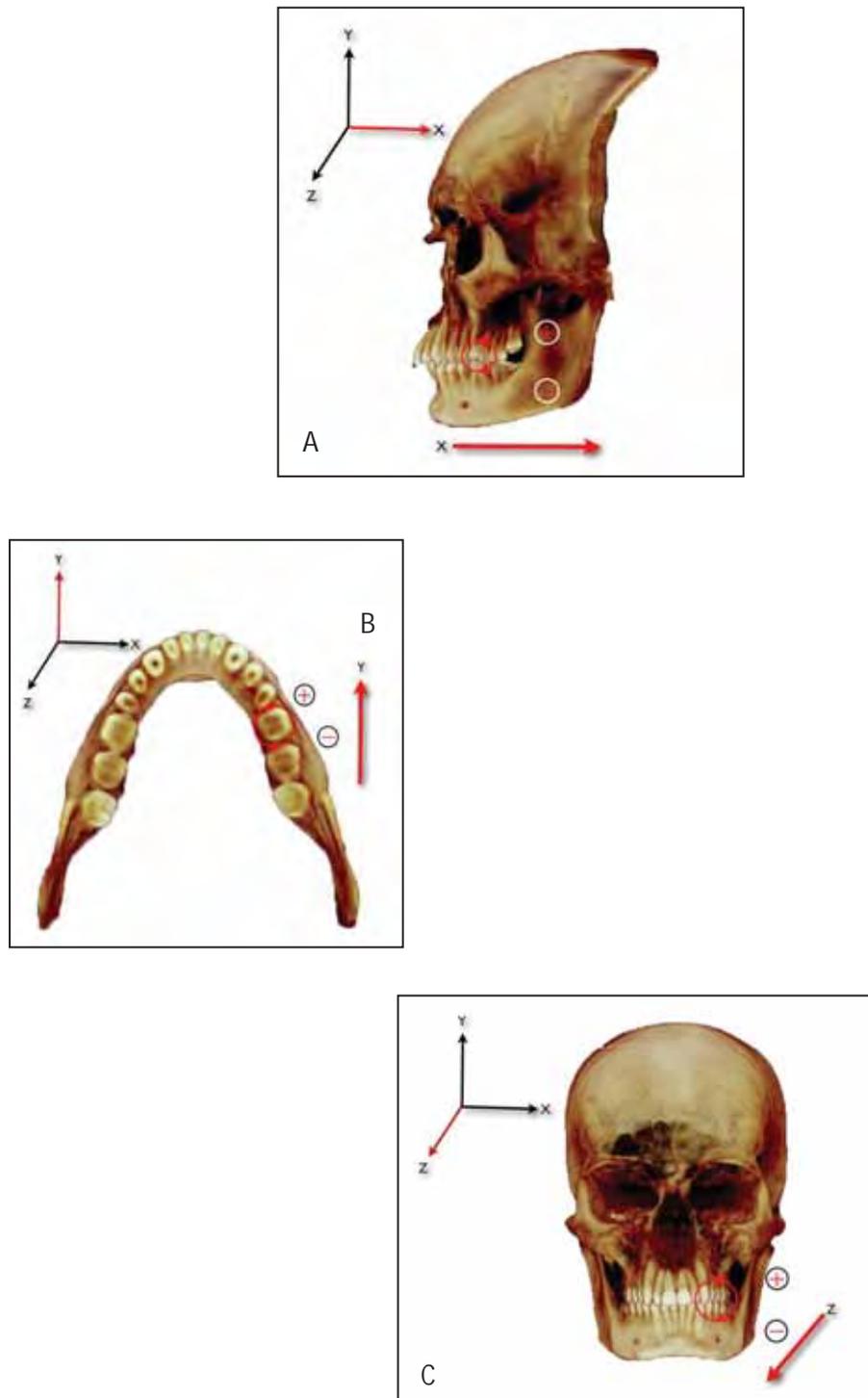


FIGURA 25- A. Rotação dentária no Eixo X. B. Rotação dentária no Eixo Y. C. Rotação dentária no Eixo Z.

4.2.15 Análise Estatística

Para se evitarem possíveis erros do método, os resultados foram avaliados pelo Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) e aferidos por um mesmo pesquisador, em duas mensurações, com intervalo de 15 dias. O erro do método foi considerado desprezível, quando o valor do limite inferior do intervalo de 95% de confiança, para o ICC, for igual ou superior a 0,95. Para a comparação das médias de cada medida, antes e após o tratamento, empregou-se o Teste t de *Student*, para amostras pareadas a um nível de significância de 0,05. Estimativas das médias das medidas, antes e após o tratamento, foram obtidas por meio de intervalos de confiança.

RESULTADO

5 Resultado

A amostra prospectiva, utilizada neste estudo foi composta por 24 pacientes: 10 do gênero feminino e 14 do masculino. No início do estudo, os pacientes do gênero feminino apresentavam idades cronológicas variáveis de 15,2 anos a 18,3 anos (idade média 16,1 anos), e os do gênero masculino, entre 13,9 anos a 17,9 anos (idade média 16,2 anos). O tempo de tratamento foi de 8 meses (tempo médio para a amostra foi de 9,8 meses), a média foi calculada com as datas, em T1 e T2 das TCFC. Os dados descritivos, relativos à idade dos pacientes e ao tempo de tratamento com aparelho de Herbst encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12- Medidas descritivas da idade e tempo de tratamento dos pacientes

	n	Média	Dp	mínimo	Máximo
Idade (anos)					
Feminino	10	16,1	1,1	15,2	18,3
Masculino	14	16,2	1,1	13,9	17,9
Todos	24	16,1	1,1	13,9	18,3
Tratamento (meses)					
Feminino	10	9,9	1,3	7,8	13,0
Masculino	14	9,8	0,6	8,9	11,1
Todos	24	9,8	1,0	7,80	13,0

Estudo do erro do método

Para avaliar o erro do método foram realizadas duas mensurações de todas as medidas em todos os indivíduos, com intervalo de 15 dias entre elas. O erro do método foi avaliado por meio do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), que mede o grau de concordância entre as duas mensurações. O valor do ICC para

cada medida foi apreciada por meio de estimativa pontual e por intervalo de confiança. Os resultados apresentados nas Tabelas de números 13 a 15 mostram altíssimo grau de reprodutibilidade no processo de mensuração das medidas ($ICC > 0,95$). As medidas finais dos pontos P1 46 e P1 mand do Eixo X são as únicas que apresentam valor esperado de ICC, inferior a 0,95 (0,94 e 0,93 respectivamente); mesmo assim, pode-se considerar que o processo de mensuração destas medidas foi altamente preciso e mostra que o erro do método é desprezível.

Tabela 13- Erro do método – Estimativa pontual (ICC) e por intervalo de 95% de confiança (IC(95%)) do Coeficiente de Correlação Intraclasse - **Eixo X**

Arcada / ponto	X inicial			X final		
	ICC	Limites do IC (95%)		ICC	Limites do IC(95%)	
		inferior	superior		Inferior	Superior
P1 16	0,992	0,981	0,996	1,000	0,999	1,000
P2 16	0,992	0,981	0,996	1,000	0,999	1,000
P316	0,984	0,964	0,993	1,000	0,999	1,000
P1 26	0,990	0,978	0,996	1,000	0,999	1,000
P2 26	0,989	0,975	0,995	1,000	0,999	1,000
P3 26	0,985	0,967	0,994	1,000	0,999	1,000
P1 36	0,979	0,952	0,991	0,979	0,953	0,991
P2 36	0,983	0,961	0,992	0,979	0,952	0,991
P3 36	0,990	0,976	0,995	0,986	0,969	0,994
P1 46	0,986	0,968	0,994	0,974	0,941	0,988
P2 46	0,984	0,963	0,993	0,987	0,971	0,994
P3 46	0,978	0,950	0,990	0,991	0,980	0,996
P1 mand	0,992	0,983	0,997	0,971	0,934	0,987
P2 mand	0,990	0,977	0,996	0,979	0,952	0,991

A coordenada X do ponto Pogônio foi excluída da Tabela por haver muitas mensurações iguais a zero (Tabela 13)

Tabela 14- Erro do método – Estimativa pontual (ICC) e por intervalo de 95% de confiança (IC(95%)) do Coeficiente de Correlação Intraclasse - **Eixo Y**

arcada / ponto	Y inicial			Y final		
	ICC	limites do IC(95%)		ICC	limites do IC(95%)	
		inferior	Superior		Inferior	Superior
P1 16	0,999	0,998	1,000	0,999	0,999	1,000
P2 16	0,997	0,994	0,999	0,998	0,996	0,999
P316	0,999	0,997	0,999	0,999	0,997	0,999
P1 26	0,999	0,998	1,000	0,999	0,999	1,000
P2 26	0,998	0,995	0,999	0,998	0,995	0,999
P3 26	0,999	0,997	0,999	0,999	0,998	1,000
P1 36	0,999	0,997	0,999	0,999	0,998	1,000
P2 36	0,995	0,989	0,998	0,997	0,992	0,999
P3 36	0,998	0,995	0,999	0,999	0,997	0,999
P1 46	0,999	0,997	0,999	0,999	0,998	1,000
P2 46	0,998	0,995	0,999	0,996	0,991	0,998
P3 46	0,998	0,995	0,999	0,999	0,998	1,000
P1 mand	1,000	0,999	1,000	0,999	0,999	1,000
P2 mand	0,999	0,999	1,000	0,999	0,999	1,000
Pogônio	0,999	0,997	0,999	0,999	0,998	1,000

Tabela 15- Erro do método – Estimativa pontual (ICC) e por intervalo de 95% de confiança (IC(95%)) do Coeficiente de Correlação Intraclasse - **Eixo Z**

arcada / ponto	Z inicial			Y final		
	ICC	limites do IC(95%)		ICC	limites do IC(95%)	
		inferior	superior		Inferior	Superior
P1 16	0,999	0,997	0,999	0,996	0,992	0,998
P2 16	0,999	0,998	1,000	0,998	0,994	0,999
P316	0,998	0,996	0,999	0,998	0,996	0,999
P1 26	0,999	0,998	1,000	0,998	0,994	0,999
P2 26	0,998	0,995	0,999	0,998	0,996	0,999
P3 26	0,997	0,993	0,999	0,999	0,997	0,999
P1 36	0,995	0,989	0,998	0,998	0,996	0,999
P2 36	0,999	0,997	0,999	0,999	0,997	0,999
P3 36	0,998	0,995	0,999	0,997	0,994	0,999
P1 46	0,997	0,994	0,999	0,997	0,993	0,999
P2 46	0,999	0,998	1,000	0,999	0,997	0,999
P3 46	0,997	0,992	0,999	0,999	0,998	1,000
P1 mand	0,998	0,996	0,999	0,999	0,997	0,999
P2 mand	0,998	0,994	0,999	0,998	0,994	0,999
Pogônio	1,000	0,999	1,000	1,000	0,999	1,000

Deslocamento

Dado o alto grau de concordância das duas mensurações, optou-se por utilizar como medida de cada variável, em cada tempo, a média das medidas obtidas nas duas mensurações.

Para avaliar o grau de similaridade entre os dois grupos, antes do tratamento, compararam-se as médias de cada uma das medidas por meio do teste t de *Student*, de modo a obter (em igualdade de condições) as médias de duas populações independentes.

Os resultados dos testes encontram-se nas Tabelas de números 16 a 18 para deslocamento.

Tabela 16- Médias e desvios padrão das medidas no **Eixo X**, antes e após o tratamento, média e erro padrão das alterações nas medidas entre os dois tempos e valor p (p-value) do teste t de Student para a hipótese de que a média das alterações é zero

arcada / ponto	média (dp)		média (ep)	teste t		
	antes	após	Alterações	T	gl	P
P1 16	-24,9 (2,3)	-25,4 (2,3)	-0,5 (0,2)	-2,46	23	0,022
P2 16	-25,1 (2,3)	-25,2 (2,2)	-0,1 (0,2)	-0,64	23	0,526
P316	-25,7 (2,1)	-26,1 (2,2)	-0,4 (0,2)	-1,87	23	0,075
P1 26	25,1 (2,0)	25,5 (1,9)	0,4 (0,2)	2,23	23	0,036
P2 26	24,6 (1,9)	24,8 (1,9)	0,3 (0,1)	1,94	23	0,064
P3 26	25,2 (1,9)	25,5 (1,8)	0,3 (0,2)	1,56	23	0,133
P1 36	23,4 (1,7)	23,8 (1,7)	0,4 (0,2)	1,66	23	0,111
P2 36	25,2 (2,0)	25,3 (1,7)	0,1 (0,2)	0,49	23	0,630
P3 36	25,5 (2,2)	25,2 (2,1)	-0,4 (0,2)	-1,71	23	0,100
P1 46	-23,5 (1,8)	-23,7 (1,6)	-0,3 (0,2)	-1,19	23	0,247
P2 46	-25,3 (1,7)	-25,4 (1,5)	-0,1 (0,2)	-0,60	23	0,554
P3 46	-25,6 (2,2)	-25,4 (2,0)	0,2 (0,3)	0,71	23	0,484
P1 mand	-22,6 (2,1)	-22,7 (1,7)	-0,2 (0,2)	-0,84	23	0,410
P2 mand	23,6 (2,2)	23,8 (1,9)	0,2 (0,2)	0,86	23	0,397

Nos dados acima, nota-se uma movimentação significativa para as variáveis P1 16 e P1 26, no entanto, não há evidência para dizer que haja deslocamento dos demais pontos em relação ao Eixo X. Já para as medidas P1 16 e P1 26, o deslocamento ocorrido entre o início e o final do tratamento, apesar de pequeno, foi significativo, movimentando para vestibular os molares superiores.

Tabela 17- Médias e desvios padrão das medidas no **Eixo Y**, antes e após o tratamento, média e erro padrão das alterações nas medidas entre os dois tempos e valor p (p-value) do teste t de Student para a hipótese de que a média das alterações é zero

arcada / ponto	média (dp)		média (ep)		teste t	
	antes	após	Alteração	T	Gl	P
P1 16	-57,5 (5,7)	-57,8 (5,9)	-0,3 (0,2)	-1,33	23	0,196
P2 16	-52,1 (5,8)	-51,7 (6,1)	0,4 (0,2)	1,78	23	0,088
P316	-39,1 (5,8)	-39,4 (5,9)	-0,3 (0,3)	-1,23	23	0,231
P1 26	-57,3 (5,6)	-57,9 (5,8)	-0,5 (0,2)	-2,27	23	0,033
P2 26	-51,8 (5,5)	-51,5 (5,9)	0,3 (0,2)	1,33	23	0,197
P3 26	-38,9 (6,2)	-39,4 (6,4)	-0,5 (0,3)	-2,11	23	0,046
P1 36	-57,5 (5,5)	-60,3 (5,5)	-2,8 (0,3)	-9,45	23	0,000
P2 36	-61,1 (5,4)	-62,7 (5,6)	-1,6 (0,2)	-6,72	23	0,000
P3 36	-76,1 (5,5)	-77,7 (5,7)	-1,6 (0,3)	-6,17	23	0,000
P1 46	-57,6 (5,5)	-60,3 (5,6)	-2,6 (0,3)	-8,77	23	0,000
P2 46	-61,1 (5,8)	-62,9 (5,6)	-1,8 (0,2)	-7,41	23	0,000
P3 46	-76,3 (5,6)	-78,0 (5,7)	-1,7 (0,2)	-6,96	23	0,000
P1 mand	-79,0 (7,3)	-80,8 (7,3)	-1,8 (0,2)	-7,22	23	0,000
P2 mand	-78,7 (7,3)	-80,4 (7,4)	-1,7 (0,2)	-7,27	23	0,000
Pogônio	-87,8 (9,0)	-89,6 (8,8)	-1,7 (0,3)	-5,48	23	0,000
Centroide	-	-	1,50(1,24)	-5,93	23	0,001

Há evidências estatísticas de que os deslocamentos dos pontos da arcada inferior são, em média, diferentes de zero, indicando um deslocamento para baixo

desses dentes juntamente com a mandíbula. O mesmo movimento pode ser notado na arcada superior, nos pontos P1 26 e P3 26, onde é observado deslocamento significativo.

Tabela 18- Médias e desvios padrão das medidas no **Eixo Z**, antes e após o tratamento, média e erro padrão das alterações nas medidas entre os dois tempos e valor p (p-value) do teste t de Student para a hipótese de que a média das alterações é zero

arcada/ ponto	média (dp)		média (ep)		teste t	
	Antes	após	alteração	t	Gl	P
P1 16	54,5 (4,8)	52,7 (4,9)	-1,8 (0,3)	-5,81	23	0,000
P2 16	47,1 (4,4)	45,7 (4,5)	-1,4 (0,3)	-4,81	23	0,000
P316	53,3 (4,1)	53,1 (4,2)	-0,1 (0,2)	-0,57	23	0,574
P1 26	54,3 (4,6)	52,2 (4,8)	-2,1 (0,3)	-6,10	23	0,000
P2 26	46,8 (4,3)	45,3 (4,3)	-1,4 (0,3)	-5,59	23	0,000
P3 26	53,0 (4,0)	52,9 (4,1)	-0,1 (0,2)	-0,37	23	0,712
P1 36	52,5 (4,6)	55,9 (5,4)	3,4 (0,4)	8,36	23	0,000
P2 36	43,9 (4,4)	46,8 (5,2)	3,0 (0,4)	7,64	23	0,000
P3 36	46,6 (5,0)	47,2 (6,0)	0,6 (0,4)	1,28	23	0,213
P1 46	52,9 (4,3)	56,1 (5,2)	3,2 (0,4)	7,57	23	0,000
P2 46	44,7 (4,2)	47,3 (5,0)	2,6 (0,4)	6,47	23	0,000
P3 46	47,7 (4,9)	48,1 (5,7)	0,5 (0,4)	1,07	23	0,298
P1 mand	58,7 (5,1)	59,8 (5,9)	1,1 (0,4)	2,41	23	0,024
P2 mand	58,0 (5,1)	59,0 (6,1)	1,0 (0,5)	2,09	23	0,048
Pogônio	74,3 (6,0)	75,5 (6,7)	1,2 (0,5)	2,51	23	0,019
Centroide			1,23(1,94)	3,12	23	0,005

Excetuando os pontos P3 dos dentes 16, 26, 36 e 46, todos os demais apresentaram deslocamento médio estatisticamente significante. Indicando um deslocamento para distal dos dentes 16 e 26 e mesial para os dentes 36 e 46.

Nos gráficos abaixo são representadas as médias amostrais e os respectivos intervalos de confiança para as médias das alterações nas medidas estudadas, nos planos X, Y e Z.

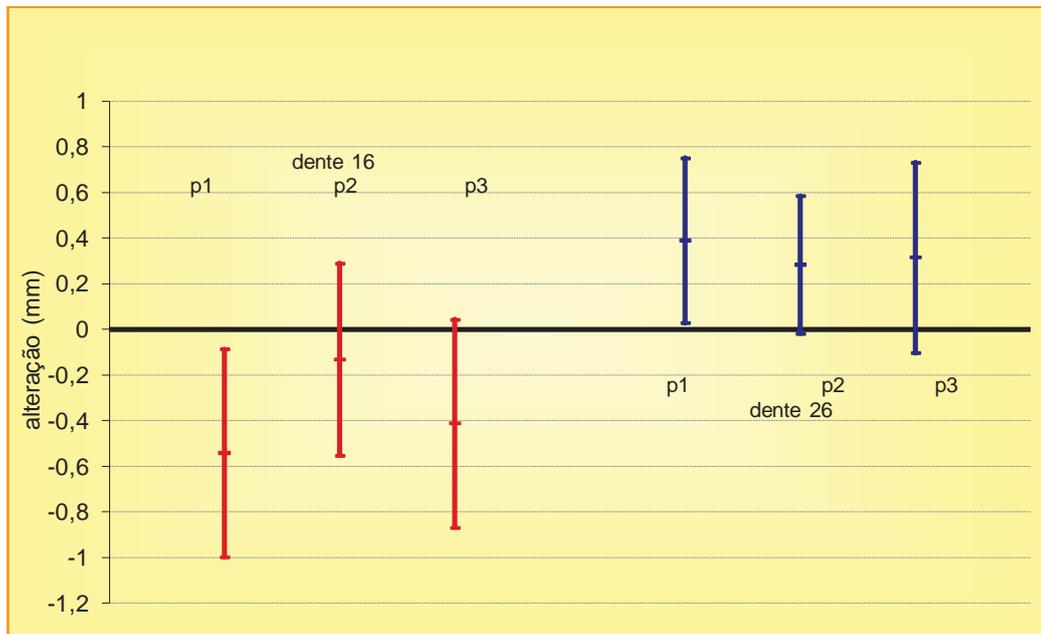


GRÁFICO 1- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional do deslocamento por ponto da maxila no Eixo X.

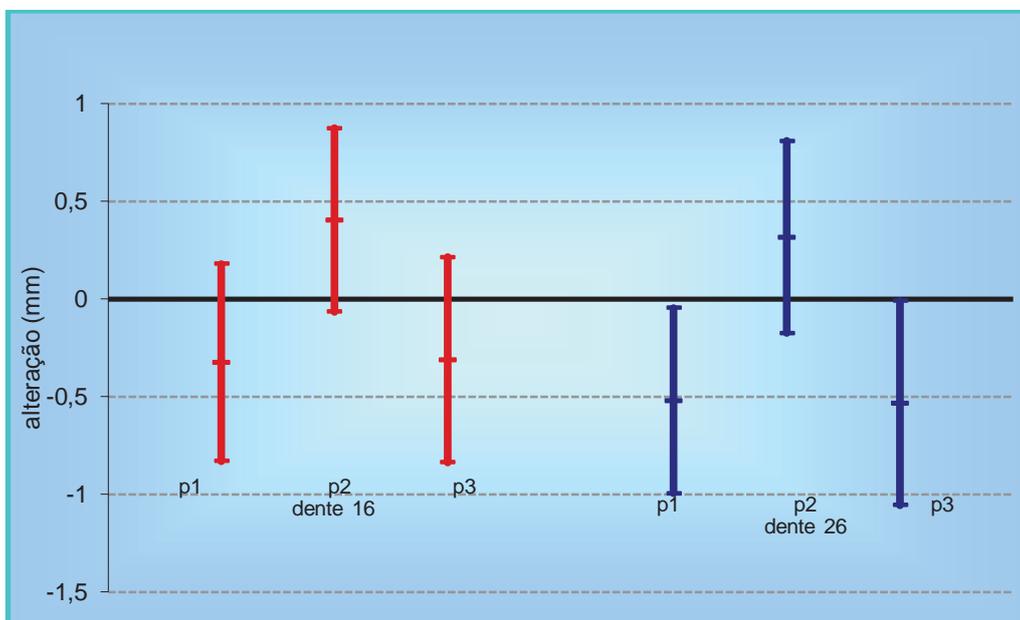


GRÁFICO 2- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional do deslocamento por ponto da maxila no Eixo Y.

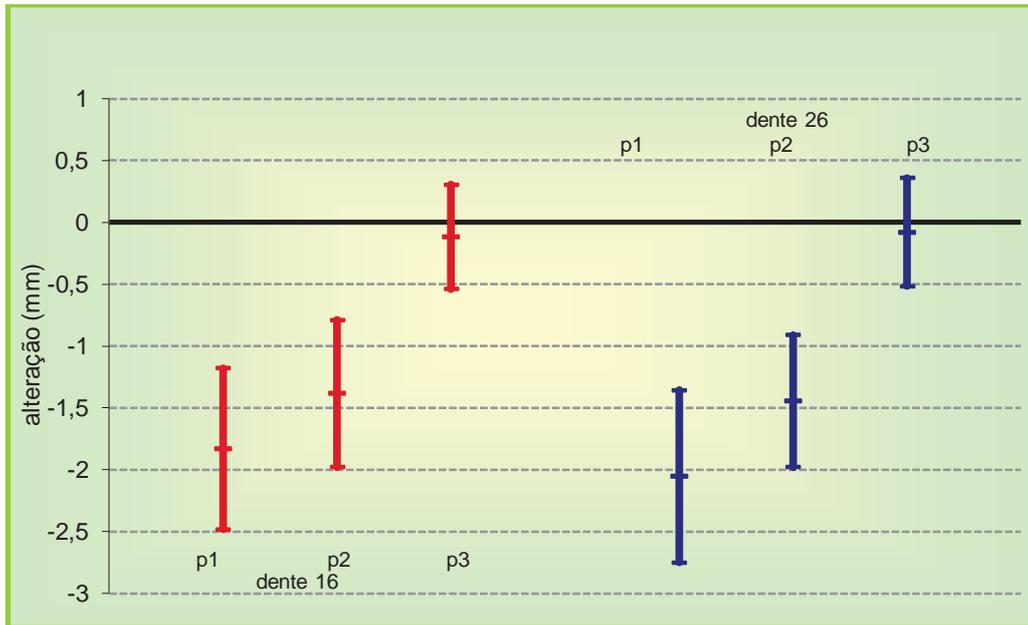


GRÁFICO 3- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional do deslocamento por ponto da maxila no Eixo Z.

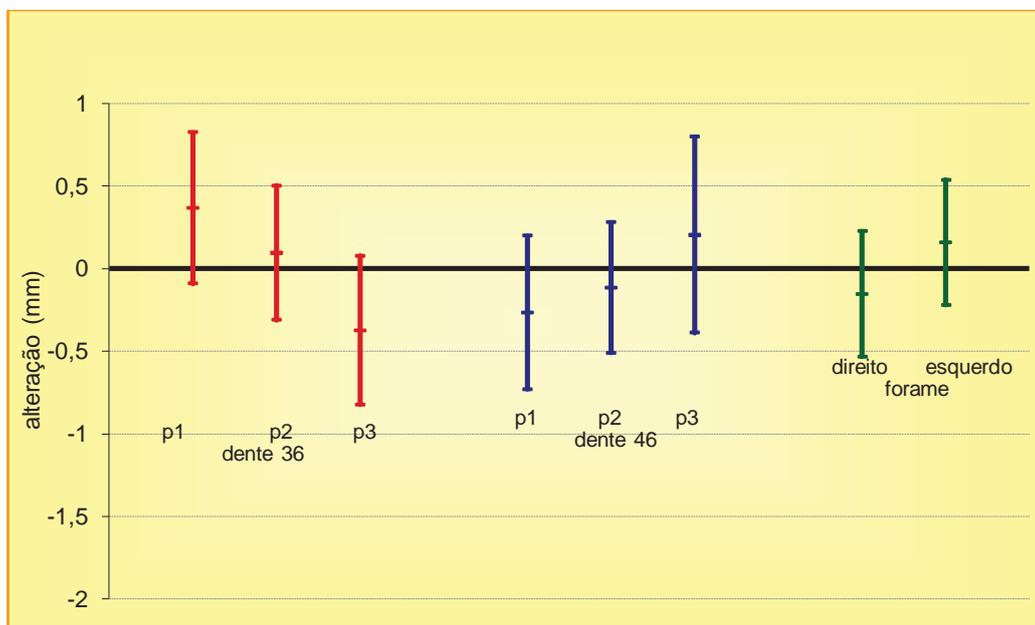


GRÁFICO 4- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional do deslocamento por ponto da mandíbula no Eixo X.

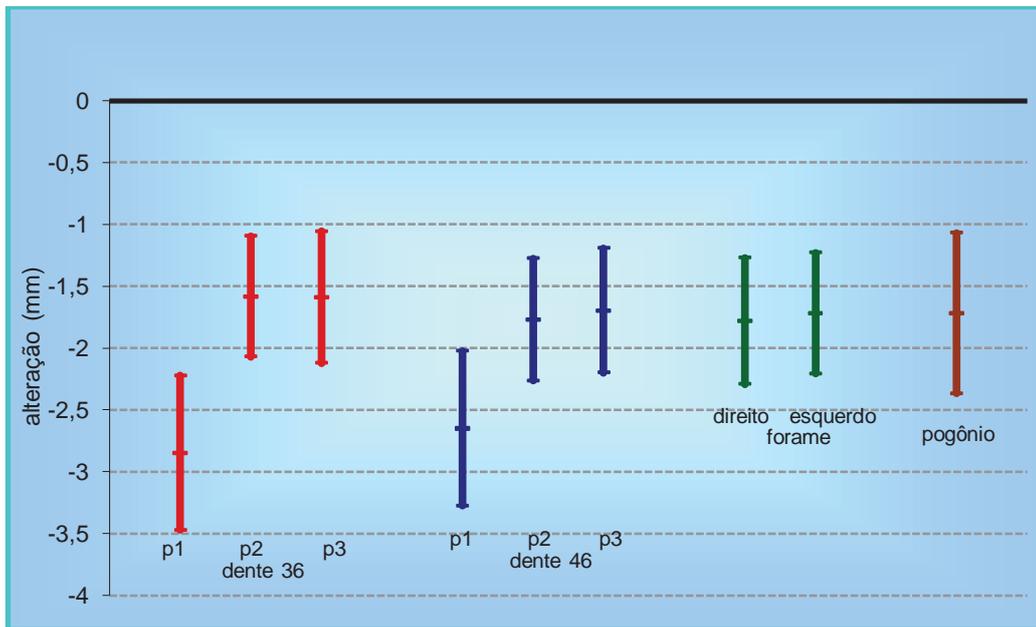


GRÁFICO 5- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional das alterações por ponto da mandíbula no Eixo Y.

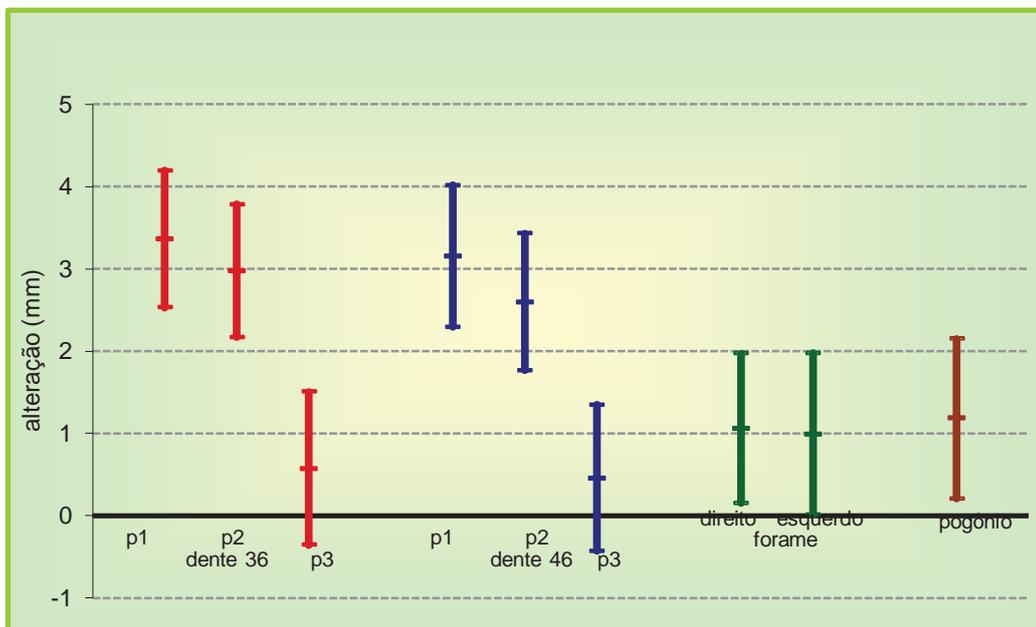


GRÁFICO 6- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional das alterações por ponto da mandíbula no Eixo Z.

Rotação

Nas Tabelas de números 19, 20 e 21 nota-se que as medidas das rotações dos dentes 16, 26, 36 e 46 em relação ao Eixo X, do dente 16 em relação ao Eixo Y, e dos dentes 36 e 46, em relação ao Eixo Z, são estatisticamente diferentes de zero.

Tabela 19- Médias e desvios padrão da rotação sobre o **Eixo X** promovida pelo tratamento, intervalos de 95% de confiança para as médias de rotação e resultados dos teste t de Student para a hipótese de que a rotação é nula

arcada / estrutura	média (dp)	limites do IC(95%)		teste t		
		inferior	Superior	t	df	P
16_rot	4,48 (3,75)	2,90	6,06	5,85	23	<0,001
26_rot	5,00 (3,45)	3,54	6,46	7,09	23	<0,001
36_rot	7,35 (4,62)	5,40	9,30	7,80	23	<0,001
46_rot	7,03 (4,28)	5,22	8,83	8,05	23	<0,001
mand_rot	-0,25 (2,93)	-1,48	0,99	-0,41	23	0,685

Para todas as rotações dentárias, no Eixo X, foram detectadas alterações significantes, onde os dentes 16 e 26 rotacionaram para distal, e os dentes 36 e 46, rotacionaram para mesial.

Tabela 20- Médias e desvios padrão da rotação sobre o **Eixo Y** promovida pelo tratamento, intervalos de 95% de confiança para as médias de rotação e resultados dos teste t de Student para a hipótese de que a rotação é nula

arcada / estrutura	média (dp)	limites do IC(95%)		teste t		
		inferior	Superior	t	df	P
16_rot	-2,68 (3,30)	-4,07	-1,29	-3,98	23	<0,001
26_rot	0,49 (3,05)	-0,80	1,78	0,79	23	0,438
36_rot	0,46 (4,98)	-1,64	2,56	0,46	23	0,653
46_rot	-0,25 (4,92)	-2,33	1,83	-0,25	23	0,803
mand_rot	0,14 (1,89)	-0,66	0,94	0,37	23	0,717

A rotação do16, no Eixo Y, foi significativa, denotando rotação em seu longo eixo, com movimento da face mesial para a vestibular.

Tabela 21- Médias e desvios padrão da rotação sobre o **Eixo Z** promovida pelo tratamento, intervalos de 95% de confiança para as médias de rotação e resultados dos teste t de Student para a hipótese de que a rotação é nula

arcada / estrutura	média (dp)	limites do IC(95%)		teste t		
		inferior	superior	T	df	P
16_rot	-0,52 (2,41)	-1,54	0,50	-1,06	23	0,300
26_rot	0,73 (2,45)	-0,30	1,77	1,47	23	0,156
36_rot	-2,58 (3,15)	-3,91	-1,25	-4,02	23	<0,001
46_rot	2,09 (3,36)	0,67	3,51	3,04	23	0,006
mand_rot	0,24 (1,20)	-0,27	0,75	0,98	23	0,335

Nota-se diferença significativa para as médias, nos dentes: 36 e 46; ambos vestibularizaram.

Nos Gráficos 7 à 9 estão representadas as médias amostrais e os respectivos intervalos de confiança para as médias das alterações nas medidas estudadas, nos planos X, Y e Z.

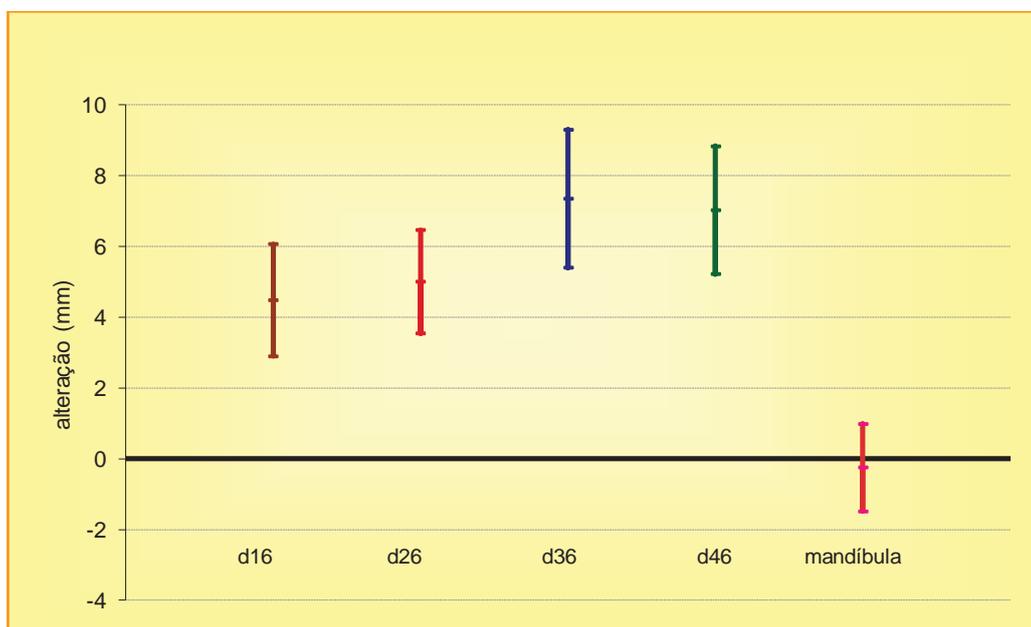


GRÁFICO 7- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional das rotações dos dentes e da mandíbula no Eixo X.

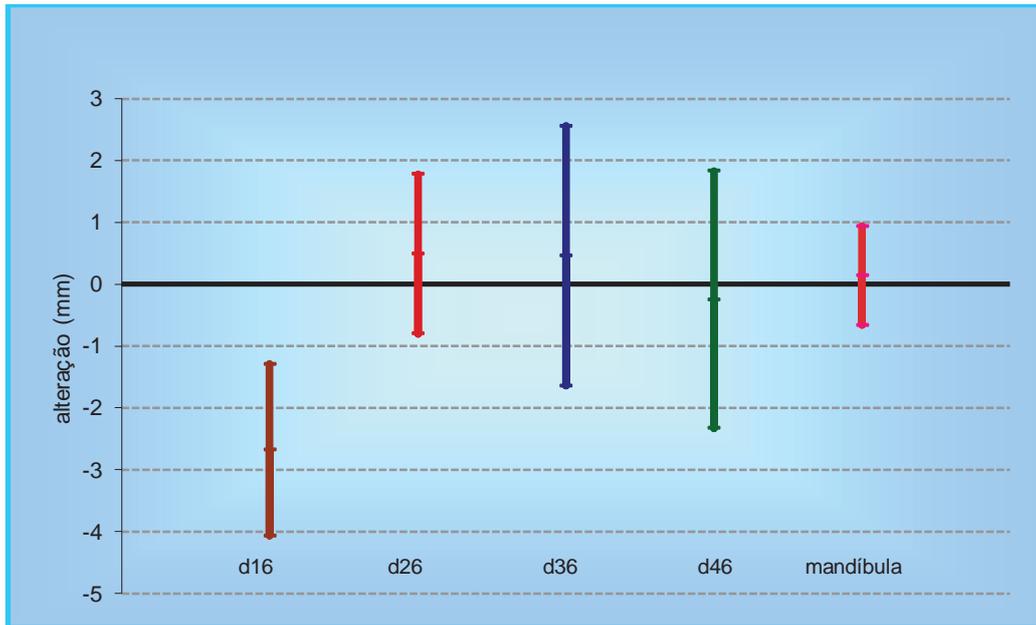


GRÁFICO 8- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional das rotações dos dentes e da mandíbula no Eixo Y.

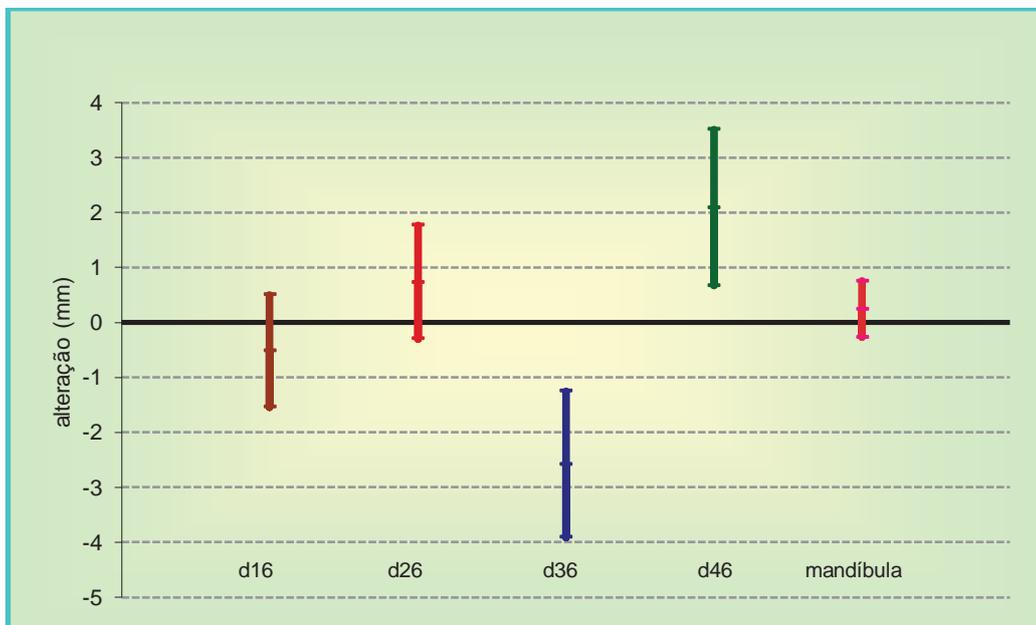


GRÁFICO 9- Média amostral e limites do IC(95%) para a média populacional das rotações dos dentes e da mandíbula no Eixo Z.

DISCUSSÃO

6 Discussão

A terapia com o aparelho de Herbst para a correção da má oclusão de Classe II de Angle mostra-se eficiente, especialmente para a normalização da relação molar. Vários estudos encontrados na literatura suportam essa afirmação^{37, 55, 77, 80, 86, 112- 113, 156, 163}.

Em relação à melhor época de tratamento da deficiência mandibular, com aparelho de Herbst, a literatura exhibe condutas variáveis, destacando vantagens e desvantagens de cada período de instalação (fase da dentadura decídua, mista e permanente), para justificar períodos de intervenção^{8, 109, 145}. Assim, Pancherz¹⁰⁸ (1982) entende que o período da dentadura permanente, logo após o pico de crescimento pubertário, é indicado para o tratamento ortopédico funcional fixo, com o aparelho de Herbst (entre 14 e 16 anos para o gênero masculino e entre 12 e 14 anos para o gênero feminino); o autor alerta ainda que o tratamento precoce nas dentaduras decídua e mista, é de difícil alcance de intercuspidação estável, após a terapia, fato que prolonga o tempo de contenção e, conseqüentemente, aumenta a duração do tratamento.

No presente estudo, todos os pacientes adaptaram-se bem ao aparelho de Herbst e não relataram dificuldades quanto à sua higienização; no entanto, 16,6% dos pacientes revelaram certo desconforto nas três primeiras semanas da realização do avanço.

Os problemas mais frequentes encontrados e suas respectivas soluções foram os seguintes:

1-introdução do arco de Nance modificado na mucosa lingual dos incisivos inferiores
29,1% — nova ancoragem inferior;

- 2- ruptura de bandas 6,25 % - nova ancoragem;
- 3- solda da solda 22,9% - conserto ou nova ancoragem;
- 4- ancoragem solta 25% - recimentação imediata.

A maioria desses problemas clínicos é citada na literatura, quando da utilização de ancoragem bandada, com conexões soldadas^{38, 65-66}, contudo o que agravou os problemas foi a demora na instalação da ancoragem, conseqüentemente, do avanço, pela ausência do paciente nos retornos agendados. Este referido atraso, da realização do avanço após a quebra do aparelho, foi computado e acrescido no tempo total de uso do aparelho de Herbst para aqueles pacientes que necessitaram de conserto.

Desde a reintrodução do aparelho de Herbst na comunidade ortodôntica em 1979¹⁰⁷, os efeitos das correções das discrepâncias sagital e vertical na Classe II, divisão 1 e na Classe II, divisão 2 de Angle, tem sido documentada e amplamente investigada^{53, 71, 77-78, 80, 94, 105, 107-109, 129, 142, 156, 162, 164}. No início, pensou-se que a correção da má oclusão de Classe II de Angle e a mordida profunda decorresse, principalmente, por mudanças esqueléticas mandibulares¹¹². Mais tarde, pesquisas revelaram que a maxila e os componentes dentários também contribuíam para a correção desses problemas ortodônticos^{11, 113-114}.

Os efeitos dentários do aparelho de Herbst resultam, basicamente, de perda de ancoragem. Como um resultado das forças exercidas pelo sistema telescópico, os dentes de ancoragem superiores são conduzidos posteriormente e os dentes inferiores anteriormente. A reação dental à correção sagital do molar

superior é vantajosa no tratamento da má oclusão de Classe II ¹⁰⁸⁻¹¹², assim como a reação dental inferior, porém esta traz um efeito colateral que na maioria dos casos é desfavorável, que resulta no apinhamento do dentes anteriores deste arco.

Esse fato, ou seja, o deslocamento sagital dos molares, já é apontado, com unanimidade, pelos autores, como se vê na literatura ^{36-37, 71, 105, 108, 139, 156-157}. Para comprovar a ocorrência, realizou-se este teste, como um novo método de avaliação, através da TCFC, envolvendo a escolha dos primeiros molares permanentes, cujos resultados mostraram o deslocamento e rotação dos referidos dentes, nos três planos do espaço.

Durante a última década, a Ortodontia ampliou suas potencialidades de diagnóstico e a capacidade de delinear um prognóstico mais realista, com a introdução da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) ^{35, 47, 67, 74, 146}. A técnica surgiu em 1998 ^{102, 124}, como uma resposta à grande demanda por tecnologia que pudesse fornecer uma imagem tridimensional das estruturas do complexo craniofacial, com menor custo, com doses de radiação baixas, com simplicidade na aquisição da imagem, com maior acurácia, redução de artefato, menor tempo de escaneamento e melhor custo-benefício que as tomografias computadorizadas (TC) convencionais ^{47, 134-135, 151, 153}.

Com a utilização de *software*, que emprega algoritmos de computação gráfica tridimensional, é possível realizar um diagnóstico 3D, virtualmente livre de distorções e sobreposições, desvantagens presentes nas técnicas radiográficas

convencionais, além disso, há que se mencionar que, com o *software*, a anatomia real do paciente pode ser então observada ^{1, 31, 39-41}.

Na presente pesquisa, foi utilizado o tomógrafo i-CAT Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, PA) que, em outros estudos ^{22, 43, 70, 140} mostrou-se acurado e com boa resolução nas imagens ¹⁰. Além disso, em um estudo que comparou cinco tomógrafos, os autores concluíram que o i-CAT, dentre os tomógrafos avaliados: (Accuitomo 3D; MerRay; NewTom 3G; i-CAT e Sensation 16), foi o que apresentou melhor relação qualidade de imagem x dose de radiação ⁸⁴.

Para se iniciar a demarcação dos pontos anatômicos, em imagens de TCFC, é importante padronizar a posição da cabeça. Tal cuidado possibilita a reprodutibilidade do posicionamento do crânio, permitindo, pela reprodução, comparações de uma imagem inicial de referência para mensuração. Esta conduta também foi adotada por outros autores ^{49, 100}. Zhao et al. ¹⁶⁶ (2010) propuseram uma padronização da cabeça, utilizando um plano que passa pela espinha nasal, anterior e posterior, e uma linha vertical, predefinida pelo programa. O inconveniente desta padronização é que utiliza poucos planos de referência para sua construção, o que o torna impreciso.

Farman et al. ⁴⁰ (2006) utilizaram planos a partir de referências intracraniais; o plano sagital é posicionado no corte axial (no nível da fossa nasal), por uma bissetriz, que passa pelo septo nasal e forame magno. O plano coronal é posicionado a partir do corte axial (no nível das órbitas), como uma bissetriz que

corta esta imagem axial. O plano axial é posicionado a partir de um corte sagital, passando pelo nível do palato duro. No entanto, a escolha do corte para se demarcar essas referências intracraniais, pode variar de um operador para outro. Cevidanes et al.³² (2009) compararam, pelo método de pontos cranianos, a reprodutibilidade de duas orientações diferentes do crânio (sobre a superfície) e também com a posição natural da cabeça, concluindo que tal método fornece maior reprodutibilidade de orientação. Por conta da vantagem apontada, esse foi o procedimento adotado neste estudo.

A demarcação dos pontos anatômicos é de suma importância na obtenção de medidas precisas^{12, 18, 98}. A utilização de *softwares*, de cefalometria, permite a marcação de pontos nas imagens digitais, diretamente no monitor do computador; os recursos gráficos e de tratamento de imagem podem, de um lado, ocasionar certa quantidade de erro, mas de outro, melhorar a precisão na obtenção das medidas cefalométricas^{13, 54}. O que, de fato, vale é que, independente do método escolhido, a precisão da mensuração depende da seleção das referências cefalométricas precisas e bem delimitadas¹³¹. De acordo com Haffner et al.⁵² (1999), a 3D TC oferece a possibilidade de se avaliar alguns pontos do esqueleto com grande detalhamento e precisão, em comparação com o método radiográfico convencional.

Os pontos de referência selecionados para essa pesquisa foram de fácil demarcação e foram escolhidos conforme as suas localizações nos planos: axial, coronal e sagital. Além disso —, como propõe o sistema de coordenadas

cartesianas —, foi necessário escolher três pontos nas estruturas, dentária e mandibular, de modo a se obter um triângulo representativo de cada uma delas, e as suas respectivas medidas, para os cálculos do deslocamento e rotação.

A utilização de planos cartesianos na área médica e odontológica, é um fato recente. Folio et al.⁴⁵ (2011), a partir de um sistema de coordenadas cartesianas e um sistema de posicionamento cartesiano (SPC), verificaram o possível caminho percorrido por projéteis e as possíveis danos causados a órgãos vitais, calculando-os por meio da análise de tomografias computadorizadas. Por sua vez, na área odontológica, Santos et al.¹³² (2009) desenvolveram um dispositivo para a aquisição e análise do movimento mandibular em 3D. Para visualizar e analisar o movimento 3D, adquirido em um computador pessoal, foi desenvolvida uma aplicação computacional em *LabVIEW*. Para converter a tensão dos sensores eletromagnéticos, em coordenadas cartesianas, foi criado o “algoritmo do ponto mais próximo” e foram também utilizadas redes neuronais.

6.1 Deslocamento

Ao término do tratamento, o deslocamento dentário, nos pacientes tratados com o aparelho de Herbst bandado, apresentou-se de acordo com os resultados encontrados na literatura, concordes quantitativamente e qualitativamente com outros estudos^{109, 112, 156}, relativos à relação dentária sagital. Como o presente

trabalho avaliou o deslocamento nos três planos espaciais, ele amplia os dados sobre o assunto, trazendo uma efetiva contribuição.

6.1.1 EIXO X

Em uma vista coronal, o deslocamento dos molares superiores foi significativo, na direção vestibular (Tabela 16), ocorrendo que o primeiro molar direito deslocou - 0,5 mm (p1=coroa) e o primeiro molar esquerdo 0,4 mm (p1=coroa) (Figura 26). Esse movimento beneficiou os pacientes com má oclusão de Classe II, divisão 1, incluindo também os que apresentaram atresia maxilar⁵. Essa pequena expansão pode ter ocorrido, devido à flexibilidade da ancoragem superior, composta pela barra transpalatina em consequência da incidência da força produzida pelo sistema do aparelho de Herbst para cima, gerando um momento de inclinação para vestibular.

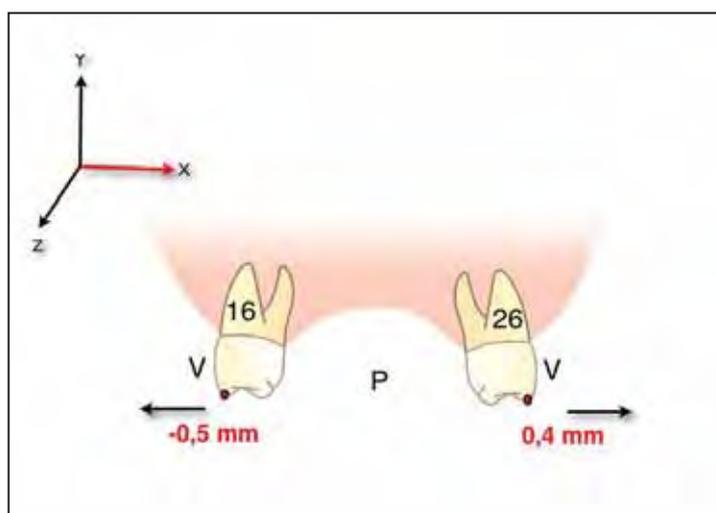


FIGURA 26- Expansão dos molares superiores – Eixo X.

6.1.2 EIXO Y

Em relação ao movimento de deslocamento dos molares para cima e para baixo, (Tabela 17) e considerando que $\pm 0,5$ mm significa estabilidade, temos que, os primeiros molares superiores apresentaram: 50 % (12 pacientes) apresentaram estabilidade, 29% (7 pacientes) apresentaram deslocamento para cima e apenas 21% (5 pacientes) apresentaram deslocamento para baixo, no entanto para quatro desses pacientes, esse valor foi expressivamente diferente dos demais (1,2mm , 1,9mm, 2,1mm e 2,1mm), resultando em movimento significativo do primeiro molar permanente esquerdo para baixo em 0,5 mm (p1=coroa) e 0,5mm (p3=raiz) (Figura 27). Em uma busca mais apurada, avaliando a ficha clínica desses quatro pacientes, notou – se que todos eles quebraram a ancoragem superior (solda da solda ou banda rasgada) e demoraram, em média, 25 dias para a sua reinstalação e avanço —, fatos que podem ter causado o movimento de tais molares para baixo, em função da perda do contato oclusal desses dentes durante o período. Além disso, o que poderia contribuir para o deslocamento do ponto da coroa (p1) para baixo é sua inclinação do mesmo para distal, realizada no sentido anti-horário.

Alguns pesquisadores afirmam que o aparelho de Herbst causa intrusão dos molares superiores ^{37, 113}, no entanto, os resultados desta pesquisa vão ao encontro dos estudos que comprovam a ocorrência de apenas uma restrição no movimento vertical desses dentes ^{96, 154}, que assemelham o aparelho de Herbst ao

aparelho extrabucal de força occipital, quanto ao efeito de restrição do desenvolvimento no sentido vertical dos molares superiores^{90, 161}.

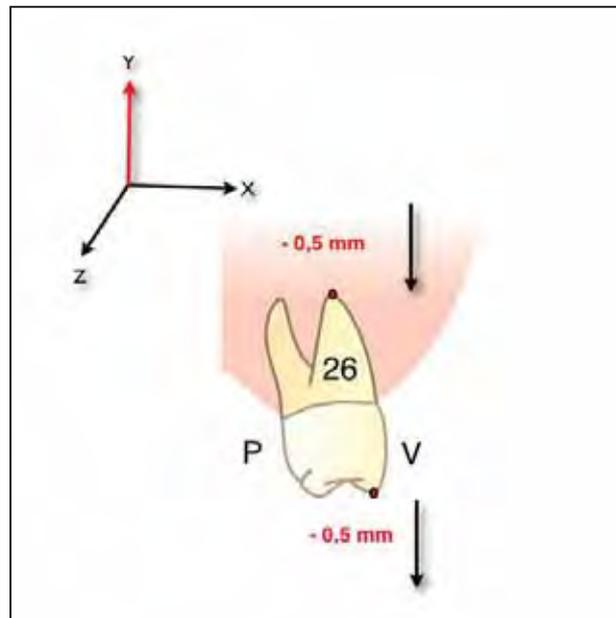


FIGURA 27- Deslocamento do primeiro molar superior esquerdo (26) para baixo — Eixo Y.

Nos molares inferiores, o deslocamento para baixo foi significativo em ambos os dentes. Na mandíbula, tal deslocamento também foi expressivo; descontando-se o seu valor, de - 1,50mm (centroide), o efetivo deslocamento dos primeiros molares inferiores foi o seguinte: o esquerdo deslocou -1,3mm (p1=coroa) e o direito, -1,1mm (p1=coroa) (Figura 3); para os demais pontos, cervical (p2) e raiz (p3), os valores foram significativos, porém menor que 0,5mm —, medida desprezível, do ponto de vista clínico.

Em relação ao deslocamento dos primeiros molares inferiores, no Eixo Y, (Tabela 17) e considerando que $\pm 0,5$ mm significa estabilidade, temos que, os primeiros molares inferiores apresentaram: 45,9 % (11 pacientes) estabilidade, 37,5 % (9 pacientes) deslocamento para baixo e apenas 16,6% (4 pacientes) deslocamento para cima.

O aparelho de Herbst, com cantilever, por ser inserido sobre os molares inferiores, acaba desencadeando grandes repercussões ortodônticas nestes dentes, com liberação de força no sentido anterior, pelo mecanismo telescópico; assim os molares inferiores responderam com uma grande mesialização e inclinação para o mesmo sentido^{94, 110, 112} o que pode explicar os resultados, onde houve um deslocamento para baixo da coroa (p1) devido à grande inclinação da mesma para mesial e pouco deslocamento da cervical (p2) e raiz (p3).

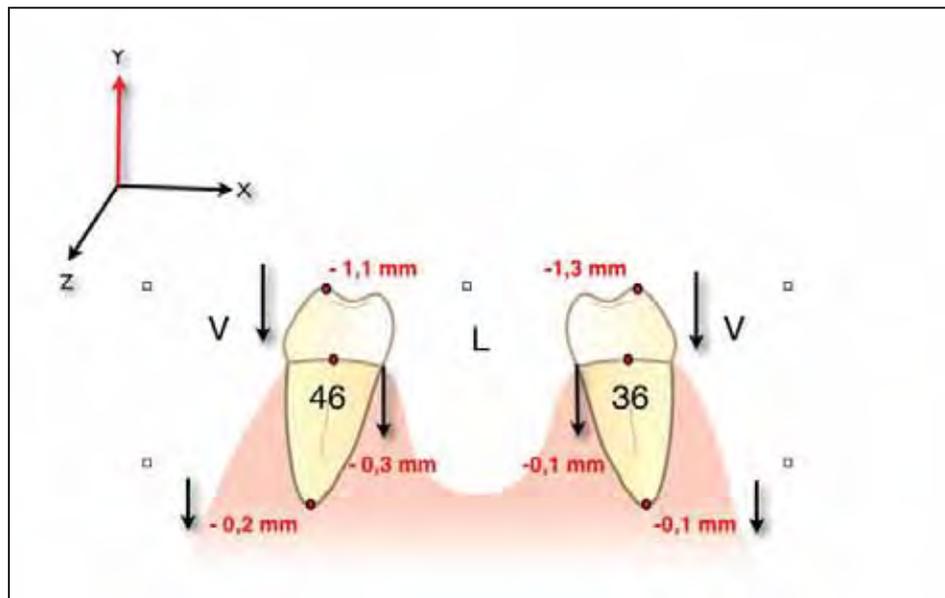


FIGURA 28- Deslocamento dos primeiros molares inferiores (coroa) para baixo - Eixo Y.

6.1.3 EIXO Z

Em uma relação sagital dos molares superiores (Tabela 18), houve deslocamento significativo para distal desses dentes: 1,8mm (p1=coroa) e 1,4mm (p2=cervical), para o primeiro molar superior direito e 2,1 mm (p1=coroa) e 1,4 mm (p2=cervical) para o primeiro molar superior esquerdo (Figura 29). Esses resultados estão de acordo com outros trabalhos ^{21, 37, 71, 110, 113} que mostram movimento significativo de distalização desses dentes, quando utilizam ancoragens com bandas.

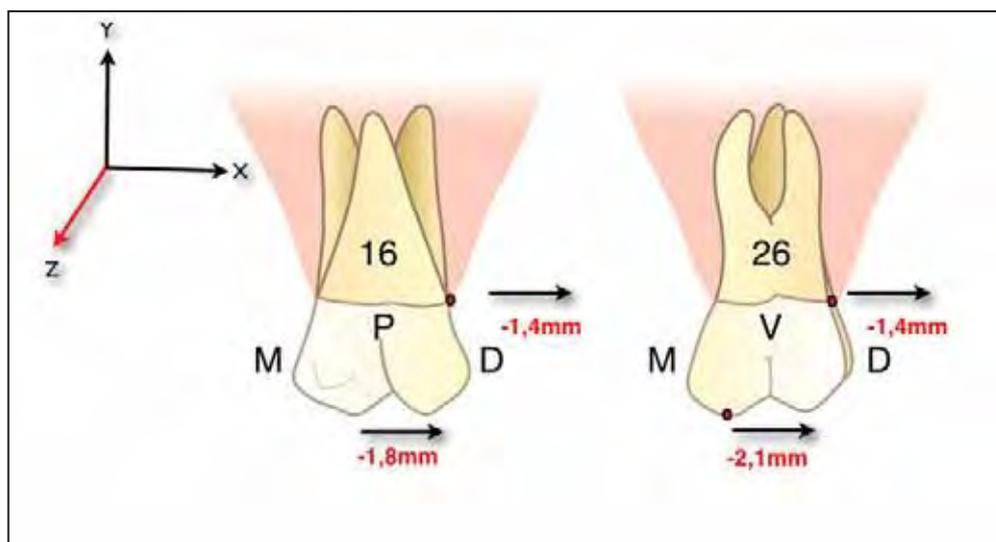


FIGURA 29- Deslocamento dos molares superiores para distal (coroa e cervical) – Eixo Z.

Em relação à posição sagital dos molares inferiores (Tabela 18), houve deslocamento significativo para mesial, que também atingiu a mandíbula: Descontando-o deslocamento, de 1,23mm (centroide) tem-se a seguinte movimentação: de 2,17mm (p1=coroa) e 1,77mm (p2=cervical) no primeiro molar

inferior esquerdo e 1,97mm (p1=coroa) e 1,37mm (p2=cervical) para o primeiro molar inferior direito (Figura 30).

Alguns estudos confirmam esses resultados como, por exemplo, os de Valant, Sinclair¹⁵⁶ (1989) que verificaram que o molar inferior mesializou 1,6mm em indivíduos tratados com aparelho de Herbst modificado: coroas nos primeiros molares superiores e esplinte acrílico removível, nos inferiores. Constataram, ainda, uma movimentação do molar inferior para a posição anterior, e Pancherz¹⁰⁷ (1982) também observou, nesses dentes, movimento, de 1,0mm para mesial em pacientes no pico de crescimento.

O movimento dos dentes, para a posição anterior (entre 61,6% a 63,8%) e o movimento, na base óssea (entre 36,25 a 38,4%) contribuem para o deslocamento anterior total; tais resultados corroboram com as conclusões apontadas na literatura.

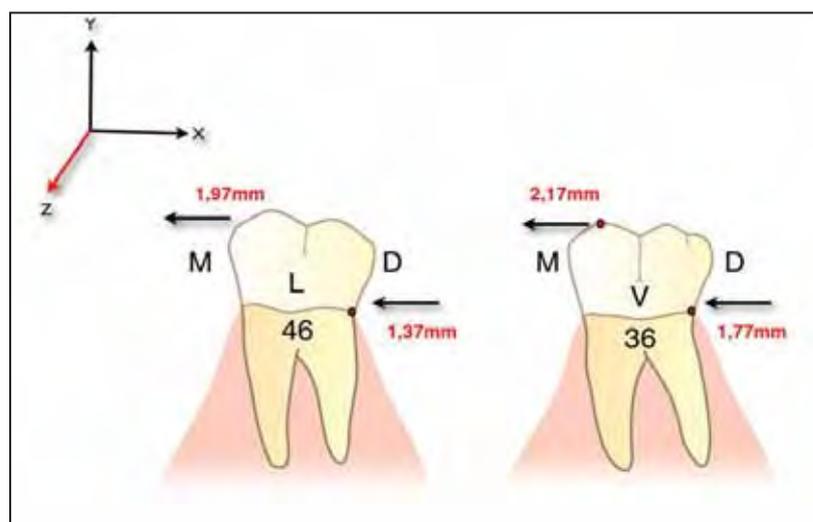


FIGURA 30- Deslocamento para mesial dos primeiros molares inferiores - Eixo Z.

6.2 Rotação

O tratamento ortodôntico tem, como um dos principais objetivos, o posicionamento adequado dos dentes, nos três planos do espaço^{2-3, 14, 120} obtendo, assim, as seis chaves de oclusão preconizadas por Andrews² (1972). O espaço entre os dentes, que gera contatos proximais justo, varia conforme dois fatores: as angulações — de maneira geral, da raiz para distal, em direção à sua coroa —, e o relacionamento adequado no sentido ântero-posterior².

Assim, o posicionamento adequado dos dentes nos arcos dentários contribui para uma correta distribuição das forças oclusais^{14, 48, 58}. Nesse contexto, o presente estudo avaliou a rotação dentária, em pacientes tratados com o aparelho de Herbst bandado, nos três planos espaciais, de forma a apresentar outros e novos dados à literatura sobre o assunto.

6.2.1 EIXO X

Os primeiros molares superiores, em uma vista sagital (Tabela 19), inclinaram significativamente, para distal, sendo que o direito inclinou 4,48°, e o esquerdo, 5°. Valant, Sinclair¹⁵⁶ (1989) encontraram resultado semelhante, em

pacientes tratados com Herbst modificado, com a inclinação da coroa para distal, do molar superior em $6,4^\circ$ (Figura 31).

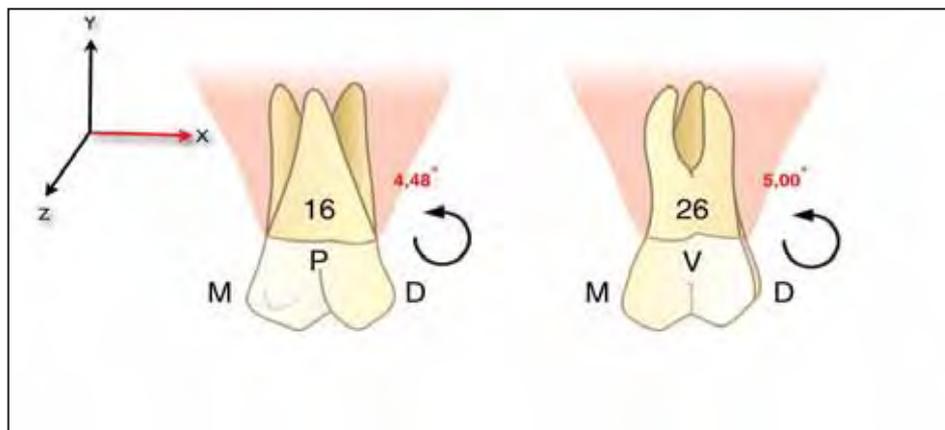


FIGURA 31- Vista sagital da inclinação dos molares superiores - Eixo X.

Os primeiros molares inferiores, em uma vista sagital (Tabela 19), inclinaram, significativamente, para mesial; o esquerdo inclinou $7,35^\circ$, e o direito $7,03^\circ$ (Figura 32).

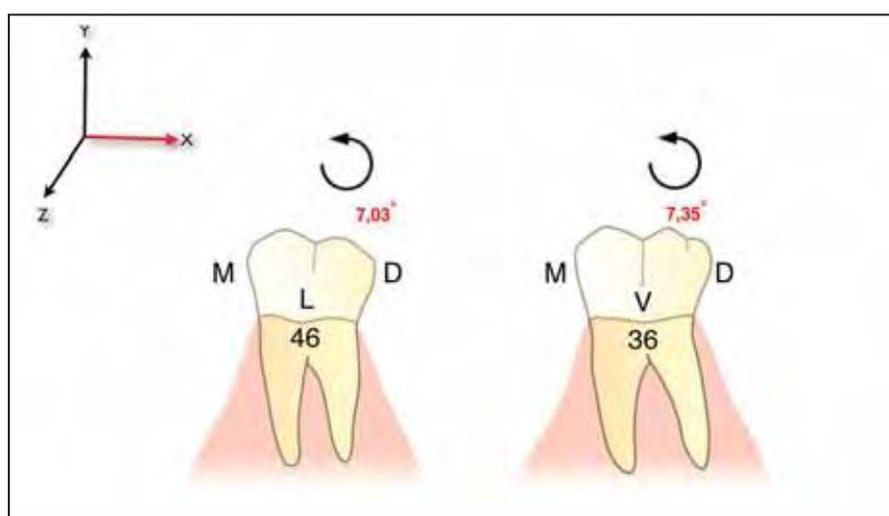


FIGURA 32- Vista sagital da inclinação dos molares inferiores - Eixo X.

6.2.2 EIXO Y

Quanto aos primeiros molares superiores, em uma vista axial (Tabela 20), observou-se que o direito girou significativamente $2,68^\circ$ para vestibular, em 75% dos pacientes (Figura 33); já com relação ao seu homônimo esquerdo, o movimento ocorreu no sentido contrário, porém não foi significativo.

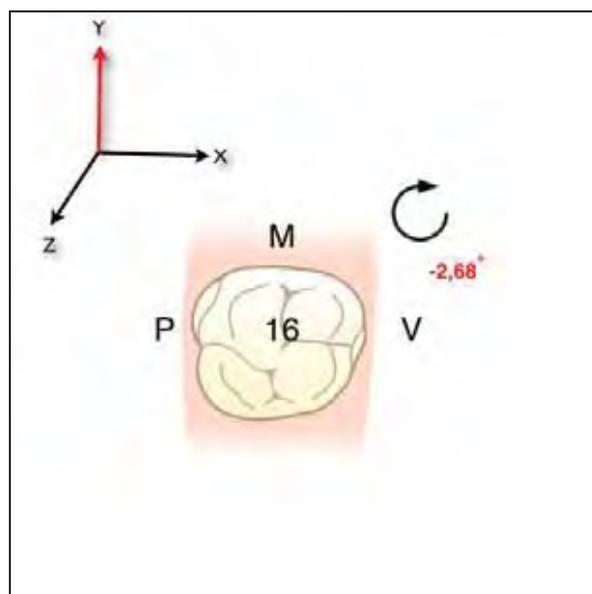


FIGURA 33- Primeiro molar superior direito girou no sentido horário para vestibular - Eixo Y.

6.2.3 EIXO Z

Os primeiros molares inferiores, em uma vista coronal (Tabela 21), inclinaram para vestibular: $2,58^\circ$, o esquerdo e o direito $2,09^\circ$ (Figura 34); os molares superiores também vestibularizaram, porém não foi significativo.

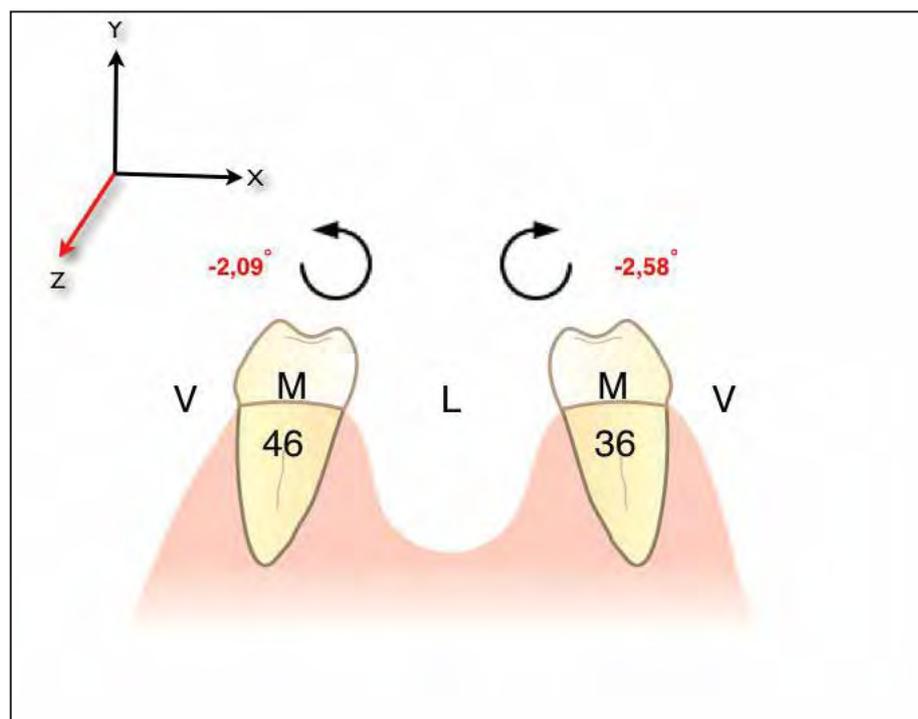


FIGURA 34- Os molares inferiores inclinaram para vestibular - Eixo Z.

CONCLUSÃO

7 Conclusão

Os resultados encontrados, frente à metodologia empregada, permitem concluir que:

- Contribuíram para a correção da má oclusão de Classe II, divisão 1 de Angle;
- Foram mais intensas nos molares inferiores que nos molares superiores;
- Os molares superiores distalizaram, por deslocamento e rotação e expandiram discretamente;
- Os molares inferiores mesializaram, por deslocamento e rotação e expandiram discretamente;
- A movimentação dentária inferior para mesial foi o dobro da movimentação esquelética, comprovando a perda de ancoragem.

REFERÊNCIAS

8 Referências*

1. Accorsi M. Comparação de grandezas cefalométricas obtidas por meio de telerradiografias e tomografias computadorizadas multislice em crânios secos humanos [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.
2. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* 1972; 62: 296-309.
3. Andrews LF. The straight wire appliance. Explained and compared. *J Clin Orthod.* 1976; 10: 174-95.
4. Angle EH. Classification of malocclusion. *Dent Cosmos.* 1899; 41: 248-64.
5. Angle EH. Treatment of malocclusion of the teeth. 7th ed. Philadelphia: SS White; 1907.
6. Araki K, Maki K, Seki K, Sakamaki K, Harata Y, Sakaino R, et al. Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner (CB MercuRay™): system configuration and physical properties. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 33: 51-9.
7. Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning-part II. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993; 103: 395-411.

*De acordo com o estilo Vancouver.

Disponível no site: http://www.nlm.gov/bsd/uniform_requirements.html

8. Baccetti T, Franchi L, Stahl F. Comparison of 2 comprehensive Class II treatment protocols including the bonded Herbst and headgear appliances: A double-blind study of consecutively treated patients at puberty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 135: 698 e 1-10.
9. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, Tollaro I. Early dentofacial features of Class II malocclusion: a longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 111: 502-9.
10. Ballrick JW, Palomo JM, Ruch E, Amberman BD, Hans MG. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone beam computed tomography machine. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134: 573-82.
11. Barnett GA, Higgins DW, Major PW, Flores-Mir C. Immediate skeletal and dentoalveolar effects of the crown- or banded type Herbst appliance on class II division 1 malocclusion a systematic review. *Angle Orthod.* 2008; 78: 361-9.
12. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1- Landmark indentation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1971; 60: 111-27.
13. Becker L, Barison G, Barison JC. Cefalometria computadorizada e documentação ortodôntica digital. In: Freitas A, Rosa JE, Souza IC. *Radiologia odontológica.* 6 ed. São Paulo: Artes Médicas; 2004.

14. Berkovitz BKB, Holland, GR Moxham, BJ. The alignment and occlusion of the permanent teeth. In: Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham, BJ. A colour atlas e textbook of oral anatomy. London: Wolfe Medical; 1978. p.35-41.
15. Bertoz FA, Santos ECA, Mendonça MR, Cuoghi AO, Reis PMP, Torres ICP. Características cefalométricas de pacientes com má oclusão Classe II. Rev Assoc Paul Espec Ortodon Ortoped Facial. 2003; 1: 35-41.
16. Bishara SE. Class II malocclusions: diagnostic and clinical considerations with and without treatment. Semin Orthod. 2006; 12: 11-24.
17. Bishara SE, Cummins DM, Jorgensen GJ, Jakobsen JR. A computer assisted photogrammetric analysis of soft tissue changes after orthodontic treatment. Part I: methodology and reliability. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1995; 107: 633-9.
18. Björk A, Solow B. Measurement on radiographs. J Dent Res. 1962; 41: 672-83.
19. Bock NC, Bremen JV , Ruf S. Occlusal stability of adult class II division 1 treatment with the Herbst appliance. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010; 138:146-51.
20. Brandão AMB, Vigorito JW, Capelozza Filho L. Avaliação das características do perfil tegumentar em indivíduos com má oclusão Classe II divisão 1^a por meio da análise facial numérica. Ortodontia. 2001; 34: 59-64.
21. Bremen JV, Pancherz H. Efficiency of class II division 1 and class II division 2 treatment in relation to different treatment approaches. Semin Orthod. 2003; 9: 87-92.

22. Brown AA, Scarfe WC, Scheetz PJ, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. *Angle Orthod.* 2009; 79: 150-7.
23. Buschang PH, Martins J. Childhood and adolescent changes of skeletal relationships. *Angle Orthod.* 1998; 68: 199-208.
24. Buschang PH, Santos-Pinto A. Condylar growth and glenóide fossa displacement during childhood and adolescence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 113: 437-42.
25. Camper P. Works on the connection between the science of anatomy and the arts of drawing, painting, statuary and etc. London: C. Delly; 1974.
26. Capellozza LF. O conceito de padrão. In: Capellozza LF. *Diagnóstico em ortodontia.* Maringá: Dental Press; 2004. p.25-46.
27. Capellozza LF. Padrão II. In: Capellozza LF. *Diagnóstico em ortodontia.* Maringá: Dental Press; 2004. p.147-234.
28. Carvalho FAR, Cevidanes LHS, Motta ATS, Almeida MAO , Phillips C. Three-dimensional assessment of mandibular advancement 1 year after surgery . *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: S53-5
29. Cavalcanti MG. *Tomografia computadorizada por feixe cônico interpretação e diagnóstico para o cirurgião–dentista:* São Paulo: Santos; 2010.

30. Cavalcanti MG, Rocha SS, Vannier MW. Craniofacial measurements based on 3 D- CT volume rendering: implications for clinical applications. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 33: 170-6.
31. Cavalcanti MGP. Diagnóstico por imagem da face. São Paulo: Santos; 2008.
32. Cevidanes L, Oliveira AEF, Motta A, Phillips C, Burkee B, Tyndall D. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthod.* 2009; 79: 971-7.
33. Cevidanes LHS, Styner M, Proffit WR. Superposição tridimensional para quantificação dos resultados do tratamento. In: Nanda R. *Terapias atuais em ortodontia.* Rio de Janeiro: Elsevier; 2011. p. 36-44.
34. Chaison JB, Chen CSK, Herring SW, Bollen AM. Bone volume, tooth volume , and incisor relapse: a 3-dimensionsl analysis of orthodontic stability. *Am J Dentofacial Orthop.* 2010; 138: 778-86.
35. Connor SEJ, Arscott T, Berry J, Greene L, O’Gorman R. Precision and accuracy of low-dose CT protocols in evaluation of skull landmarks. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007; 36: 270-6.
36. Croft RS, Bushang PH, English JD, Meyer R. A cephalometric and tomographic evaluation of Herbst treatment in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116: 435-43.
37. Dib LPS. Avaliação cefalométrica das alterações dentárias e esqueléticas induzidas pelo uso do aparelho de Herbst no tratamento da má oclusão de classe II, divisão 1^a de Angle – estudo longitudinal [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2007.

38. Dischinger TG. Edgewise bioprogressive Herbst appliance. *J Clin Orthod.* 1989; 23: 608-12.
39. Farman AG. Fundamentals of image acquisition and processing in the digital era. *Orthod Craniofac Res.* 2003; 6: 17-22.
40. Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 130: 257-65.
41. Farman AG, Scarfe WC. The basics of maxillofacial cone beam computed tomography. *Sem Orthod.* 2009; 15: 2-13.
42. Fateh TE, Ruf S. Herbst treatment with mandibular cast splints-revisited. *Angle Orthod.* 2011; 81: 820-7.
43. Fernandes TMF. Precisão e acurácia de medidas lineares da mandibular em imagens 3D obtidas por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2011.
44. Fisk GV, Culbert MR, Grainger RM, Hemred B, Moyers R. The morphology and physiology of distoclusion. *Am J Orthod.* 1953; 39: 3-12.
45. Folio LR, Fisher T, Shogan P, Frew M, Dwyer A, Provenzale JM. Blast and ballistic trajectories in combat casualties: a preliminary analysis using a Cartesian positioning system with MDCT. *AJR Am J Roentgenol.* 2011; 197: 233-40.

46. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, Freitas MR, Coelho RA. Rapid maxillary expansion-tooth tissue –borne versus tooth –borne Expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod.* 2005; 75: 548-57.
47. Garib DG, Raymundo R Jr, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Cone beam computed tomography (CBCT): understanding this new imaging diagnostic method with promising application in orthodontics. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Fac.* 2007; 12: 139–58.
48. Glickman I. Principios de occlusion. In: Glickman I. *Periodontologia clínica* 4 ed. México : Interamericana;1974. p.808-33.
49. Gómez SPP. Tomografia computadorizada de feixe cônico para avaliação do tratamento da classe II divisão 1 com aparelho Herbst no espaço aéreo faríngeo [Dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2010.
50. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist.* California: Stanford University Press; 1959.
51. Gribel BF, Gribel MN, Frazão DC, McNamara JA Jr., Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthod.* 2011; 81: 26-35.
52. Haffner CL, Pessa JE, Zadoo VK, Garza JR. A technique for three-dimensional cephalometric analysis as an aid in evaluating changes in the craniofacial skeleton. *Angle Orthod.* 1999; 69: 345-8.

53. Hägg U, Due X, Rabie AB. Inicial and late treatment effects of head-gear-Herbst appliance with mandibular step-by-step advancement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002; 122: 477-85.
54. Hans MG, Palomo JM, Dean D, Çakirer B, Min K –J, Hans S, et al. Three-dimensional imaging: the case Western Reserve University Method .*Semin Orthod.* 2001; 7: 233-43.
55. Hansen K, Pancherz H. Long-term effects of Herbst treatment in realtion to normal growth development: a cephalometric study. *Eur J Orthod.* 1992; 14: 285-95.
56. Hanspeter S, Junkins JL. Rigid body kinematics. In: Hanspeter S, Junkins JL. *Analytical mechanics of space systems.* Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics; 2003. p.78-87.
57. Hassan AH. Cephalometric characteristics of Class II division 1 malocclusion in a Saudi population living in the western region Saudi Board in orthodontics-Western Region Faculty of Dentistry. [citado 2011 ago 19]. Disponível em: <http://www.sdsjournal.org/2011/volume-23-number-1/2011-23-01-23-27-full.html>
58. Hatcher DC, Dial C, Mayorga C. Cone beam CT for presurgical assessment of implants sites. *J Calif Dent Assoc.* 2003; 32: 825-33.
59. Hellman, M. Studies on the etiology of Angle's class II malocclusal manifestations. *Int J Orthod.* 1922; 8: 129-59.

60. Henriques JFC, Maltagliati LA, Pinzan A, Freitas MR. Estudo longitudinal das características da má oclusão de classe II, 1ª divisão sem tratamento, em jovens brasileiros, leucodermas, por um período de 3 anos e 4 meses. *Rev Dental Press Ortop Facial*. 1998; 3: 52-66.
61. Henry RG. A classification of the class II, division 1 malocclusion. *Angle Orthod*. 1957; 27: 83-92.
62. Herter T, Lott K. Algorithms for decomposing 3-D orthogonal matrices into primitive rotations. *Comput Graph*. 1993; 17: 517-27.
63. Honda K, Matumoto K, Kashima M, Takano Y, Kawashima S, Arai Y. Single air contrast arthrography for temporomandibular joint disorder using limited cone beam computed tomography for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*. 2004; 33: 271-3.
64. Honey OB, Scarfe WC, Hilgers MJ, Klueber K, Silveira AM, Haskell BS, et al. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007; 132: 429-38.
65. Howe RP. The bonded Herbst appliance. *J Clin Orthod*. 1982; 16: 663-7.
66. Howe RP, McNamara JA. Clinical management of the bonded Herbst appliance. *J Clin Orthod*. 1983; 17: 456-63.
67. Kamiishi H, Miyasato Y, Kosaka M. Development of the 3D-cephalogram: technical note. *J Craniomaxillofac Surg*. 2007; 35: 258-60.
68. Kapila S, Conley RS, Harrell Jr. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofac Radiol*. 2011; 40: 24-34

69. Kim SH, Choi YS, Hwang EH, Chung KR, Kook YA, Nelson G. Surgical positioning of orthodontic mini-implants with guides fabricated on models replicated with cone beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 131: S82-9.
70. Kim TS, Caruso JM, Christensen H, Torabinejad MA. Comparison of cone beam computed tomography and direct measurement in the examination of the mandibular canal and adjacent structures. *J Endod.* 2010; 36: 1191-4.
71. Konik M, Pancherz H, Hansen K. The mechanism of Class II correction in late Herbst treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 112: 87-91.
72. Korbmacher H, Kahl-Nieke B, Schollchen M, Heiland M. Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view. *J Orofac Orthop.* 2007; 68: 278-89.
73. Kuipers JB. Quaternions and rotation sequences: a primer with applications to orbits, aerospace and virtual reality. New Jersey: Princeton University Press; 1999. p. 85.
74. Kumar V, Ludlow JB, Cevidanes L. Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthod.* 2008; 78: 873-9.
75. Kwon TG, Park HS, Ryoo HM, Lee, SHA. Comparison of craniofacial morphology in patients with and without facial asymmetry—a three-dimensional analysis with computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006; 35: 43-8.
76. Lagravère MO, Carey J, Toogood RW, Major PW. Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134: 112-6.

77. Lai M. Molar distalization with the Herbst appliance. *Semin Orthod.* 2000; 6: 119-28.
78. Lai M, McNamara JA. An evaluation of two-phase treatment with the Herbst appliance and preadjusted Edgewise therapy. *Semin Orthod.* 1998; 4: 46-58.
79. Lamachine M, Anderson NK, Rigali PH, Seldin EB, Will LA. Accuracy of reconstructed images from cone-beam computed tomography scans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 136: 156.e1-6; discussion 156-7.
80. Langford NM. The Herbst appliance. *J Clin Orthod.* 1981; 15: 558-64.
81. Langford NM. Updating fabrication of the Herbst appliance. *J Clin Orthod.* 1982; 15: 173-4.
82. Lascala CA. Análise da confiabilidade de medidas lineares obtidas em imagens de tomografia computadorizadas por feixe cônico (CBCT-NEWTOM.) [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2003.
83. Lima EL. Álgebra linear. Rio de Janeiro: IMPA, CNPq; 1995.
84. Loubele M, Jacobs R, Maes F, Denis K, White S, Coudyzer W et al. Image quality vs radiation dose of four cone beam computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37: 309-18.
85. Maia S, Raveli DB, Santos-Pinto A, Raveli TB, Gomez SP. Avaliação tomográfica no tratamento com Herbst em adulto jovem. *Dental Press J Orthod.* 2010; 15: 130-6.

86. Maia SA. Avaliação dos efeitos do aparelho Herbst splint metálico, no tratamento da má oclusão Classe II divisão 1, após o surto de crescimento pubertário [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2007.
87. Maia SRD, Dib LS, Landázuri DG, Raveli TB. Análise tomográfica da articulação temporomandibular no tratamento com Herbst em adulto jovem. *Ortodontia SPO*. 2009; 42: 360-1.
88. Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ. Computer-assited simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography. *Orthod Craniofac Res*. 2003; 6: 95-101.
89. Mang T, Prokop CS, Schima W, Maier A, Schober E, Mang CM, et al. Comparison of axial, coronal and primary 3D review in MDCT colonography for the detection of small polyps: a phantom study. *Eur J Radiol*. 2009; 70: 86-93.
90. Martins DR, Ursi WJS, Scavone JH. O aparelho de Herbst no tratamento ortopédico das más oclusões de Classe II. *Odont Master*. 1994; 4: 1-14.
91. Martins JCR, Sakima T. Considerações sobre o surto de crescimento puberal. *Ortodontia*. 1977; 10: 164-70.
92. Martins JCR, Sinimbú CMB, Dinelli TCS, Martins LPM, Raveli DB, Prevalência de má oclusão em pré-escolares de Araraquara: relação da dentição decídua com hábitos e nível sócio-econômico. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial*. 1998; 3: 35-43.

93. Mayess JH. Improving appliance efficiency with a cantilever Herbst –a new answer to old problems. *Clin Impressions*. 1994; 3: 2-5, 17-9.
94. McNamara JA, Howe R, Dischinger TG. A comparison of the herbst and Fränkel appliances in the treatment of class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990; 98: 134-44.
95. McNamara Jr JA. Components of class II malocclusion in children 8-10 years of age. *Angle Orthod*. 1981; 51: 177-202.
96. McNamara JA Jr. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1984; 86: 449-69.
97. McNamara Jr JA, Howe RP. Clinical management of the acrylic Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1988; 94: 142-9.
98. Midtgard J, Bjork G, Linder –Aronson S. Reproducibility Inadmarks and erros of measurements of cephalometric cranial distances. *Angle Orthod*. 1974; 44: 56-61.
99. Miller RA. The flip-lock Herbst appliance. *J Clin Orthod*. 1996; 30: 552-8.
100. Moreira CR. Validação de medidas maxilofaciais por meio da tomografia computadorizada por feixe cônico em 3D [tese de doutorado]. Bauru: Faculdade de Odontologia da USP; 2009.
101. Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measuments from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007; 132: 550-60.

102. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi P, Bergamo A. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998; 8: 1558-64.
103. Naitoh M, Katsumata A, Nohara E, Ohsaki C , Ariji E. Measurement accuracy of reconstructed 2 D images obtained by multi-slice helical computed tomography. *Clin Oral Implants Res.* 2004; 15: 570-4.
104. Ngan PW, Byczek E, Scheick J. Longitudinal evaluation of growth changes in class II division 1 subjects. *Semin Orthod.* 1997; 3: 222-31.
105. Obijou C, Pancherz H. Herbst appliance treatment of class II, division 2 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 112: 287-91.
106. Oliveira AEF, Cevidanes LHS, Phillips C, Motta A, Burke B, Tyndall D. Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107: 256-65.
107. Pancherz, H. Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. *Am J Orthod.* 1979; 76: 423-42.
108. Pancherz H. The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1982; 82: 104-13.
109. Pancherz H. Vertical dentofacial changes during Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation. *Swed Dent J Suppl.* 1982; 15: 189-96.
110. Pancherz H. The Herbst appliance – its biologic effects and clinical use. *Am J Orthod.* 1985; 87:1-20.

111. Pancherz H. The effects, limitations and long-term dentofacial adaptations to treatment with the Herbst appliance. *Semin Orthodont.* 1997; 3: 232-43.
112. Pancherz H. History, background, and development of the Herbst appliance. *Semin Orthod.* 2003; 9: 3-11.
113. Pancherz H, Hansen K. Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric study. *Eur J Orthod.* 1986; 8: 215-28.
114. Pancherz H, Ruf S. The Herbst appliance: research based up-dated clinical possibilities. *World J Orthod.* 2000; 1: 17-31.
115. Park H-S, HwangBo ES, Kwon T-G. Proper mesiodistal angles for microimplant placement assessed with 3-dimensional computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: 200-6.
116. Parks ET. Computed tomography applications for dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000; 44: 371-94.
117. Patel S, Dawood A, Pitt-Ford T, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J.* 2007; 40: 818-30.
118. Paulsen HU, Karle A, Bakke M, Herskind A. CT-scanning and radiographic analysis of temporomandibular joints and cephalometric analysis in case of herbst treatment in late puberty. *Eur J Orthod.* 1995; 17: 165-75.
119. Periago DR, Scarfe WC, Moshiri M, ScheetzJP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthod.* 2008; 78: 387-95.

120. Picosse M. Oclusão dentária. In: Picosse M. Anatomia dentária. 5 ed. São Paulo: Sarvier ; 1990. p.93-110.
121. Pinsky HM, Dyda S, Pinsky RW, Misch KA, Sarment DP. Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006; 35: 410-6.
122. Proffit WR. Contemporary orthodontics. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1993.
123. Proffit WR, Fields HW, Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES-III survey. *Int J Adult Orthod Orthogn Surg.* 1998 ;13: 97-106.
124. Quresby FA, Savell TA, Palomo M. Applications of cone –beam computed tomography in the practice of oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008; 66: 791-6.
125. Raveli DB, Chiavini PCR, Sampaio, LP. Herbst esplintado metálico fundido modificado. *Rev Assoc Paul Especial Ortod.* 2003; 1: 48-55.
126. Rego MVNN. Estudo cefalométrico das alterações esqueléticas, dentárias e tegumentares induzidas pelo aparelho Herbst no tratamento da má oclusão classe II, 1ª divisão de Angle [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre: Faculdade de Odontologia da PUC; 2003.
127. Rodrigues MGS, Alarcón OMV, Carraro E, Rocha JF, Capelozza ALA. Tomografia computadorizada por feixe cônico: formação da imagem, indicações e critérios para prescrição. *Odontol Clín Cient.* 2010; 9: 115-8.

128. Rosenblum RE. Class II malocclusion: mandibular retrusion or maxillary protrusion? *Angle Orthod.* 1995; 65: 49-62.
129. Ruf S, Panchez H. Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod.* 1999; 69: 239-46.
130. Sandem E, Panchez H, Hansem K. Complications during Herbst treatment. *J Clin Orthod.* 2004; 38: 130-3.
131. Sandler PJ. Reproducibility of cephalometric measurements. *Br J Orthod.* 1988; 15: 105-10.
132. Santos IC, Tavares JM, Mendes JG, Paulo MP. Acquisition and analysis of 3D mandibular movement using a device based on electromagnetic sensors and a neural network. *J Med Eng Technol.* 2009; 33: 437-41.
133. Sato S, Arai Y, Shinoda K, Ito K. Clinical application of new cone-beam computerized tomography system to assess multiple two-dimensional images for the preoperative treatment planning of maxillary implants: case reports. *Quintessence Int.* 2004; 35: 525-8.
134. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008; 52: 707-30.
135. Scarfe WC, Farman A, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006; 72: 75-80.

136. Schaub H, Junkins JL. Rigid body kinematics. In: Schaub H, Junkins JL. Analytical mechanics of space systems. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics; 2003. p. 78-87.
137. Schiavoni R, Grenga V, Macri V. Treatment of class II high angle malocclusions with the herbst appliance. A cephalometric investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992; 102: 393-409.
138. Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16- slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 32: 83-6.
139. Schütz TCB, Vigorito JW, Dominguez-Rodriguez GC. Avaliação cefalométrica-radiográfica das modificações dento – alveolares decorrentes do tratamento com o aparelho de herbst em adolescentes com malocclusão de classe II, divisão 1ª de Angle –Parte I . *Ortodontia.* 2002; 35: 22-34.
140. Sherrard JF, Rossouw E, Benson BW, Carrillo R, Bushang P. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: S100-8.
141. Shoemake K. Euler angle conversion. In: Heckbert P. *Graphics Gems IV.* San Diego: Academic Press Professional; 1994. p. 222–9.
142. Sidhu MS, Kharbanda OP, Sidhu SS. Cephalometric analysis of changes produced by a modified Herbst appliance in the treatment of class II division 1 malocclusion. *Br J Orthod.* 1995; 22:1-12.

143. Silva Filho OG. Aparelho de Herbst – Variação para uso na dentadura mista. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial*. 2000; 5: 58-67.
144. Silva Filho OG, Freitas SF, Cavassan AO. Prevalência de oclusão normal e má oclusão na dentadura mista em escolares da cidade de Bauru. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 1989; 43: 287-90.
145. Silva Filho OG, Aiello CA, Fontes MV. Aparelho Herbst: protocolos de tratamento precoce e tardio. *Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2005; 10: 30-45.
146. Soumalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robison S, Pellota J. Accuracy of linear measurements using dental cone-beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008; 37: 10- 7.
147. Stewart J. Vetores e a geometria do espaço. In: Stewart J. *Cálculo*. 5. ed. São Paulo: Thomson Learning; 2007. p. 793- 4.
148. Strang G, Borre K. *Linear algebra, geodesy, and GPS*. Wellesley: Cambridge, Wellesley; 1997.
149. Sukovic P. Cone beam computed tomography in cranial imaging. *Orthod Craniofac Res*. 2003; 6 Suppl 1: 31-6; discussion 179-82.
150. Suri S, Utreja A, Khandelwal N, Mago SK. Craniofacial computerized tomography analysis of the midface of patient with repaired complete unilateral cleft lip and palate. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008; 134: 418-29.

151. Swennen GR, Schutyser F. Three-dimensional cephalometry :spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 130: 410-6.
152. Tsiklakis K, Syriopoulos K, Stamatakis HC. Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 33: 196-201.
153. Tyndall DA, Rathore S. Cone –beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. *Dent Clin North Am.* 2008; 52: 825-41.
154. Ursi W, McNamara JA, Martins, DR. Alteração clínica da face em crescimento: uma comparação cefalométrica entre os aparelhos extrabucal cervical, Fränkel e Herbst, no tratamento das classes II. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 1999; 4: 77-108.
155. Ursi WJS, McNamara JA Jr. Crescimento craniofacial em pacientes apresentando maloclusão de classe II e oclusão normal entre 10 anos e os 12 anos de idade. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 1997; 2: 49-59.
156. Valant JR, Sinclair P. Treatment effects of the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989; 95: 138-47.
157. Vigorito FA, Dominguez GC. Comparação dos efeitos dentoesceléticos decorrentes do tratamento em duas fases (com aparelho de Herbst e aparelho pré-ajustado) em adolescentes com retrognatismo mandibular. *Ortodontia SPO.* 2007; 40: 263-70.

158. Vigorito JW. Estudo comparativo de algumas características mandibulares em maloclusões de classe I e classe II, divisão 1 de Angle. *Rev Fac Odontol Univ São Paulo*. 1973; 11: 75-82.
159. Voudouris JC, Woodside DG, Altuna G, Kuftinec MM, Angelopoulos G, Bourque PJ. Condyle-fossa modifications and muscle interactions during Herbst treatment, part 1. New technological methods *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003; 123: 604-13.
160. Voudouris JC, Woodside DG, Altuna G, Angelopoulos G, Bourque PJ, Lacouture CY, et al. Condyle-fossa modifications and muscle interactions during Herbst treatment, Part 2. Results and conclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003; 124: 13-29.
161. White LW. Current Herbst appliance therapy. *J Clin Orthod*. 1994; 28: 296-309.
162. Wieslander L. Intensive treatment of severe Class II malocclusion with a headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1984; 86: 1-13.
163. Windmiller EC. The acylic splint Herbst appliance: a cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1993; 104: 73-84.
164. Wong GWK, So LLY, Hägg U. A comparative study of sagittal correction with the Herbst appliance in two ethical groups. *Eur J Orthod*. 1997; 19: 195-204.
165. You ZH, Fishman LS, Rosenblum RE, Subtelny JD. Dentoalveolar changes related to mandibular forward growth in untreated class II persons. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001; 120: 598-607.

166. Zhao Y, Nguyen M, Gohl E, Mah JK, Sameshima G, Enciso R. Oropharyngeal airway changes after rapid palatal expansion evaluated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137: S7: 1-8.

167. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002; 31: 126-30.

ANEXO

Anexo



APÊNDICE

Apêndice

Apêndice 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Fiz, _____, portador de RG nº _____, (idade), residente à Rua (Av.) _____, nº _____, na cidade de _____, Estado _____, autorizo a participação do menor _____ (idade), prontuário nº _____, pelo qual sou responsável como _____ (grau de parentesco), como voluntário na pesquisa intitulada: **"ESTUDO PROSPECTIVO TOMOGRÁFICO (TEBC) E RADIOGRÁFICO DE INDIVÍDUOS CLASSE II DIVISÃO 1ª DE ANGLE, TRATADOS COM APARELHO HERRST, APÓS SURTO DE CRESCIMENTO PUBERAL"**, tendo prof. _____ como pesquisador responsável. Declaro que o adolescente foi consultado e também concorda em participar. Sendo assim, declaro ainda que estou ciente de que:

1 - A má oclusão é a falta de encaixe dos dentes de cima e osso maxilar superior com os dentes de baixo e osso mandibular inferior. Nesta pesquisa serão tratados os pacientes que apresentam a má oclusão de Classe II divisão 1ª, ou seja, o osso mandibular da parte de baixo não teve capacidade de crescer adequadamente ("queixo" para trás).

2 - O tratamento proposto faz parte de uma pesquisa científica, onde será estudado um aparelho dentário chamado de Herbst. Mesmo o paciente usando corretamente o aparelho, o resultado obtido com o tratamento pode não ser satisfatório, devido à formação de cada indivíduo. Desta forma, poderá haver a necessidade de realização de outros tipos de tratamento. Além do tratamento proposto pela pesquisa, existem outras maneiras de tratar o mesmo problema, através de extrações dentárias ou cirurgia ortognática (cirurgia hospitalar), que é uma cirurgia feita na face para devolver a proporção ideal do osso superior com o inferior da boca. A extração de dentes permanentes é vantajosa por não precisar da colaboração do paciente quanto ao uso do aparelho, porém tem a desvantagem de não corrigir o problema ósseo. A outra opção de tratamento é a cirurgia ortognática, a qual tem a vantagem de não precisar da colaboração do paciente quanto ao uso do aparelho. No entanto, tem como desvantagem a necessidade de se esperar o paciente atingir a idade adulta para operar e o alto custo da cirurgia, além dos riscos inerentes de uma cirurgia hospitalar.

3 - O tratamento proposto tem como objetivo corrigir a estética, a função e a morfologia óssea (forma do osso). Esta pesquisa pretende estudar, se a melhora eventualmente conseguida com o tratamento ocorre por causa de mudanças ósseas (nos ossos), dentárias (nos dentes) ou ambas. Os procedimentos a serem realizados nos indivíduos serão: tomadas radiográficas e tomográficas, análise dos exames, tratamento ortopédico e acompanhamento clínico.

4 - Radiografias são necessárias para o planejamento de todo tratamento ortopédico e ortodôntico, e as tomadas radiográficas irão expor o paciente aos raios X. Sendo assim, para proteção do aparelho reprodutor, será utilizado um avental de chumbo cobrindo a região anterior e posterior do corpo. Para proteção da glândula tireoide, usar-se-á um colar de chumbo. Quando o tratamento ortopédico acabar, se for necessário, o paciente receberá tratamento com aparelho fixo para que os dentes fiquem melhor encastados.

5 - Fui esclarecido que caso não tome cuidado durante o uso do aparelho como, por exemplo: comer alimentos duros (ex: torresmo, amendoim, milho de pipoca, balas duras etc), poderá ocorrer a quebra deste com maior facilidade, o que pode levar a não correção da má oclusão que possuo.

6 - Após a instalação do aparelho, o paciente deverá retornar a clínica em intervalos de 3 a 4 semanas para acompanhamento clínico do tratamento.

7 - Se forem observados dentes que necessitem de tratamento restaurador ou de extração, o adolescente e os responsáveis serão devidamente orientados e auxiliados.

8 - A participação na pesquisa é voluntária, e os responsáveis legais podem desistir dela a qualquer momento, sem dar explicações sobre os motivos e ainda, sem comprometer qualquer tratamento do paciente na Faculdade de Odontologia FOAr-UNESP-Araraquara.

9 - Os responsáveis legais e o adolescente podem fazer perguntas ou solicitar esclarecimentos sobre quaisquer dúvidas antes e durante o desenvolvimento da pesquisa sobre a pesquisa, o tipo de aparelho utilizado, a maneira de usar, os cuidados com aparelho e a saúde bucal. Os pesquisadores se comprometem em proporcionar-lhes informações atualizadas, mesmo que estas afetem sua vontade em continuar participando da pesquisa.

Responsável pelo paciente

Paciente

Pesquisador Responsável

Apêndice 2

Valores individuais -Índice de Jarabak

paciente	Sexo	JARAB (T1)	JARAB (T2)
1	M	72.8	72.2
2	F	51.1	52.4
3	M	59.7	61.6
4	F	64.0	64.8
5	M	67.5	63.5
6	F	60.4	60.8
7	M	62.3	60.6
8	F	65.7	64.7
9	M	64.6	64.8
10	F	68.3	70.5
11	M	70.9	69.0
12	F	70.3	70.8
13	M	75.8	76.1
14	F	61.5	62.0
15	M	66.6	68.7
16	F	60.2	60.1
17	M	66.5	68.8
18	F	75.7	76.4
19	M	66.3	63.3
20	F	59.4	56.1
21	M	57.7	59.0
22	M	61.4	61.7
23	M	67	65.3
24	M	71.9	71.8

Apêndice 3

		Independent Samples Test						
		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means			
Ponto		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
P1 16	X alter	0.38	0.543	1.09	22	0.289	0.48	0.44
P2 16	X alter	1.30	0.267	0.91	22	0.370	0.38	0.41
P316	X alter	1.06	0.315	0.12	22	0.904	0.06	0.46
P1 26	X alter	5.07	0.035	-0.38	22	0.709	-0.14	0.36
P2 26	X alter	1.71	0.204	0.64	22	0.529	0.19	0.30
P3 26	X alter	0.23	0.638	0.86	22	0.402	0.35	0.41
P1 36	X alter	0.80	0.381	0.64	22	0.532	0.29	0.45
P2 36	X alter	0.16	0.689	0.85	22	0.403	0.34	0.40
P3 36	X alter	0.32	0.579	1.23	22	0.233	0.54	0.44
P1 46	X alter	0.14	0.717	-0.78	22	0.445	-0.36	0.46
P2 46	X alter	3.45	0.077	0.15	22	0.882	0.06	0.40
P3 46	X alter	0.96	0.337	0.64	22	0.527	0.38	0.59
P1 mand	X alter	0.18	0.680	0.77	22	0.449	0.29	0.38
P2 mand	X alter	0.34	0.568	0.86	22	0.401	0.32	0.37
P1 16	Y alter	0.01	0.947	0.41	22	0.688	0.21	0.50
terc m 1	Y alter	1.42	0.246	1.01	22	0.324	0.46	0.46
raiz 16	Y alter	0.07	0.794	0.01	22	0.994	0.00	0.53
cusp 26	Y alter	0.44	0.515	0.31	22	0.760	0.15	0.47
terc m 2	Y alter	1.49	0.235	0.80	22	0.430	0.39	0.49
raiz 26	Y alter	1.34	0.260	-0.52	22	0.611	-0.27	0.52
cusp 36	Y alter	0.30	0.590	-0.21	22	0.834	-0.13	0.62
terc m 3	Y alter	8.34	0.009	0.70	22	0.489	0.34	0.48
raiz 36	Y alter	1.68	0.208	0.34	22	0.740	0.18	0.53
cusp 46	Y alter	0.62	0.439	-0.72	22	0.479	-0.45	0.62
terc m 4	Y alter	1.71	0.205	-0.63	22	0.538	-0.31	0.49
raiz 46	Y alter	0.14	0.709	-0.05	22	0.962	-0.02	0.51
forame d	Y alter	0.03	0.861	0.63	22	0.535	0.32	0.51
forame e	Y alter	0.72	0.405	1.15	22	0.264	0.55	0.48
Pogonio	Y alter	0.88	0.359	1.14	22	0.269	0.72	0.63
cusp 16	Z alter	0.94	0.342	0.71	22	0.487	0.46	0.65
terc m 1	Z alter	0.03	0.854	0.83	22	0.417	0.49	0.59
raiz 16	Z alter	0.50	0.486	0.62	22	0.543	0.26	0.42
cusp 26	Z alter	0.19	0.666	0.81	22	0.428	0.56	0.69
terc m 2	Z alter	0.00	0.998	1.16	22	0.260	0.60	0.52
raiz 26	Z alter	0.05	0.823	0.35	22	0.730	0.15	0.44
cusp 36	Z alter	0.14	0.715	-1.14	22	0.268	-0.92	0.81
terc m 3	Z alter	0.28	0.605	-1.03	22	0.317	-0.81	0.79
raiz 36	Z alter	0.53	0.474	-1.70	22	0.103	-1.49	0.88
cusp 46	Z alter	0.39	0.541	-0.99	22	0.332	-0.84	0.84
terc m 4	Z alter	0.10	0.751	-0.62	22	0.543	-0.51	0.83
raiz 46	Z alter	0.75	0.396	-1.19	22	0.248	-1.03	0.86
forame d	Z alter	0.00	0.978	-1.29	22	0.210	-1.14	0.88
forame e	Z alter	0.16	0.696	-1.22	22	0.235	-1.16	0.95
Pogonio	Z alter	0.23	0.637	-0.97	22	0.343	-0.92	0.95

Valores calculados para idade e tempo entre as duas observações. Não apresentam significância estatística

Apêndice 4

Auxílio FAPESP n° Processo: 2010/17934-8.

Autorizo a reprodução deste trabalho.

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 14 de maio de 2012.

KÉLEI CRISTINA DE MATHIAS ALMEIDA