PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Patrícia de Souza Costa

# MUDANÇAS TRIDIMENSIONAIS DENTO-ESQUELETAIS DA MAXILA APÓS O USO DO APARELHO HERBST: um estudo piloto

Belo Horizonte
2015

Patrícia de Souza Costa

# MUDANÇAS TRIDIMENSIONAIS DENTO-ESQUELETAIS DA MAXILA APÓS O USO DO APARELHO HERBST: um estudo piloto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração: Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki

Belo Horizonte
2015

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Costa, Patrícia de Souza
C837m Mudanças tridimensionais dento-esqueletais da maxila após o uso do aparelho Herbst: um estudo piloto / Patrícia de Souza Costa. Belo Horizonte, 2015.
67 f. : il.

Orientador: Bernardo Quiroga Souki
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

1. Avanço mandibular. 2. Má oclusão de angle classe II. 3. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 4. Aparelhos ortodônticos. I. Souki, Bernardo Quiroga. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU 616.314-089.23

**Patrícia de Souza Costa**

# MUDANÇAS TRIDIMENSIONAIS DENTO-ESQUELETAIS DA MAXILA APÓS O USO DO APARELHO HERBST: um estudo piloto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de Concentração: Ortodontia.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:**

1- Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas – UFRJ
2- Prof. Dr. Ildeu Andrade Júnior – PUC Minas
3- Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki – PUC Minas

**DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 19 de novembro de 2015**

**A dissertação, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora**

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2016

Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki
**Orientador**

Prof. Dr. Martinho Campolina Rebello Horta
**Coordenador do Programa de Pós-graduação em Odontologia**

**Dedico esta conquista ao meu pai,**
**a minha maior inspiração.**
**Saudades eterna!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar durante essa caminhada e me dar forças para não desistir nos momentos mais difíceis.

Agradeço e dedico essa conquista ao meu pai, Levi. Meu maior exemplo de generosidade, humanidade, luta e trabalho. A vida o levou muito cedo, provavelmente por ter sido uma pessoa tão boa que cumpriu rápido demais a sua missão. O meu maior desejo era tê-lo aqui e comemorarmos juntos esse momento tão importante da minha vida. Pai, essa vitória é nossa! Se hoje estou aqui é porque você nunca mediu esforços e sempre tive uma grande pessoa a quem me espelhar. Que de hoje em diante eu consiga seguir seus exemplos e tenho certeza que lá de cima você estará me iluminando e guiando meus passos, assim como faria se estivesse aqui. Saudades eterna!

Agradeço a minha mãe, Janete, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões por mais difícil que isso fosse. Agradeço por abrir mão de tantas coisas para colocar a família em primeiro lugar. Agradeço pelo amor sem medidas, pela alegria que transmite e pela força que tem dentro de si para superar os maiores obstáculos da vida. Pela serenidade, humildade e amizade. Este trabalho é um reflexo de todo o apoio que você sempre me deu, de me permitir voar e poder agora retornar para casa e fazer valer a pena toda a minha ausência.

Agradeço ao meu afilhado, Cauã, pela alegria, pela inocência e por ter despertado em mim um amor que não se explica. Por nos fazer sorrir mesmo quando não há motivos. Agradeço por ter dado ao meu pai a alegria de ser avô e a mim a hora de ser madrinha.

Agradeço a minha irmã, Marina, por além de tudo ser a minha melhor amiga. Obrigada por poder contar sempre com seus conselhos, com sua torcida e animação. É muito bom ter alguém que me ouve sem julgar, que fica triste com a minha dor e que vibra comigo a cada vitória. Muito obrigada por ser tão presente na minha vida e por me oferecer o amor mais puro que um irmão pode dar com a amizade mais verdadeira que alguém pode ter.

Agradeço ao meu marido Paulo Henrique por ser meu ponto de equilíbrio, por tornar meus dias muito mais felizes, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos. Agradeço por abdicar de todos seus planos, sem hesitar, e assumir uma nova experiência pelo bem da minha família, que a tem como sua. Agradeço pela

compreensão da minha ausência e pela torcida pelo meu sucesso. Sou grata a Deus por ter casado com uma pessoa tão batalhadora, positiva e centrada. Tenho enorme orgulho de ter você ao meu lado e te amo muito.

Agradeço aos meus sogros, cunhados (as) e concunhados (as) por terem me acolhido com tanto carinho e pelo privilégio de participar desta família maravilhosa. Por toda amizade, preocupação e amor. Estendo os agradecimentos a toda família Moreira e Clementino.

Agradeço a todos os meus amigos que direta ou indiretamente contribuíram para esta conquista. Vocês alegram os meus dias e isso reflete em tudo que me proponho a fazer.

Agradeço a todos os professores do COP pelos ensinamentos e pela busca diária pela excelência. Obrigado por sempre exigirem de nós o máximo que podemos dar. Aprendemos com vocês muito mais que Ortodontia, aprendemos a ser profissionais no sentido mais amplo da palavra.

Agradeço em especial ao Professor Dauro e ao Professor Bernardo.

Agradeço ao Professor Dauro, por dirigir o curso com tamanha seriedade e profissionalismo. Obrigado pela busca constante em nos fornecer o melhor conteúdo, nos conduzir a sonhar alto e fazer por onde esse sonho se tornar realidade. Obrigado pelo apoio e compreensão nos momentos mais difíceis. Seu voto de confiança foi extremamente importante para que eu conseguisse seguir até o fim. Obrigada por tudo.

Agradeço ao Professor Bernardo, por ter tido a oportunidade de trabalhar tão intensamente sob sua orientação e pelo enorme conhecimento transmitido. Agradeço por todo tempo dedicado ao meu trabalho e pela disponibilidade e alegria ao ensinar. Sou muito grata pela força recebida no momento que mais precisei e por todos os exemplos de profissionalismo que pretendo seguir na minha carreira.

Agradeço a Paula Cheib, por toda ajuda durante o curso. Inicialmente com o atendimento aos pacientes da pesquisa, depois com a metodologia e por último na solidificação deste projeto. Obrigado pela paciência, apoio e pelos ensinamentos.

Agradeço aos meus colegas de turma, Alessandra, Gabriel, Juliana, Marcela, Márcia e Mariana pela amizade, convivência e todas as angústias e alegrias compartilhadas. Crescemos e aprendemos muito uns com os outros. Estarei torcendo pelo sucesso de vocês sempre.

Agradeço em especial às minhas queridas amigas Mariana e Marcela por todos os almoços, risadas e desabafos. Por viverem essa experiência comigo e torná-la o mais leve possível. Sinto que percorremos este caminho juntas, nos complementando e nos fortalecendo. Vocês poderão contar comigo sempre e a qualquer momento.

Agradeço a todos os funcionários da PUC. Obrigada pela prontidão e amizade.

Agradeço por fim a todos os pacientes pela confiança. Nossos livros não nos ensinaram que a maior fonte de aprendizado seria justamente vocês.

## RESUMO

As displasias ósseas de Classe II têm como principal fator etiológico a deficiência mandibular. Existem vários tipos de aparelhos ortopédicos destinados a tratar este tipo de má oclusão, dentre eles um que se destaca é o aparelho Herbst (AH). A maioria dos estudos que avaliaram os efeitos deste dispositivo descreveram com detalhes seus efeitos mandibulares, mas o número de investigações que avaliaram as mudanças ocorridas na maxila é bem menor. Até a presente data, a maioria dos estudos que relataram mudanças maxilares utilizaram imagens bidimensionais (2D) que, diferente das tomografias computadorizadas de feixes cônicos (TCFC), não oferecem alto grau de precisão para a identificação de referências anatômicas e eliminação das distorções peculiares dos métodos 2D. Assim, o objetivo deste projeto foi avaliar de maneira preliminar, por meio de TCFC as mudanças dento-esqueléticas na maxila de pacientes portadores de má oclusão de Classe II tratados com AH. A amostra foi composta por 12 indivíduos do grupo experimental (GAH) e 12 do grupo controle (GC) entre 12 e 16 anos de idade com má oclusão de Classe II divisão 1. Os pacientes foram submetidos à TCFC antes do início do tratamento (T0) e após oito meses de uso do AH (T1). Avaliações tridimensionais (3D) das mudanças ocorridas na maxila foram feitas após as superposições volumétricas em nível de *voxel* na fossa craniana anterior. Identificou-se que o AH não restringiu o crescimento da maxila no sentido ântero-posterior, mas que houve um deslocamento para baixo da porção anterior da maxila. Os incisivos superiores responderam da mesma forma à ação do AH. Os molares deslocaram-se para posterior, com inclinação distal de coroa mas não se observou uma intrusão. Conclui-se que o AH não teve associação com efeitos esqueletais significativos. Por outro lado, mudanças significativas no posicionamento sagital dos molares contribuíram para correção da má oclusão de Classe II nos pacientes tratados com AH.



**Palavras-chave:** Avanço mandibular. Má oclusão de Angle Classe II. Tomografia computadorizada de feixe cônico

## ABSTRACT

Mandibular deficiency is the major component of skeletal Class II malocclusion. There are several types of orthopedic devices designed to treat this type of malocclusion, but Herbst appliance (HA) is nowadays the most used device. Many studies on HA have described the mandibular effects, but just a few investigations assessed the changes in the maxilla. To date, all studies reporting maxillary dentoskeletal changes used two-dimensional images (2D) that, unlike Cone Beam Computed Tomography (CBCT), does not offer a high degree of accuracy for the identification of anatomical landmarks and elimination of the peculiar distortion of the 2D methods. The objective of this investigation was to perform a pilot CBCT assessment of the dental skeletal changes in the maxilla of patients with Class II malocclusion treated with HA. The sample consisted of 12 subjects in the experimental group (GHA) and 12 in the control group (CG), between 12 and 16 years of age, with Class II division 1 malocclusion. The patient had their CBCT acquired before the treatment (T0) and after eight months of the HA treatment (T1). Three-dimensional (3D) evaluation of the changes in the maxilla was performed following anterior cranial base volumetric superimposition with the accuracy of a *voxel*-wise based registration. It was found that the HA did not restrict the growth of the maxilla in the anteroposterior direction, but that there was a downward displacement of the anterior maxillary region, and of the upper incisors. Molars moved distally 1.2 mm with marked distal crown tipping (4.4 degrees). It was not observed the intrusion of molars. We conclude that, in this pilot study, HA had no association with significant maxillary skeletal changes. On the other hand, significant dental changes in the sagittal position of molars contributed to the correction of Class II malocclusion of the patients treated with the HA.



**Keywords:** Mandibular advancement. Malocclusion, Angle Class II malocclusion. Tomography, X-ray computed.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Design do aparelho Herbst.....29

**Figura 2:** Label maps e Modelo de superfície 3D em arquivo. vtk .....30

**Figura 3:** Orientação dos crânios. .....31

**Figura 4:** Tomografias sobrepostas antes da aproximação.....32

**Figura 5:** Tomografias sobrepostas após a aproximação**.**.....32

**Figura 6:** Registro em nível de voxels da base do crânio.....32

**Figura 7:** Identificação dos pontos de referência.....33

**Figura 8:** Método de superposição com semi-transparência dos modelos virtuais T0 e T1.....34

**Figura 9:** Mapa por código de cores.....34

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO ..... 21**
**1.1 Considerações iniciais ..... 21**
**1.2 Estado da arte ..... 21**

**2 OBJETIVOS ..... 25**
**2.1 Objetivos gerais ..... 25**
**2.2 Objetivos específicos ..... 25**

**3 MATERIAL E MÉTODOS ..... 27**
**3.1 Amostra ..... 27**
**3.2 Protocolo de instalação e ativação do aparelho ..... 28**
**3.3 Aquisição de imagens ..... 29**
**3.4 Análise de imagens ..... 29**
**3.5 Análise estatística ..... 36**

**4 ARTIGO ..... 37**

**5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 57**

**REFERÊNCIAS ..... 59**

**ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ..... 61**

**ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da PUC Minas ..... 65**

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

Em março de 2013 o corpo docente permanente do Programa de Pós-graduação em Ortodontia da PUC Minas (Professores Dauro Douglas Oliveira, Bernardo Quiroga Souki e Ildeu Andrade Jr.) iniciou um projeto de pesquisa para a avaliação dos efeitos esqueléticos e dentários do aparelho Herbst (AH). Sob a coordenação do Professor Bernardo Souki, desenhou-se então um estudo clínico prospectivo controlado não randomizado. Esse projeto longitudinal envolverá ao longo de vários anos uma sequencia de alunos da PUC Minas em nível de Graduação, Mestrado e Doutorado e algumas dezenas de pacientes que buscam tratamento nesta instituição. Este projeto envolve parcerias com um serviço privado de radiologia (Life Imagem Ltda) e com o Laboratório de Imagens da Universidade de Michigan (Dental and Craniofacial Bionetwork for Image Analysis – DCBIA), além de ter sido agraciado com um financiamento parcial pelo Fundo de Investimento à Pesquisa (FIP) da PUC Minas em 2014.

As mudanças no posicionamento condilar imediatamente após a instalação desse aparelho foram avaliadas em uma dissertação da Mestranda Paula Vilefort em 2014. Já as mudanças dento-esqueléticas na mandíbula foram recentemente estudadas por uma equipe de colaboradores associados ao DCBIA, estando o artigo em fase de submissão inicial. Nesse trabalho aqui apresentado, o objetivo geral está sendo a avaliação preliminar das mudanças dentárias e esqueléticas na maxila 8 meses após o uso do AH.

## 1.2 Estado da arte

As displasias ósseas de Classe II têm predominantemente a deficiência mandibular como fator etiológico mais importante (McNAMARA JUNIOR, 1981). Vários tipos de aparelhos ortopédicos funcionais têm sido sugeridos para o tratamento dos pacientes com este tipo de má oclusão. De um modo geral, qualquer aparelho funcional concebido para corrigir uma má oclusão de Classe II tem algum componente que produz alterações na posição da mandíbula. O AH destaca-se entre estes dispositivos, sendo o aparelho ortopédico mais utilizado nos Estados

Unidos atualmente (SILVA et al., 2015). O seu mecanismo se baseia na manutenção da mandíbula em posição protruída ao longo do período de tratamento (McNAMARA JUNIOR; HOWE; DISCHINGER, 1990). A eficiência do aparelho ortopédico Herbst no tratamento da Classe II é bem documentada (PANCHERZ, 1979; PANCHERZ, 1981; PANCHERZ; FISCHER, 2003). Algumas vantagens inerentes a este aparelho são: independência da cooperação do paciente; mínima interferência com a fala e com a estética; facilidade de confecção, ativação e boa aceitação pelos pacientes (NAHÁS et al., 2008).

Algumas pesquisas avaliaram os efeitos maxilares, tanto dentários como esqueléticos, provocados pelo AH (HÄGG; DU; RABIE, 2002; HANSEN, 2003; VanLAECKEN et al., 2006; BARNETT et al., 2008). Há uma concordância na literatura quanto às alterações provocadas nos componentes dento-alveolares maxilares. Tem-se relatos que os incisivos superiores foram retruídos e lingualizados (ALMEIDA et al., 2006; NAHÁS et al., 2008). Os molares superiores foram inclinados para a distal (SILVA FILHO; AIELLO; FONTES, 2005; NAHÁS et al., 2008) e tiveram sua irrupção restringida no sentido inferior (ALMEIDA et al., 2006; BARNETT et al., 2008; HAGG et al., 2008; NAHÁS et al., 2008). Porém, a capacidade do AH causar efeitos esqueléticos ainda é tema de debate na literatura. Alguns estudos relataram que o AH não induziu uma restrição do crescimento alveolar (NAHÁS et al., 2008; BARNETT et al., 2008). Outros trabalhos discordam com estes resultados e relatam que o tratamento com o AH provocou uma restrição no comprimento maxilar (SILVA FILHO; AIELLO; FONTES, 2005; Van LAECKEN et al., 2006) e no seu deslocamento para frente (Van LAECKEN et al., 2006).

Até o presente momento, todos os estudos que avaliaram as mudanças maxilares após o uso do AH foram baseados em exames utilizando imagens bi-dimensionais (2D) como radiografias cefalométricas em norma lateral da face (SILVA FILHO; AIELLO; FONTES, 2005; ALMEIDA et al., 2006; VanLAECKEN et al., 2006; BARNETT et al., 2008; NAHÁS et al., 2008). Tais métodos de registro estão sujeitos às limitações operacionais como magnificação da imagem, sobreposição de estruturas ósseas, distorções, posição errada do paciente no momento da tomada radiográfica, e viés do examinador ao sobrepor duas imagens em tempos diferentes. Dessa maneira, as medidas lineares e angulares em 2D não explicam o complexo processo tridimensional (3D) de remodelação óssea e também podem ser

responsáveis pelas discordâncias existentes na literatura sobre os efeitos esqueléticos do tratamento com o uso do AH (LeCORNU et al., 2013).

Assim, duas questões clínicas à respeito dos efeitos do AH sobre a maxila precisam ser melhor exploradas: (1) O AH induz de fato uma restrição do crescimento maxilar, causando um deslocamento para trás do complexo naso-maxilar? (2) Quais são as alterações 3D dentárias e esqueléticas produzidas pelo AH?

O surgimento e aumento na acessibilidade das TCFC e a redução das doses de radiação nos equipamentos mais modernos representam a abertura de novas perspectivas nas investigações sobre o tema (SMITH; PARK; CEDERBERG, 2011). Atualmente, a construção e superposição de modelos virtuais 3D permite uma avaliação real do deslocamento sofrido pela maxila após a inserção do AH tanto qualitativamente como quantitativamente (LeCORNU et al., 2013).

Através de superposições volumétricas de TCFC é possível avaliar mudanças esqueléticas causadas por tratamentos e/ou crescimento facial. Por meio de um método que não depende de pontos de referências ou planos é possível calcular a rotação e a translação entre duas imagens de tempos diferentes, bem como a medição de distâncias entre pontos e superfícies nos modelos virtuais (CEVIDANES; STYNER; PROFFIT, 2006; CEVIDANES et al., 2009; BORGES, 2014). Sendo assim novos estudos utilizando TCFC para avaliar as mudanças maxilares após o uso do AH podem contribuir com um melhor entendimento do que acontece durante este tipo de terapia.

Modelagem virtual 3D é conseguida pelo desenvolvimento de uma representação matemática de estruturas 3D por meio de programas especializados de computador. Os modelos podem ser criados automaticamente ou manualmente. Modelos virtuais 3D representam um objeto ou estrutura anatômica usando uma coleção de pontos no espaço, conectados por várias formas geométricas como triângulos, linhas e curvas.

Sendo assim, esse estudo tem a intenção de realizar um estudo piloto para avaliação da metodologia 3D com superposição volumétrica na fossa craniana anterior, das mudanças dento-esqueletais maxilares, testando as hipóteses nulas que o AH não tem ação sobre o crescimento maxilar e sobre as dentições.

# 2 OBJETIVOS

## 2.1 Objetivos gerais

Avaliar de forma preliminar, por meio de TCFC as mudanças dento-esqueléticas maxilares 8 meses após o uso do AH;

## 2.2 Objetivos específicos

a) Mensurar, 8 meses após a instalação do AH, o deslocamento total (3D) da maxila;
b) Mensurar, 8 meses após a instalação do AH, o deslocamento linear (2D) horizontal, vertical e lateral da maxila nos planos X, Y e Z;
c) Mensurar, 8 meses após a instalação do AH, o deslocamento total (3D) dos incisivos superiores;
d) Mensurar, 8 meses após a instalação do AH, o deslocamento linear (2D) horizontal, vertical e lateral dos incisivos superiores nos planos X, Y e Z;
e) Mensurar, 8 meses após a instalação do AH, o deslocamento total (3D) dos primeiros molares superiores;
f) Mensurar, 8 meses após a instalação do AH, o deslocamento linear (2D) horizontal, vertical e lateral dos molares superiores nos planos X, Y e Z;

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 Amostra

Esse estudo é classificado como um estudo clínico prospectivo controlado não randomizado e foi submetido e aprovado pelo Comitê de ética e pesquisa em humanos da PUC Minas sob o número CAAE 21534013.8.5137 (ANEXO B). Esta amostra faz parte de um estudo em andamento na PUC Minas sobre os efeitos dento-esqueléticos do AH. A amostra total é composta de 50 pacientes, selecionados e tratados a partir do processo de triagem para o tratamento ortodôntico na Clínica do Curso de Mestrado desta instituição. Todos os pacientes atenderam aos critérios de inclusão e seleção da amostra.

Para o estudo dos efeitos maxilares, o cálculo amostral baseou-se no valor do desvio-padrão apresentado por Pancherz e Hansen (1986) em relação ao objetivo primário deste projeto que foi o deslocamento sagital da maxila. Considerando um desvio-padrão de 0,9mm, um nível de significância alfa de 0,05 e beta de 0,2 para alcançar um poder de 80% para detectar mudanças do posicionamento maxilar de 1mm após o tratamento com o AH, encontrou-se que cada grupo precisaria ter 23 indivíduos.

Para este estudo piloto, os primeiros 12 pacientes que apresentaram má oclusão de Classe II esquelética no processo de triagem na Clínica de Ortodontia da PUC Minas e que foram tratados com o AH (GAH), bem como os 12 pacientes que tinham indicação de receber terapia com o AH, mas que antes precisariam de descompensação dentária (GC) foram incluídos na amostra.

Os critérios de inclusão foram:

a) faixa etária entre 12 e 16 anos;
b) presença de má oclusão de Classe II com retrognatismo mandibular identificado pela indicação clínica de avanço terapêutico da mandíbula;
c) perfil facial convexo;
d) apresentar dentadura permanente completa;
e) estágio de maturação esquelética avaliado pelo método das vértebras cervicais (entre CS2 e CS5).

Os critérios de exclusão foram:

a) portadores de síndromes, fissuras, deformidades dentofaciais;
b) portadores de disfunção temporomandibular;
c) indivíduos que foram submetidos a tratamento ortodôntico prévio onde foi utilizado Aparelho Extra Bucal e/ou ativadores mandibulares;
d) indivíduos que não concordaram com o termo de consentimento livre e esclarecido.

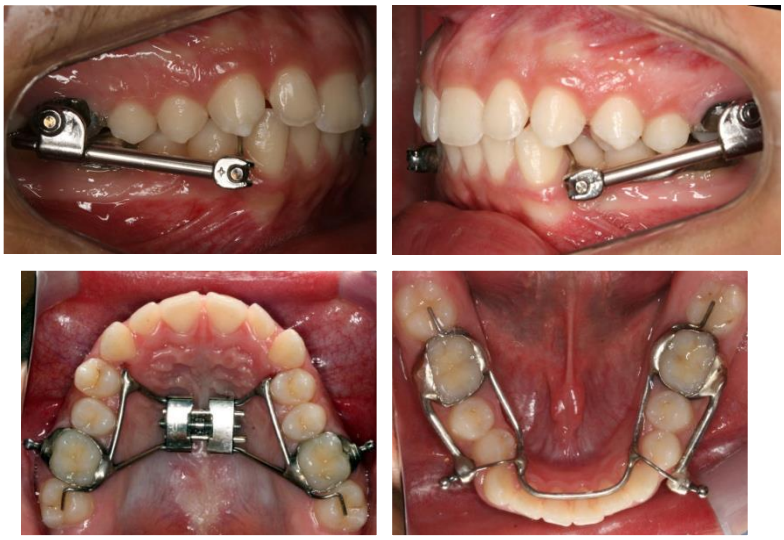
Os 12 indivíduos do GC, além das condições descritas anteriormente, tinham a necessidade de usar aparelhos ortodônticos parciais no arco superior para a descompensação com alinhamento e nivelamento dentário.

### 3.2 Protocolo de instalação e ativação do aparelho

Os primeiros molares superiores e inferiores foram bandados utilizando bandas ortodônticas da marca TP Orthodontics (La Porte, Estados Unidos). O sistema de telescópios do AH foi da marca Abzil (São José do Rio Preto, São Paulo). Na arcada maxilar foi instalado um aparelho expansor tipo Hyrax da marca Morelli (Sorocaba, São Paulo) e na arcada mandibular foi feita a instalação de um arco lingual de Nance com fio de aço 1,0mm para oferecer maior resistência e estabilidade ao sistema. Um fio 0,7mm de aço na oclusal dos 4 segundos molares foi acoplado ao sistema para evitar a extrusão desses dentes. A cimentação dos anéis foi feita com cimento resinoso dual da marca 3M (Campinas, São Paulo) (Fig. 1).

O aparelho expansor tipo Hyrax foi ativado somente em casos que houve necessidade de correção transversal e isso foi feito antes da ativação sagital com os telescópios. A ativação sagital ocorreu, em todos os casos, em tempo único, objetivando obter Classe I de caninos e não levando em consideração a eliminação total do trespasse horizontal.

**Figura 1: *Design* do aparelho Herbst**



**Fonte: Elaborada pela autora**

### 3.3 Aquisição de imagens

TCFC de todos os pacientes foram obtidas pelo tomógrafo i-CAT (Imaging Sciences International Hatfield, Pennsylvania, Estados Unidos) com FOV de 23cm x 17cm (crânio estendido), *voxel* de 0,3 x 0,3 x 0,3 mm, 36.90mA, 120 kV e tempo de exposição de 40 segundos. Considerando que para a certificação de que os dentes se encontravam em máxima intercuspidação habitual no momento da aquisição tomográfica e que para a avaliação esquelética facial o FOV (*Field of View)* precisa ser grande (crânio estendido), o uso da TCFC está bem indicado.

No GAH, os exames foram realizados antes da instalação do AH (T0) e depois de 8 meses de tratamento (T1). No GC, os exames foram realizados no início do estudo (T0) e oito meses mais tarde (T1). Todos os pacientes foram instruídos a morder em oclusão cêntrica durante a aquisição do *scan*.

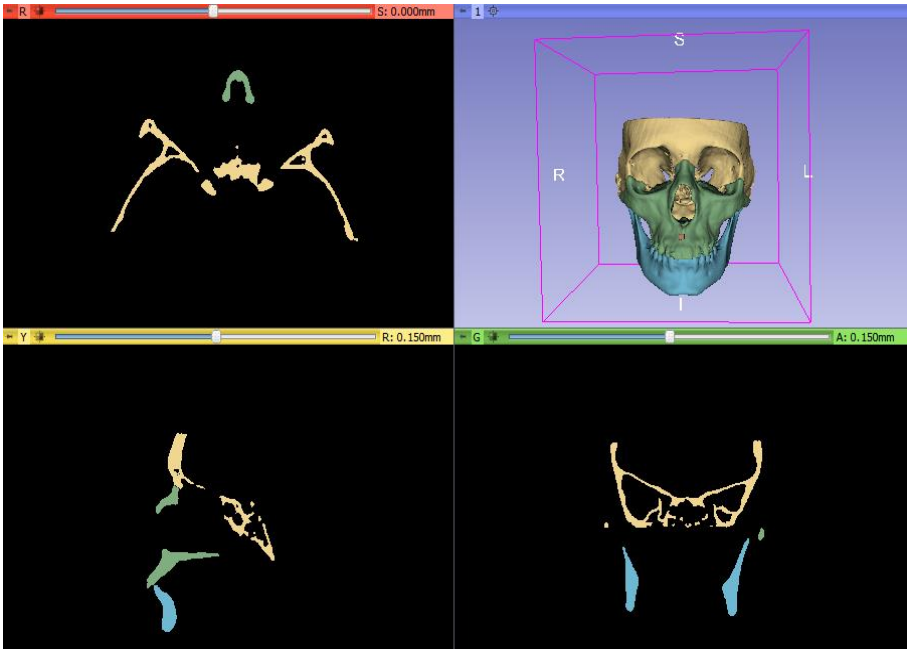
### 3.4 Análise de imagens

Modelos virtuais tridimensionais construídos a partir das TCFC, permitiram mensurar as mudanças entre T0 e T1. O processamento das TCFC e dos modelos virtuais foi feito através dos *softwares* gratuitos ITK-SNAP (*software* gratuito, www.itksnap.org) e Slicer (*software* gratuito, www.slicer.org).

Os procedimentos de análise de imagens 3D incluem 6 etapas: a) construção de modelos de superfície 3D; b) orientação dos modelos 3D nos planos cartesianos; c) aproximação manual e posterior registro volumétrico automatizado das tomografias e dos *label maps,* baseando-se em tons de cinza dos *voxels* (superposição 3D) da base do crânio; d) identificação dos pontos de referência (*landmarks*); e e) avaliações quantitativas e qualitativas, utilizando medidas ponto-a-ponto e modelos virtuais 3D.

a) ***Construção de modelos de superfície 3D –*** *Label maps* foram construídos utilizando um método automatizado de segmentação pela ferramenta *Intensity Segmenter* no Slicer 4.4. Ajustes e recortes dos *label maps* foram feitos no ITK-SNAP 2.2. Modelos de superfície 3D em arquivos ".vtk" foram então construídos usando a ferramenta *Model maker* do Slicer 4.4. A figura 2 ilustra a construção de *label maps* e de um modelo virtual 3D no Slicer 4.4.

**Figura 2: *Label maps* e Modelo de superfície 3D em arquivo. vtk (*Software* Slicer).**

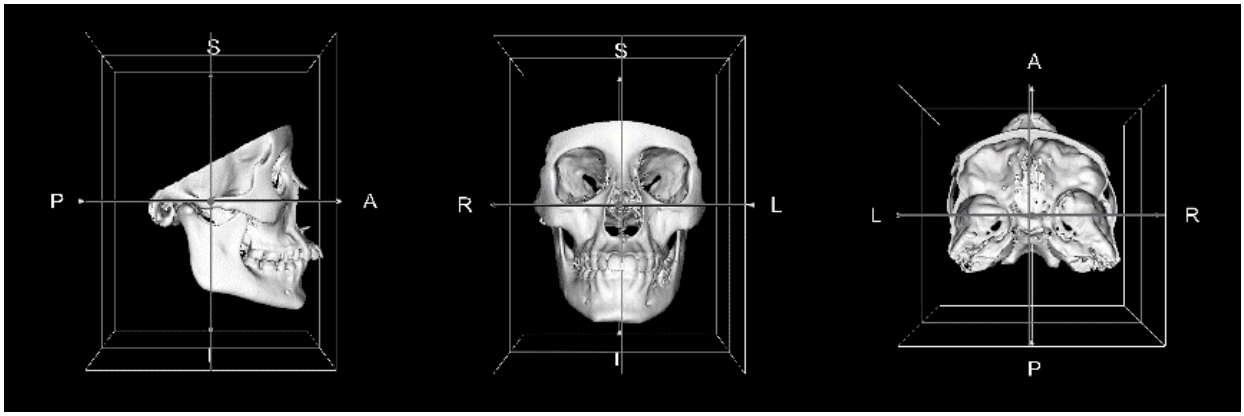



**Fonte: Elaborada pela autora.**

b) ***Orientação dos crânios –*** Para comparar os dados longitudinais no mesmo sistema de coordenadas, os modelos de superfície virtuais foram

espacialmente posicionados usando planos de referência padronizados para cada paciente: o plano axial foi posicionado sobre o *Pórion* dos lados direito e esquerdo, assim como as órbitas direita e esquerda, ou os seus pontos médios; o plano sagital foi posicionado sobre a *crista galli* e sobre o ponto médio da curvatura anterior do forame magno; e o plano coronal tangenciou o limite posterior do turbéculo anterior da sela (Fig. 3). Todos os modelos T0 e T1, tanto do grupo GAH e quanto do grupo CG, foram orientados nesses planos de referência padronizados.

**Figura 3: Orientação dos crânios (*Software* Slicer).**

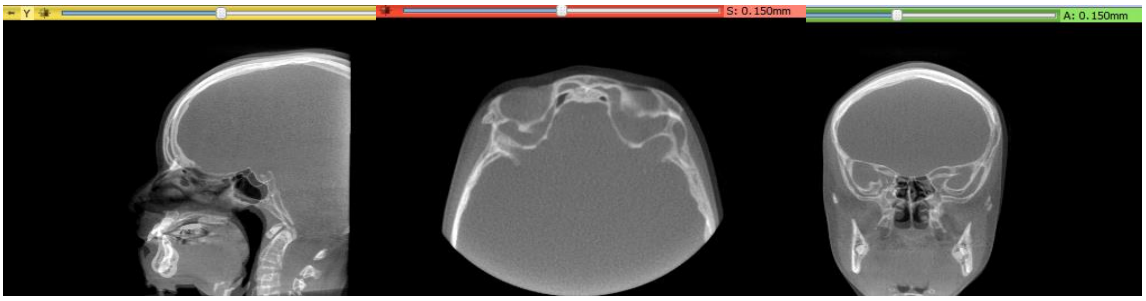



**Fonte: Elaborada pela autora.**

c) ***Aproximação manual e posterior registro volumétrico automatizado das tomografias e dos label maps –*** A sobreposição 3D consiste em dois passos (Slicer 4.3): a) aproximação manual dos *scans* e b) registo volumétrico automatizado. As TCFC em T1 foram manualmente aproximadas (*best-fit*) em relação à TCFC em T0 nas vistas sagital, axial e coronal. (Figs. 4 e 5). Os scans T0 e T1 foram aproximados tendo como referência a fossa anterior do crânio. A "máscara" da fossa craniana anterior de T1 foi gerada, especificamente nas superfícies endocranianas da região da lâmina crivosa do osso etmóide e na superfície interna do osso frontal. Estas regiões foram escolhidas devido à sua precoce finalização de crescimento. A máscara de T1 determina para o *software* Slicer 4.3 qual a região de *voxel* em escalas de cinza de T0 que será usada para o registro volumétrico. O *software* fornece um registro

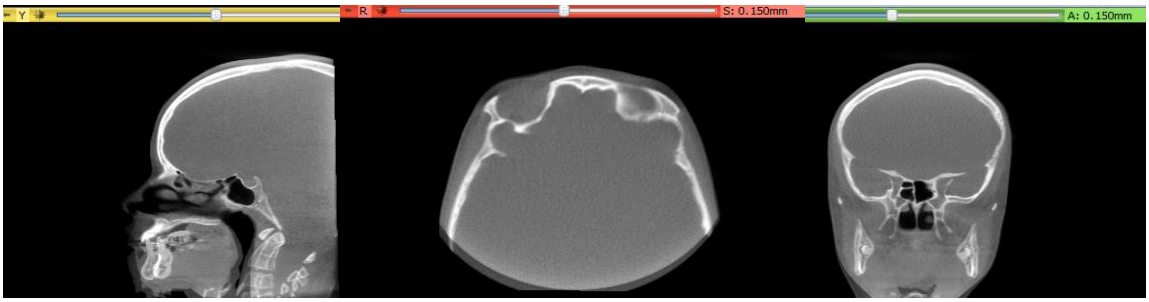
totalmente automatizado baseado em *voxel* (translação e rotação) que alinha com precisão as TCFC T0 e T1 através dos tons de cinza de cada voxel (Fig. 6). Consegue-se assim um ajuste fino na superposição das TCFC, já anteriormente iniciada pela aproximação manual. Evita-se com o registro automático os erros inerentes às limitações humanas como operador.

**Figura 4: Tomografias sobrepostas antes da aproximação (*Software* Slicer).**



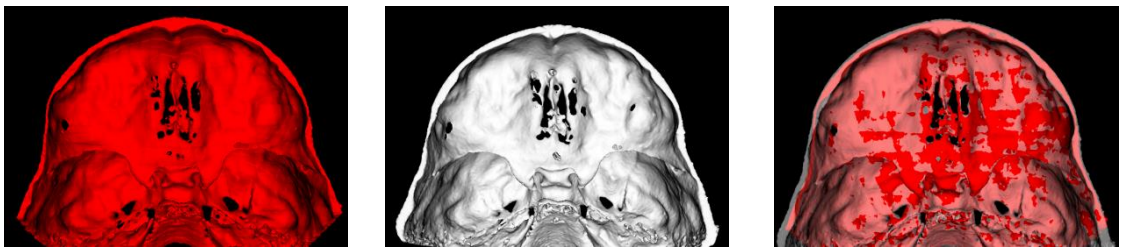

**Fonte: Elaborada pela autora.**

**Figura 5: Tomografias sobrepostas após a aproximação (*Software* Slicer 4.3).**




**Fonte: Elaborada pela autora.**

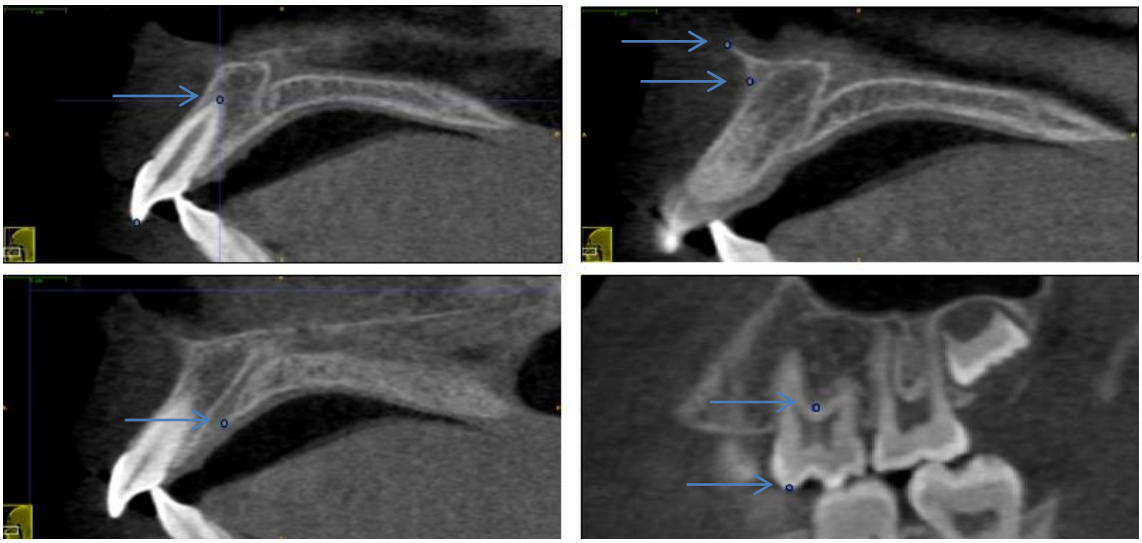
**Figura 6: Registro em nível de *voxels* da base do crânio T0. A) T0; B) T1; C) registro de T1 em T0.**



**Fonte: Elaborada pela autora.**

d) ***Identificação dos pontos de referência*** **–** Pontos de referência (*landmarks*) foram colocados na cor azul (Fig. 7) sobre: 1) a ponta da cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior direito permanente; 2) na região de furca do mesmo molar; 3) no ponto médio da borda incisal do incisivo central superiror direito permanente; 4) no ápice da raiz do mesmo incisivo; 5) na espinha nasal anterior; 6) no ponto A; e 7) no ponto médio mais distal do forame incisivo também receberam estes marcos. Esta etapa de identificação dos *landmarks* diretamente sobre os *scans* ao invés de sobre os modelos 3D propriamente ditos, reduz erros de identificação dos pontos de referência dentários.

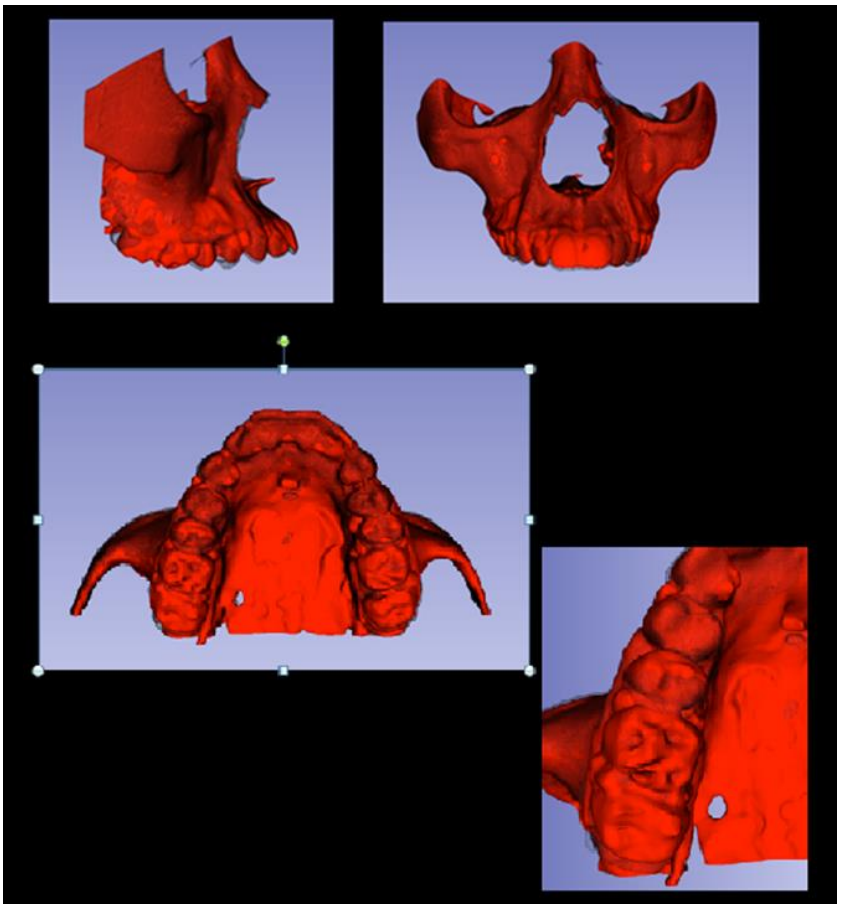
**Figura 7: Identificação dos pontos de referência (*Software ITK SNAP 2.2.*).**



**Fonte: Elaborada pela autora.**

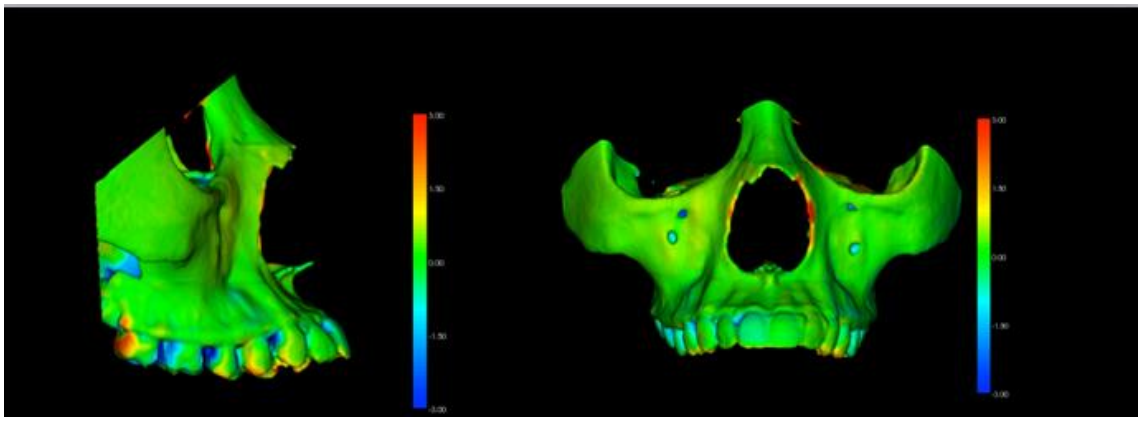
e) ***Avaliações quantitativas e qualitativas, utilizando modelos de superfície 3D*** **–** A avaliação quantitativa do deslocamento dentário e da maxila foi realizada através da medição das mudanças das distâncias ponto-a-ponto. Avaliações qualitativas do crescimento e do deslocamento maxilar foram feitas utilizando a técnica de superposição com semi-transparência (Fig. 8) e mapas por códigos de cor pelo método de *closest-point* dos modelos virtuais T0 e T1 através do *software* Slicer 4.4 (Fig. 9).

**Figura 8: Método de superposição com semi-transparência dos modelos virtuais T0 e T1**



**Fonte: Elaborada pela autora.**

**Figura 9: Mapa por código de cores**



**Fonte: Elaborada pela autora.**

- ✓ **Medições quantitativas do deslocamento maxilar em relação à base craniana -** A avaliação do deslocamento maxilar foi realizada pela diferença de posicionamento espacial dos modelos T0 e T1 registados na base do crânio, utilizando-se a ferramenta Q3DC no Slicer 4.4. Três pontos de referência foram identificados na região anterior maxilar como referência esquelética: (1) Ponto mais anterior da Espinha Nasal Anterior (ENA); (2) Ponto A (PA); e (3) Ponto do Forame Incisivo (FI). A ENA foi definida como o ponto mais anterior da maxila após analisadas todas as secções dos *scans* em visão sagital. O Ponto A foi definido como o ponto mais profundo na concavidade que vai da espinha nasal anterior até o rebordo alveolar no mesmo corte sagital que havia sido identificada a ENA. O FI foi definido como o ponto mais posterior e inferior da tábua óssea que circunda o forame incisivo. Foi localizado através da varredura multiplanar no primeiro corte sagital em que o canal incisivo era localizado. A projeção linear multiplanar 2D do deslocamento maxilar entre T0 e T1, decomposta em coordenadas cartesianas (X, Y, Z) de ENA, PA e FI foram usadas para avaliar as mudanças associadas ao uso do AH. A projeção do deslocamento linear 2D posterior-anterior (Δy) e inferior-superior (ΔZ) 2D de ENA, PA e FI de T0 para T1 foram medidos no plano sagital (YZ). A projeção do deslocamento linear 2D medial-lateral (ΔX) foi medido no plano axial (XY).

- ✓ **Mudanças no posicionamento dentário -** As medições das alterações dentárias nos três planos do espaço (projeções dos planos X, Y, Z) bem como o movimento resultante 3D (deslocamento Euclidiano), foram realizadas nas maxilas registradas e sobrepostas utilizando a ferramenta Q3DC (Slicer 4.4). Os pontos de referência dentários identificados foram (1) cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior direito permanente (C1M); (2) região de furca do primeiro molar superior direito permanente (F1M); (3) ponto médio da borda incisal do incisivo central superior direito (IIC) e (4) ápice da raiz do incisivo

central superior direito (AIC). O cálculo do deslocamento dos pontos entre T0 e T1 foi realizado da mesma forma que a descrita anteriormente para os pontos ENA, PA e FI. Como o registro foi feito em relação à base craniana, para o cálculo do deslocamento efetivo líquido dos dentes dentro da maxila, foi feito o cálculo da diferença entre o deslocamento maxilar e o dentário, conforme preconizado por Baysal e Uysal (2014).

### 3.5 Análise estatística

A análise dos dados foi feita por meio do aplicativo SPSS (versão 20.0; SPSS, Chicago, IL). A verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade foi feita por meio dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. Diante da confirmação da distribuição normal e da mesma variância, foi utilizado o teste t para amostras independentes para as comparações entre os valores médios de GAH e GC. Estabeleceu-se o nível de significância de 5%.

## 4 ARTIGO

**Mudanças tridimendionais dento-esquelatais da maxilla após o uso do aparelho Herbst: estudo piloto**

Artigo preparado dentro das normas do periódico Angle Orthodontist (Qualis A2).

Normas para submissão de artigos podem ser visualizadas no endereço eletrônico: http://www.angle.org/page/submit

# Dentoskeletal tridimensional changes of the maxilla after the use of Herbst appliance: a pilot study

Patrícia de Souza Costa[a]; Lucia Helena Soares Cevidanes[b]; Paula Loureiro Cheib[c]; Marilia Sayako Yatabe[d]; Ildeu Andrade Junior[e]; Dauro Douglas Oliveira[e]; Antonio Carlos de Oliveira Ruellas[f]; Lorenzo Franchi[g]; Tung Nguyen[h]; James A. McNamara Jr[i;] Bernardo Quiroga Souki[e]

[a] DDS, Resident in Orthodontics, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.
[b] DDS, MSD, PhD, Assistant Professor in Orthodontics, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, USA.
[c] DDS, MsD, PhD student, Graduate Program in Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.
[d] DDS, MsD, PhD student, University of São Paulo, Bauru, Brazil.
[e] DDS, MSD, PhD, Associated Professor of Orthodontics, Graduate Program in Orthodontics , Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.
[f] DDS, MSD, PhD, Associated Professor of Orthodontics, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. Research Fellow, University of Michigan, Ann Arbor, USA. CNPq Researcher.
[g] DDS, PhD, Associated Professor in Orthodontics, University of Florence, Italy.
[h] DDS, MSD, PhD, Associated Professor in Orthodontics, University of North Carolina, Chapel Hill, United States.
[i]DDS, MsD, PhD, Professor of Orthodontics, University of Michigan, Ann Arbor, USA.

**Mailing address:**

Bernardo Quiroga Souki

500, Avenida Dom José Gaspar – Coração Eucarístico

Belo Horizonte – MG – Brazil ZIP CODE. 30535-901

Telephone: +55 31 3319-4414

Email: souki.bhe@terra.com.br

**ABSTRACT**

**Aim:** This article aimed at assessing the dental and skeletal changes associated with the use of Herbst appliance (HA). **Materials and Methods**: 3D virtual models from 24 patients were generated from cone-beam computed tomography (CBCT). Twelve patients had received treatment with the HA for 8 months and they were allocated in the treatment group, while the other 12 patients received only alignment and leveling of the upper incisors and they were allocated in the comparison group. The CBCT were acquired by the time the orthodontic treatment was starting (T0) and after the treatment with the HA (T1). For the comparison group, the T1 exam was taken 8 months after the T0. Point-to-point measurements, maps encoded by colors combined with semitransparent overlays provided quantitative and qualitative analysis, respectively. Statistical tests have included the normality and homocedasticity assumptions inspection, as well as the t test for all the independent samples. **Results:** There was no maxillary growth restriction on the anteroposterior direction, however, the anterior portion of the maxilla from the Herbst group moved further down with maxillary clockwise rotation. The upper incisors answered the same way to the stimuli caused by HA. The molars suffered a displacement of 1.2mm to the posterior with marked inclination to the distal (4.4 degrees). There was no molars intrusion. Conclusion: There was no jaw growth restriction, however, the dental effects contributed to the correction of Class II oclusal relation.

**KEYWORDS:** Mandibular advancement; Angle Classe II malocclusion; Computed Tomography.

## INTRODUTION

The skeletal Class II malocclusion is highly prevalent worldwide[1,2] and the jaw deficiency is the main etiological factor among Class II[3] individuals. Removable and fixed orthodontic functional appliances were proposed, during the last decades aiming at the jaw advancement and improvement of the facial balance of growing patients having Class II malocclusion and jaw[4] deficiency. Due to the poor patients' compliance to the removable functional appliances, the fixed functional activators, as the Herbst appliance (HA), became popular in several countries[5,6] and nowadays it is the most widely used orthopedic appliance in the United States for Class II[7] malocclusion correcting. Many notable scientific efforts have already been applied in order to understand the biological effects of such appliances[8,9]. However, due to HA action mechanism function being facing to the jaw, the literature is rich in studies on dental and skeletal effects of this appliance on this arch, but fewer reports are available about the HA effects on jaw, despite the experts on functional orthopedic correction believe that que maxillary effects overcome the mandibular ones[10].

The findings about HA dentoskeletal effects were, essentially, based on analysis of two-dimensional analysis[1-17]. Such recording method, however, are subjected to operational limitations as bone structures overlap, examiner distortions and bias by the time overlaping two images in different times.[18]

By the CBCT's superpositions, it is possible to assess the three-dimensional (3D) skeletal changes caused by treatments and/or facial growth. By means of a method which does not depend on reference points or plans it is possible to calculate the rotation and the translation between two images in two times, as well as the measurement of distances among points and virtual models.[19-21] Le Cornu et al.[18] (2013), by means of a 3D study, found a significant restriction of the maxillary growth after the use of HA, in a sample of 7 patients, comparatively to a group of users of Class II elastic.

Therefore, this work aims at assessing by means of CBCT the maxillary dento-skeletal changes in a greater sample composed by children treated with HA, having as a comparision group the same number of patients with Class II malocclusion who haven't received forces with inter-arches components.

## MATERIALS AND METHODS

The trial protocol used in this prospective study was approved by the Ethics Committee of Pontifical Catholic of Minas Gerais in Belo Horizonte, Brazil (#

21534013.8.5137). The sample calculation was based on the standard deviation value (0,9mm) presented by Pancherz and Hansen[22] (1986) and related to the primary aim of this study which was the jaw sagittal skeletal displacement. When considering significance levels α of 0,05 and β of 0,2 to reach a power of 80% in order to detect changes of the maxillary positioning greater than 1mm after the treatment with HA, it was found that in each group would be necessary 23 individuals.

The design of this pilot study was composed by 12 patients with skeletal Class II malocclusion, in pubertal stage. The first 12 patients presenting the skeletal Class II malocclusion, and which do not present other treatment necessities, were included in the Herbst appliance group (HAG). The patients were considered eligible for this study by the time they were: 1) at the permanent denture; 2) puberty chronological age (between 12 and 16 years old); 3) present a Class II division 1 malocclusion featured by the whole relation of pre-molar and canines Class II, and at least 4mm sagittal discrepancy to reach a Class I relation; 4) facial aspect of mandibular retrusion.[23]

Other 12 individuals, which also have present the conditions described above, but with other necessities of treatment, such as the presence of dentigerous cyst, restorative dentistry, or maxillary partial orthodontic appliances necessity for decompensation with teeth aligning and leveling, were therefore, designated for the comparison group (CG).

**Design of the Herbst appliance**

The HA has included bilateral telescope apparatus (3M Abzil, São José do Rio Preto, Brazil) articulated in abutments which were settled up on both upper and lower arcade. The abutments were welded to a rigid cantilever wire (040” stainless steel) stretched from the first lower permanent molars (TP Orthodontics, La Porte, IN) up to the canines region, and on the upper arch, on the first permanent molar.

An Hyrax expander (Morelli Ortodontia, Sorocaba, Brazil) and a lingual lower arch were added to the HA structure in order to improve the stability and the appliance transversal control. Steel wires (0,7mm) were used as occlusal rest on the second permanent molars to avoid its extrusion after the activation. The HA activation occurred in a single step and aimed at getting a relation of Class I on the canines.

**Images acquisition**

Cone-beam computed tomography (CBCT) were taken of all the patients, using a iCat machine (Imaging Sciences International, LLC, Hatfield, PA), with 40 seconds of digitalization, a field of 23 x 17cm of view (FOV), and a voxel sized 0,3mm. In the HAG, the exams were carried out before the HA setup (T0) and 8 months after the treatment (T1). In CG, the exams were carried out in the beginning of the study (T0) and eight months later (T1). All the patients were instructed to bite in centric occlusion during the digitalization.

**Image analysis**

The 3D image analysis procedures began by steps already described above[18] which allowed the volumetric record in the cranial cavity prior to the level of voxel (Figure 1). The 3D virtual have already been oriented at the same coordinate system, allowing comparisons between several patients [24] Slicer applications (4.4[25]) and ITK-SNAP[26] were used. The dental and maxillary displacement quantitative assessment was carried out by the means of change measurement of the point-to-point distances, from the reference points (landmarks) which were accurately identified in the multiplanar sagittal, axial and coronal cuts.

Qualitative assessments of the maxillary grow and displacement were carried out by the superposition technique with semi-transparency (Figure 2) and maps by color codes (Figure 3) by the closest-point method of the virtual models T0 and T1 using the Slicer 4.4 software.

**Reference point identification**

Reference points (landmarks) were placed in blue (Figure 4) on: 1) mesiovestibular cusp tip of the fist permanent right upper molar; 2) on the furcation region of the same molar; 3) at the middle point of the incisal edge of the permanent right upper central incisor. 4) on the root apex of the same incisor; 5) on the anterior nasal spine; 6) at the A point; and 7) at the middle point more distal from the incisive foramen. This identification step of the landmarks right on the scans instead of the 3D models, reduces identification errors of the dental reference points.

**Maxillary displacement measurements**

The maxillary displacement measurement assessment was carried out by the spatial positioning difference of the T0 and T1 models recorded on the skull basis, using the Q3DC tool on the Slicer 4.4.

Three reference points were identified on the maxillary anterior region as skeletal references: (1) most anterior point of the Anterior Nasal Spine (ANE); (2) Point A (PA); and (3) Point of the Incisive Foramen (IF). The ANE was identified as the most anterior point of the maxillary, after all the scans sagittal sections on a sagittal view were analyzed. The point A was defined as the deepest point on the concavity which goes from the anterior nasal spine up to the alveolar ridge at the same sagittal cut where the ANE there was been identified. The IF was defined as the most posterior and inferior middle point from the bone plate of the incisive canal. Thus, the multiplanar views were used on scans sagittal view.

The 2D linear projection to the maxillary displacement between T0 and T1 decomposed in Cartesians coordinates (X, Y, Z) of ANE, PA and IF were used to the changes associated to the HA use.

The 2D linear displacement projection posterior-anterior (Δy) and inferior-superior (ΔZ) 2D of ANE, PA and IF of T0 to T1 were measured on the sagittal plan (YZ). The 2D linear middle-lateral displacement projection (ΔX) was measured on the axial plan (XY).

**Dental positioning changes**

The measurements of the dental changes on the three plans of the space (plan projections X, Y, Z), as well as the 3D liquid movement (Euclidian displacement), were carried out on the jaws recorded and overlapping by using of a Q3DC tool (Slicer 4.4).

The dental reference points identified were (1) mesiovestibular cusp of the first permanent right upper molar (C1M); (2) furcation region of the first permanent right upper molar (F1M); (3) middle point of the incisal edge of the right upper central incisor (IIC) and (4) root apex of the right upper central incisor (AIC).

The point displacement calculations between T0 and T1 was carried out the same way as that previously described to the ANE, PA and IF points. As the record was done in relation to the skull basis, for the liquid effective displacement calculation of the teeth inside the jaw, the difference between the maxillary and dental displacement was calculated according to Baysal e Uysal[27] (2014).

**Statistical analysis**

The data analysis was carried out by means of an SPSS application version 20.0. The normality and homocedasticity assumptions inspection was carried out by means of Kolmogorov-Smirnov e Levene tests, respectively. After the confirmation of normal distribution and the same variance, it was used the t-test for independent samples for comparisons between the medium values of HAG and CG. It was settled the level of significance of 5%.

**RESULTS**

The Table I presents the values of the medium differences between T0 and T1 to the dentoskeletal variables studied for HAG and CG, as well as the statistical comparisons between the HAG and CG averages. Such data have permitted to reach the following results:

**The Herbst appliance does not restrained the maxillary growth, however the molars were distalized by crown inclination**

The jaw of both groups has shown quite sagittaly stable (anterior-posterior direction) over the follow-up period. Mean differences of smaller or equal 0,4mm sagittal displacements (0,4mm for ANE; 0,1mm for Point A; 0,2mm for Point F1) were found, but the statistical differences between both analyzed groups were not observed ($P > 0.05$). On the other hand, the molar crowns of HAG were displaced 1,2mm distally and this distalization was greater on the crown than on the root, bringing a pitch of 4,4 degrees. On HAG the incisors have shown quite stable (pitch of -0,2 degrees). On CG the projection observed to incisors vestibular (pitch of 5,1 degrees) is related to the use of an orthodontic mechanics, needed to the dental decompensation during the preparation for the future use of HA. Some patients from HAG had different behavior, with evident maxillary skeletal distalization, comparatively to the patients from CG. Figure 5 shows a probable distalization of the jaw in a patient treated with HA (highlighted in blue), while in the comparison group patient was not found skeletal changes (highlighted in green), only changes related to the orthodontic movement.

**In the patients treated with the Herbst the maxillary region anterior region have displaced down, while on the posterior region it has shown stable.**

On the vertical aspect it was noticed a marked difference between both groups. While on the CG maxillary anterior region, it has shown stable on the superior-inferior direction, with vertical displacement less than 0,5mm, on the HAG group, the maxillary anterior region displaced significantly down ($P < 0,05$). Strong assessments of this maxillary displacement down could be carried on the three investigation areas, with mean differences of 0,7mm for ANE, 1,0mm for Point A, and 1,1mm for the Incisive Foramen. The maxillary incisors from HAG followed this skeletal inferior displacement (1,5mm displacement down). On the posterior region, the molars of HAG had a vertical behavior similar to the CG (0,7mm of displacement on the inferior direction), suggesting that the posterior region did not suffer changes with the use of HA.

**The molars moved laterally due to the fast expansion related to the Herbst appliance.**

The analysis of the lateral-lateral displacement (projection in the axial plan XY) on the three areas of skeletal assessment (ANE, Point A, and Incisive Foramen) have shown that there was not maxillary lateral displacement after the use of HA (displacement $\leq 0.1$mm, $P \geq 0.884$). The displacement observation for both assessment landmarks of the upper incisors (the middle point of the incisal edge of the permanent right upper central incisor and the root apex of the same incisor) seem to be stable on right-left direction. This, therefore, indicates that there was not lateral displacement of the maxillary incisors after the mandibular activation ($P > 0.05$). However, the first permanent molars displaced laterally in a significant way on the HAG. Both on the cusp tip and on the furcation region, they displaced 0,9mm to vestibular ($P < 0.05$).

## DISCUSSION

Since the fact that the classical indication for the use of Herbst appliance is the orthopedic treatment for Class II malocclusions due to the mandibular advancement, the scientific researches on the dentoskeletal effects have been directed priority to the mandibular effects understanding. However, some experts on functional orthopedics have considered the major consistent effects of the mandibular propulsion are located on the jaw.[10,28] Curiously, even with the controversies about the effects of the Herbst appliance on the growth pattern in

Class II patient, a few has been described so far about possible maxillary effects,[29] and therefore much of it is credited to changes on the midface during the treatment with Herbst was based on speculation. In this study, it was sought to assess specifically the maxillary dentoskeletal changes. This prospective clinical investigation is novel since it assessed the paired samples of individuals with Class II skeletal pattern, with mandibular advancement indication with Herbst appliance. Furthermore, it was used an advanced methodology for the 3D analysis, never employed before in studies on the maxillary effects of mandibular advancement devices. In this dissertation, the preliminary data from 24 patients were being reported, where 12 patients were treated with Herbst and 12 from comparison group.

In this study, we did not found any maxillary sagittal skeletal effects, unlike some prior ones. Wieslander[28] (1993) indicated that a significant effect of the HA has been seen on the midface, but not on the jaw. He concluded that the maxillary sutural growth was more receptive do the remodeling procedures than to the mandibular condyle growth.

Based on Table I, we can notice that the skeletal anatomical references on the maxillary anterior region did not suffer sagittal displacement over the 8 months of investigation (ANE = 0,4mm; point A = 0,1mm; and IF = 0,2mm). Such findings are in agreement with those described by[16,17], who used the 2D methodology. Pancherz[30] (1981) described that the patients treated with Herbst had 0,4mm of distalization from the point A. Other study[31] has found a similar result and it reported a minimum amount of 0,5mm of maxillary growth restriction, value which was statistically insignificant. Such values are so small, and they are within the error margin, which is estimated nearly 0,5mm. By means of superposition exams by the semitransparency of the models T0 and T1, as well as the map by color code (Figures 2 and 3), it's clear that there was not significant skeletal posterior displacement of the patient's jaw treated with Herbst.

It was found that the maxillary anterior region, on the group treated with HA, went down nearly 1mm, while the posterior region apparently did not suffer vertical displacement. Thus, one can infer that there was a maxillary clockwise rotation. Pancherz[30] (1981) described such clockwise rotation on the palatine plan, reporting 0,6 degrees in relation to the cranial basis. In other study, Pancherz and Anehus-Pancherz[29] (1993) confirmed these findings and they reported a jaw turning with an inclination on the occlusal plan of 2 degrees and on the palatine plan of 0,2 degrees. The maxillary palatine plan rotation was not measured in this pilot study, directly, due to the difficulties found by the team of researches on the identification of a reproducible reference of the posterior nasal spine on the multiplanar reconstructions. It is intended to find, for the whole study, a reproducible and valid

identification of a posterior nasal spine reference in the virtual model (instead of on the tomographic cuts), and the use of angular measurement tools (as the Q3DC) to assess this rotation. In this pilot study, on vertical direction, the upper incisors followed the bone structure and they also displaced nearly 1mm down, according to Figures 2 and 3. In the Pancherz'[30] studies (1981) a movement of 0,9mm down of the incisors was described.

On the superior-inferior direction, it was expected that on the posterior region, due to the forces direction generated by the appliance, there would be a maxillary arch displacement on the superior direction, like a dental intrusion. One could realized that the HA has caused a relative intrusion of the molars since it controlled its extrusion in relation to the cranial basis. On the group treated with HA the molars vertical behavior was similar to CG. Such finding is against what is described in 2D studies.[11,14,16,17] If a analysis with regional record had been done, on the jaw, the molar intrusion would have been identified. Furthermore, due to the methodological limitations already described for the reliable identification of the posterior nasal spine in this pilot study, it was not possible to quantify the skeletal vertical behavior of the maxillary posterior region. The use of a regional record on the jaw, with valid methodology for this purpose, can help clarify such hypothesis. Facing such uncertain of a stable region to the volumetric record on the jaw, it was decided that for this pilot study the regional record would not be done; what have to be done for the study with the whole sample, as soon as a valid way of assessing the superposition stability is found.

The correction of the Angle Class II dental relation was reached thanks to a distalization of 1,2mm and inclination of 4.4° of the crown of the first upper molars distally. These findings are in accordance with prior studies that associated the HA to the extraoral occipital traction appliance, as to restriction effect of the development on the vertical direction of the upper molars.[17,32] Pancherz and Anehus-Pancherz[29] (1993) concluded that HA had therapeutic action similar to the extraoral conventional applicance.[29] Other researchers,[13,17,33] have also reported this kind of answer from the molars with the use of HA. In the Figure 3, it is shown the distalization of the molars. Clinically, with the current design of HA, was not noticed a so remarkable inclination as by the use of a law extraoral traction appliance. Even with the force application point of the HA on the first permanent molars crown is done below the dental resistance center, the inclination, clinically observed is more like that from a combined extraoral traction appliance. In this study, the distalization of the permanent molars happened by means of distal significant inclination of the crowns, which should have been reduced by our appliance design. A rigid structure with 1,2mm wire from a palatine expansor screw and supported by several posterior permanent teeth checked a hardness and

considerable vertical control. Other authors used anchorage units on the upper arch less sturdy[29,34] which have also lead to the same distalization. The hardness effects of the HA structure on the jaw on the molars distalization need a specific clinical study.

Some patients from the CG group, in order to obtain enough overjet to be possible a proper activation of the jaw with the HA, needed a decompensation of the retro-inclination and upper incisors rotations by means a fixed appliance. This orthodontic dental movement explains the effects of the proclination (5,1 degrees) of the anterior teeth. On the CG patients who did not have orthodontic accessories bonded on the incisors to get a desirable overjet, the incisors were sagittaly stable. On the other hand, on the HAG group, it was found a slight retraction of the upper incisors, but without statistical or clinical meaning. However, such trend is in accordance with previous studies[14,17,34,35] which reported a retrusion and retro-inclination of these teeth. Pancherz[30] (1981) reported that the upper incisors displaced 0,5mm back. The Figure 3 shows such axial stability on the incisors axis from HAG.

This study is still being presented like a preliminary way. A total sample composed by 46 patients (23 in each group) has already been collected and it has been processed, which will reinforce the findings here presented. Some limitations have already been identified in this pilot study and they will be used as guidelines for improvement of the whole study. Beyond the limitations of the superposition, only on the cranial basis, the change measurement on molars were carried out in an unilateral way, using only maxillary right side references. Such aspects need to be incorporated to the whole study. Other maxillary anatomic references need also be chosen, but as the methodology used for this analysis is still in construction, it was not possible to find, so far, anatomical references which present proper reproducibility and repeatability.

It is believed that with the results of this pilot study, it is already possible to contribute with preliminary information to the 3D technique improvement for the total data collection which will result in a better understanding about what happen with ma jaw after a mandibular advancement with the HA.

## CONCLUSIONS

After the 3D measurements, it was concluded that HA did not restrict the maxillary growth both on vertical or sagittal direction and furthermore it promoted dental effects that contributed to get the Angle Class I.

In summary:

1- The Herbst appliance did not restrict the maxillary growth on the anteroposterior direction;
2- There was a displacement down on the maxillary anterior region on the group treated with HA;
3- There was no maxillary latero-lateral displacement;
4- The upper incisors answered the same way to the stimuli caused by HA on the skeletal effects;
5- The upper molars suffered crown displacement and inclination distally;
6- The upper molars did not have vertical displacement in relation to the cranial basis.

**REFERENCES**

1. Emrich RE, Brodie AG, Blayney JR. Prevalence of Class I, Class II, and Class III Malocclusions (Angle) in an Urban Population An Epidemiological Study. J Dent Res, 1965;44:947-53.
2. Massler M, Frankel JM. Prevalence of malocclusion in children aged 14 to 18 years. Am J Orthod, 1951;37:751-68.
3. McNamara Jr JA. Components of Class II Malocclusion in children 8-10 years of age. Angle Orthod, 1981;51:177-202.
4. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara Jr JA. Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006;129:599.e1-12.
5. Booij JW, Goeke J, Bronkhorst EM, Katsaros C, Ruf S. Class II treatment by extraction of maxillary first molars or Herbst appliance: dentoskeletal and soft tissue effects in comparison. J Orofac Orthop, 2013;74:52-63.
6. Wong GW, So LL, Hägg U. A comparative study of sagittal correction with the Herbst appliance in two different ethnic groups. Eur J Orthod, 1997;19:195-204.
7. Silva JF, Gerszewski C, Moresca RC, Correr GM, Flores-Mir C, Moro A. Retrospective study of clinical complications during orthodontic treatment with either a removable mandibular acrylic splint Herbst or with a cantilever Herbst. Angle Orthod, 2015 Jan;85(1):64-71.
8. Pancherz H, Bjerklin K, Lindskog-Stokland B, Hansen K. Thirty-two-year follow-up study of Herbst therapy: a biometric dental cast analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2014;145:15-27.

9. Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular joint growth adaptation in Herbst treatment: a prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study. Eur J Orthod, 1998;20:375-88.
10. Johnston L. Class II treatment: temporary anchor devices to facilitate Class II correction; Class II malocclusion: early or late, fixed or functional, most roads lead to the midface. In: ANNUAL SESSION, 2015, San Francisco. Disponível em: https://www.aaoinfo.org/meetings/2015-annual-session#topbar>. Acesso em: 09 nov. 2015.
11. Hägg U, Du X, Rabie ABM. Initial and late treatment effects of headgear-Herbst appliance with mandibular step-by-step advancement. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2002;122(5):477-85.
12. Hansen K. Treatment and posttreatment effects of the Herbst appliance on the dental arches and arch relationships. Semin Orthod, 2003;9(1):67-73.
13. Silva Filho OG, Aiello CA, Fontes MV. Aparelho Herbst: protocolos de tratamento precoce e tardio. Rev Dent Press Ortod Ortop Facial, 2005;10(1):30-45.
14. Almeida MR, Henriques JFC, Almeida RR, Ursi W, Almeida-Pedrin RR, McNamara Jr. JA. Efeitos dentoesqueléticos produzidos pelo aparelho de Herbst na dentadura mista. Rev Dent Press Ortod Ortop Facial, 2006;11(5):21-34.
15. VanLaecken R, Martin CA, Dischinger T, Razmus T, Ngan P. Treatment effects of the edgewise Herbst appliance: a cephalometric and tomographic investigation. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006;130(5):582-93.
16. 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 mal occlusion. Angle Orthod, 2008;78(2):361-9.
17. Nahás RAC, Henriques JFC, Janson G, Tompson BD, Woodside DG. Estudo cefalométrico das alterações dento esqueléticas da má oclusão de Classe II, divisão 1 tratada com o aparelho de Herbst com cantiléver. Rev Dent Press Ortod Ortoped Facial, 2008 Jan-Feb;13(1):124-40.
18. LeCornu M, Cevidanes LH, Zhu H, Wu CD, Larson B, Nguyen T. Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients treated with the Herbst appliance: a pilot study. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2013 Dec;144(6):818-30.
19. Cevidanes LHC, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006;129(5):611-18.

20. Cevidanes LHC, Heymann G, Cornelis MA, DeClerck HJ, Tulloch JFC. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009 July; 136(1): 94–99.
21. Borges S. Avaliação tridimensional do tratamento da má oclusão de Classe II com o aparelho de Herbst. (Dissertação de Mestrado). Curitiba: Universidade Positivo; 2014.
22. Pancherz H, Hansen K. Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric investigation. Eur J Orthod, 1986;8:215-8.
23. Martina R, Cioffi I, Galeotti A, Tagliaferri R, Cimino R, Michelotti A, et al. Efficacy of the Sander bite-jumping appliance in growing patients with mandibular retrusion: a randomized controlled trial. Orthod Craniofac Res. 2013 May;16(2):116-26.
24. Ruellas ACO et al. Common 3D coordinate system for assessments of directional changes. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2016 (Accepted for publication).
25. Simmross-Wattenberg F, Carranza-Herrezuelo N, Palacios-Camarero C, Casaseca-de-la-Higuera P, Martín-Fernández MA, Aja-Fernández S, et al. Group-Slicer: a collaborative extension of 3D-Slicer. J Biomed Inform. 2005 Dec;38(6):431-42.
26. Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. Neuroimage. 2006 July 1;31(3):1116-28.
27. Baysal A, Uysal T. Dentoskeletal Effects Of Twin Block And Herbst Appliances In Patients With Class Ii Division 1 Mandibular Retrognathy. Eur J Orthod, 2014;36(2):164-72.
28. Wieslander L. Long-term effect of treatment with the headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. Stability or relapse? Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1993 Oct;104(4):319-29.
29. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The headgear effect of the Herbst appliance: a cephalometric long-term study. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1993;103(6): 510-20.
30. Pancherz H. The Effect Of Continuous bite jumping on the dentofacial complex: a follow-up study after Herbst appliance treatment of Class II malocclusions. Eur J Orthod, 1981;3:49-60.
31. Phan KLD, Bendeus M, Hägg U, Hansen K; Rabie ABM. Comparison of the headgear activator and Herbst applianceeffects and post-treatment changes. Eur J Orthod, 2006;l28(6):594-604.
32. Martins DR, Ursi WJS, Scavone Júnior H. O aparelho de Herbst no tratamento ortopédico das más oclusões de Classe II. Odont. Master, 1994;1(4):1-14.

33. Wong GW, So LL, Hägg U. A comparative study of sagittal correction with the Herbst appliance in two different ethnic groups. Eur J Orthod, 1997;19:195-204.
34. Pancherz H, Malmgren O, Hägg U, Omblus J, Hansen K. Class II correction in Herbst and Bass therapy. Eur J Orthod. 1989 Feb;11(1):17-30.
35. Silva Filho OG, Ozawa TO, Ferrari Júnior FM, Aiello CA. Aparelho de Herbst: variação para uso na dentadura mista. Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial, 2000 set-out;5(5):58-67.

**FIGURES**

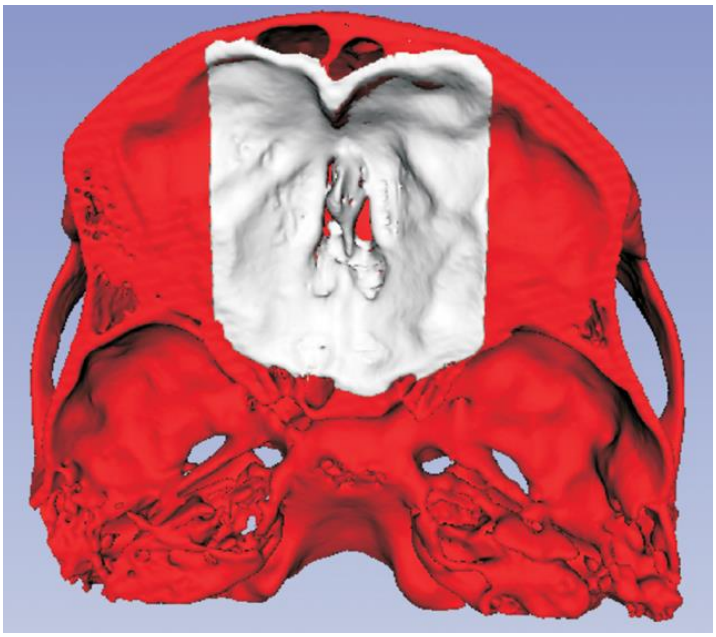


**Figure 1 -** Level *voxels* record on the skull basis

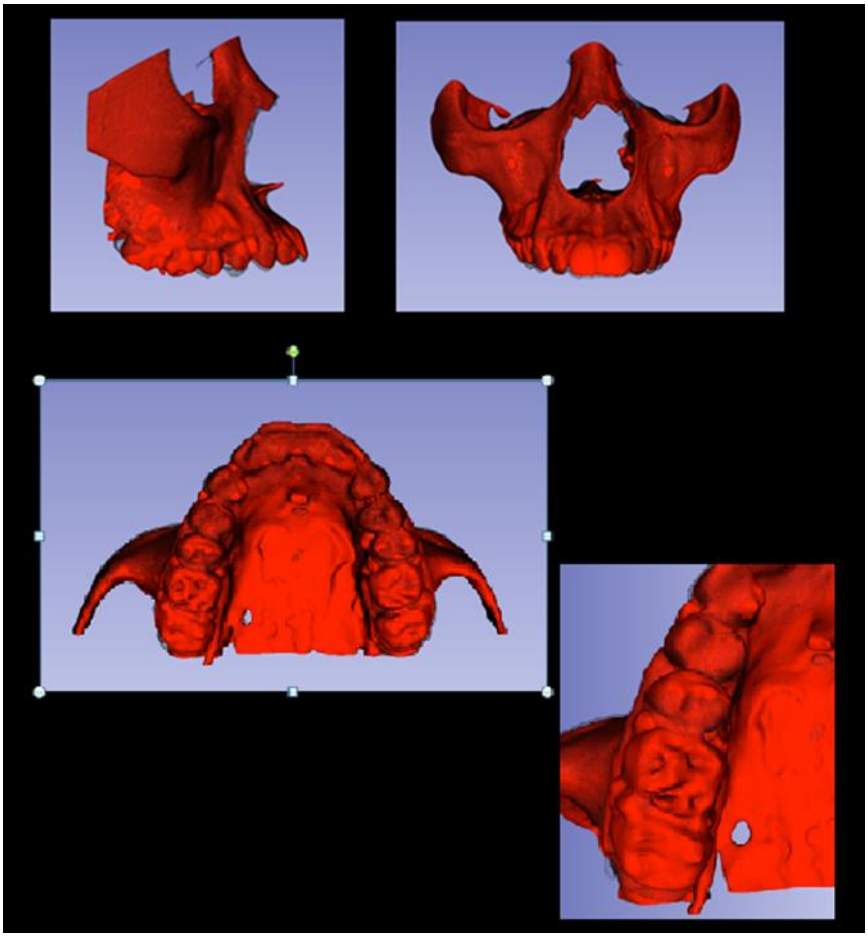


**Figure 2 –** Superposition method with semitransparency of the virtual models T0 T1.

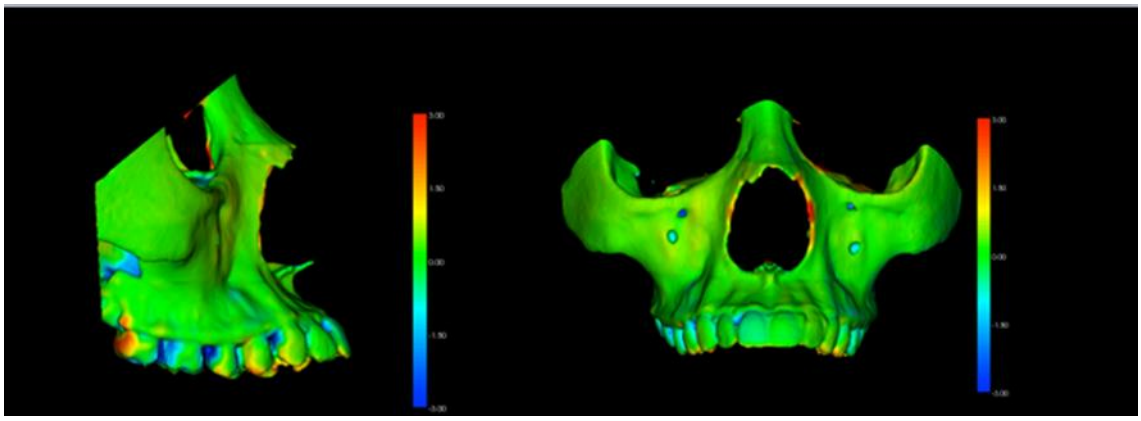


**Figure 3 –** Map by color code.

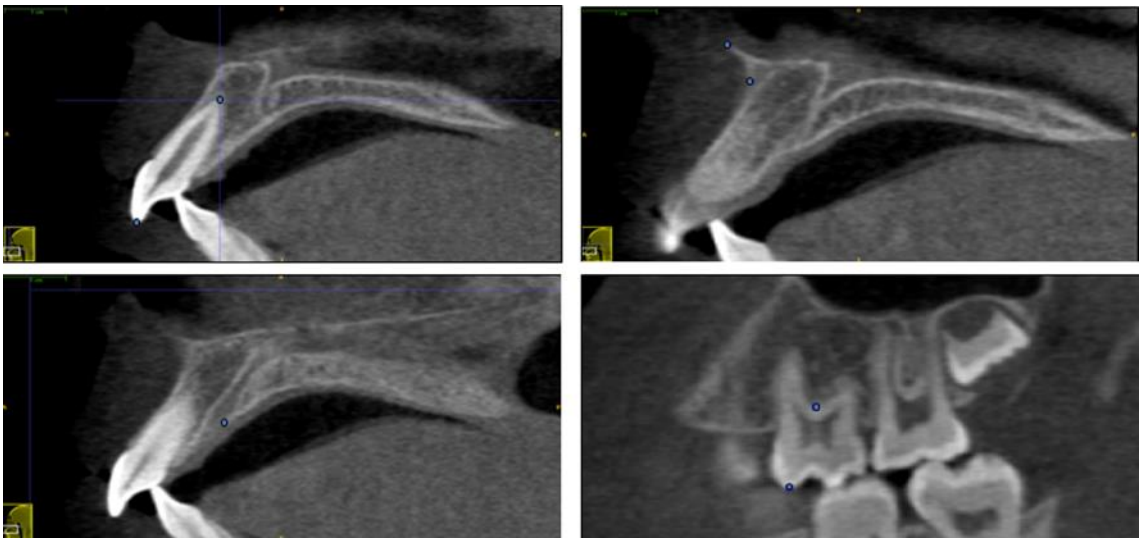


**Figure 4 –** Reference points identification.

**TABLE**

**Table I –** Maxillary mean dentoskeletal changes comparisons between T0 and T1 after the use of Herbst appliance

| Measures | | CG Mean | CG SEM | HAG Mean | HAG SEM | Mean difference CG vs HAG | Valor P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANE | RL | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0.884 |
| | AP | 0,0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0.571 |
| | SI | 0,5 | 0,4 | 1,2 | 0,3 | 0,7 | 0.124 |
| | 3D | 1,6 | 0,3 | 2,1 | 0,3 | 0,5 | 0.357 |
| Point A | RL | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0.963 |
| | AP | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0.909 |
| | SI | 0,0 | 0,4 | 1,0 | 0,4 | **1,0** | **0.041** |
| | 3D | 1,3 | 0,2 | 1,9 | 0,3 | 0,6 | 0.163 |
| Incisive foramen | RL | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0.931 |
| | AP | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0.725 |
| | SI | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 0,3 | **1,1** | **0.020** |
| | 3D | 1,3 | 0,2 | 2,1 | 0,3 | **0,8** | **0.023** |
| Incisive edge | RL | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | NA |
| | AP | 1,5 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | **1,4** | **NA** |
| | SI | 0,4 | 0,6 | 1,5 | 0,6 | **1,1** | **NA** |
| | 3D | 1,9 | 0,6 | 2,9 | 0,5 | 1,0 | NA |
| Incisive apex | RL | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | NA |
| | AP | (-1,1) | 0,6 | 0,2 | 0,5 | **1,3** | **NA** |
| | SI | 0,1 | 0,4 | 1,7 | 0,4 | **1,6** | **NA** |
| | 3D | 2,1 | 0,4 | 2,9 | 0,3 | 0,8 | NA |
| Molar cusp | RL | 0,0 | 0,3 | 0,9 | 0,2 | **0,9** | **NA** |
| | AP | 0,4 | 0,3 | (-1,2) | 0,4 | **1,6** | **NA** |
| | SI | 0,6 | 0,3 | 0,7 | 0.3 | 0,1 | NA |
| | 3D | 1,8 | 0,3 | 2,6 | 0,3 | **0,8** | **NA** |
| Molar apex | Rl | 0,0 | 0,3 | 0,9 | 0,2 | **0,9** | **NA** |
| | AP | 0,1 | 0,3 | (-0,4) | 0,3 | 0,5 | NA |
| | SI | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | NA |
| | 3D | 1,6 | 0,2 | 2,2 | 0,2 | 0,6 | NA |
| Incisor Pitch | | 5,1 | 1,5 | (-0,2) | 1,5 | **5,3** | **NA** |
| Molar Pitch | | 1,4 | 1,2 | (-4,4) | 1,0 | **5,7** | **NA** |

SEM – STANDARD ERROR MEAN
CG – Control group, HAG – Hebrst Appliance group

RL - Right/left; AP - Anterior/posterior; SI - Superior/inferior; 3D – Euclidian Distance
ND- Not available
* for incisor and upper molars measures it was considered only the changes on the Herbst group

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo procurou-se responder uma série de perguntas à respeito dos efeitos do AH. Dividiu-se o conteúdo em duas partes. A primeira delas, que se refere aos efeitos dentários e esqueléticos no sentido vertical e antero-posterior 8 meses após o uso do aparelho Herbst foram apresentadas na forma de artigo de acordo com a recomendação do Colegiado de Pós Graduação em Odontologia da PUC Minas. A segunda parte, que se refere aos efeitos de rotação e translação maxilar, encontra-se em fase de coleta de dados. Optou-se pela apresentação preliminar dos dados coletados até a presente data, entretanto, não ainda numa formatação do artigo final.

Baseando-se na análise dos resultados referentes às mudanças imediatamente após a instalação do AH, é lícito concluir que:

a) os molares moveram-se lateralmente pela expansão rápida associada ao aparelho Herbst;
b) o aparelho Herbst não distalizou a maxila, porém os molares foram distalizados por inclinação da coroa;
c) a maxila dos pacientes tratados com Herbst deslocou-se verticalmente, porém houve controle vertical dos molares.

Levando em consideração que o desenho dessa amostra é composto por 12 pacientes no Grupo Herbst e 12 pacientes no Grupo Comparação, a análise dos resultados finais poderá confirmar os achados desse relato ainda preliminar.

Estudos clínicos prospectivos controlados são de difícil execução e requer dos pesquisadores um esforço muito grande em vários aspectos. Para se chegarem a este ponto da investigação, muita energia e dedicação foram dispendidos. Cabe aqui listarmos e comentarmos alguns aspectos enfrentados pela equipe de pesquisadores, de forma a abreviar os caminhos daqueles que poderão seguir os nossos passos. O processo de busca de pacientes que pudessem compor a nossa amostra, dentro do rigor exigido para a significância dos resultados, e respeitando as questões éticas foi feito em duas frentes. A primeira por meio de contatos com escolas da rede pública de Belo Horizonte, na região próxima à PUC Minas, e a segunda pela identificação de indivíduos que haviam buscado espontaneamente

tratamento ortodôntico. Após contatos com 10 escolas e 1 creche, foram examinadas mais de 1000 jovens na faixa etária estabelecida pelos critérios de inclusão (12 a 16 anos de idade). Destas inúmeras visitas às escolas e exames clínicos, selecionou-se X pacientes. O restante da amostra é oriundo de livre demanda por tratamento. Buscando incentivar estes pacientes ao tratamento e participar do estudo, ofereceu-se tratamento gratuito, incluindo a oferta de todos os exames ortodônticos necessários para o tratamento completo de suas más oclusões. Mesmo com todas estas benesses, alguns pacientes desistiram do tratamento e do estudo. Durante a fase ativa do tratamento, controle intensivo dos pacientes, por meio de contatos telefônicos periódicos, com lembrança dos dias das consultas fez com que o índice de absenteísmo fosse pequeno. Como foi estabelecido um prazo de 8 meses entre os exames T0 e T1 para o grupo Herbst e também de 8 meses entre os exames T0 e T1 do grupo comparação, este tipo de rigor no controle dos pacientes é necessário.

A qualidade na aquisição e processamento das imagens é outro aspecto que precisa ser destacado. Desde o início, buscou orientação sobre como e aonde as TCFC deveriam ser tomadas. Qual o FOV, qual a resolução, qual seria o posicionamento da cabeça dos pacientes, qual a posição da mordida, etc. Questões aparentemente simples, mas que em um estudo como este significam muito. Assim, a escolha e o acordo profissional como um serviço externo de Radiologia (Life Imagem) fez com que os exames pudessem ser feitos em curto prazo, mantendo-se em todos os exames o mesmo padrão de posicionamento da cabeça dos pacientes e dos parâmetros do equipamento, dentro dos aspectos sugeridos pela Professora Dra. Lúcia Cevidanes. Graças a expertise dela no processamento de imagens 3D, e da gentil abertura do DCBIA para que as TCFC pudessem ser lá processadas, da enorme ajuda do Professor Dr. Antônio Carlos Ruellas na análise dos dados e das opiniões críticas dele e da Dra. Lúcia, chegou-se aos dados aqui apresentados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.R. et al. Efeitos dentoesqueléticos produzidos pelo aparelho de Herbst na dentadura mista. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial,** v.11, n.5, p. 21-34, 2006.

BARNETT, G.A. et al. Immediate skeletal and dentoalveolar effects of the crown - or banded type Herbst appliance on Class II division 1 mal occlusion. **Angle Orthodontist,** v.78, n.2, p. 361-369, 2008.

BAYSAL, A.; UYSAL, T. **Dentoskeletal effects** of **Twin Block** and **Herbst appliances** in patients with Class II division 1 mandibular retrognathy. The European Journal of Orthodontics, v.36, n.2, p. 164-172, 2014.

BORGES, S. **Avaliação tridimensional do tratamento da má oclusão de Classe II com o aparelho de Herbst.** 2014. 62f. Dissertação (Mestrado Profissional em Odontologia Clínica) - Universidade Positivo, Curitiba, 2014.

CEVIDANES, L.H.C. et al. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.136, n.1, p. 94-99, 2009.

CEVIDANES, L.H.C.; STYNER, M.A.; PROFFIT, W.R. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.129, n.5, p. 611-618, 2006.

HÄGG, U., DU, X., RABIE, A.B.M. Initial and late treatment effects of headgear-Herbst appliance with mandibular step-by-step advancement. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.122, n.5, p. 477-485, 2002.

HANSEN, K. Treatment and posttreatment effects of the Herbst appliance on the dental arches and arch relationships. **Seminars in Orthodontics**, v.*9,* n.1, p. 67-73, 2003.

LeCORNU, M. et al. Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients treated with the Herbst appliance: a pilot study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.144, n.6, p. 818-830, 2013.

McNAMARA Jr., J.A. Components of Class II malocclusion in children 8-10 years of age. **Angle Orthodontist**, v.51, n.3, p. 177-202, 1981.

McNAMARA Jr, J.A.; HOWE, R. P.; DISCHINGER, T. G. A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of Class II malocclusion. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.98, n.2, p. 134-144, 1990.

NAHÁS, R.A.C. et al. Estudo cefalométrico das alterações dento esqueléticas da má oclusão de Classe II, divisão I tratada com o aparelho de Herbst com cantiléver.

**Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v.13, n.1, p. 124-140, 2008.

PANCHERZ, H. Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. **American Journal of Orthodontics**, v.76, p. 423-442, 1979.

PANCHERZ, H. The effect of continuous bite jumping on the dentofacial complex: a follow-up study after Herbst appliance treatment of Class II malocclusions. **The European Journal of Orthodontics,** v.3, p. 49-60, 1981.

PANCHERZ, H.; FISCHER, S. Amount and direction of temporomandibular joint growth changes in herbst treatment: a cephalometric long-term investigation. **Angle Orthodontist**, v.73, n.5, p. 493-501, 2003.

PANCHERZ, H.; HANSEN, K. Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric investigation. **The European Journal of Orthodontics,** v.8, p. 215-228, 1986.

SILVA, J.F. et al. Retrospective study of clinical complications during orthodontic treatment with either a removable mandibular acrylic splint Herbst or with a cantilever Herbst. **Angle Orthodontist,** v.85, n.1, p. 64-71, Jan. 2015.

SILVA FILHO, O.G.; AIELLO, C.A.; FONTES, M.V. Aparelho Herbst: protocolos de tratamento precoce e tardio. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial,** v.10, n.1, p. 30-45, 2005.

SMITH, B.R.; PARK, J.H.; CEDERBERG, R.A. An evaluation of cone-beam computed tomography use in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. **Journal of Dental Education,** v.75, n.1, p. 98-106, Jan. 2011.

VanLAECKEN, R. et al. Treatment effects of the edgewise Herbst appliance: a cephalometric and tomographic investigation. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.130, n.5, p. 582-593, 2006.

## ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

PUC Minas

**FACULDADE DE ODONTOLOGIA Centro de Odontologia e Pesquisa**

**Programa de Mestrado em Odontologia - Área de concentração: Ortodontia**

No. Registro no CEP:

Título do projeto: **A MORFOLOGIA DAS ARTICULAÇÕES TÊMPOROMANDIBULARES É AFETADA PELA TERAPIA ORTOPÉDICA COM ATIVADOR MANDIBULAR HERBST?**

Prezado Senhor (a),

Este Termo de Consentimento pode conter palavras que você não entenda. Peça ao pesquisador que explique as palavras ou informações não compreendidas completamente.

1) **Introdução**

O seu (sua) filho (a) está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que estudará a ação do tratamento da má oclusão que ele é portador sobre as articulações têmporomandibulares (articulação da mandíbula).

Ele (a) foi selecionado (a) por apresentar a indicação para receber este procedimento (Ativação mandibular ortopédica), além de atender a outros critérios essenciais para a uniformidade da pesquisa. A participação dele não é obrigatória. O objetivo do projeto é avaliar se após o uso deste tipo de aparelho ortopédico, a forma e a posição desta articulação é afetada. Esta informação não está disponível no conhecimento atual e poderá auxiliar na compreensão de maneiras mais seguras de tratamento desta má oclusão.

2) **Procedimento do Estudo**

Para participar deste estudo solicito a sua especial colaboração em não faltar às consultas odontológicas, realizar os exames solicitados e cumprir com as recomendações de cuidado do aparelho em casa. As tomografias computadorizadas serão realizadas antes do início do tratamento, imediatamente após a instalação do aparelho ativador mandibular e ao final do tratamento. Todos os exames serão feitos na Clínica Life Imagem, com encaminhamento a ser realizado na época dos exames.

**3) Riscos e Desconfortos**

O procedimento de ativação mandibular é indispensável para o tratamento de seu (sua) filho (a) e pode provocar dolorimento durante a primeira semana, além de desconforto na fala e na alimentação. O uso de analgésicos convencionais poderá trazer alívio ao dolorimento. A ativação do aparelho acontecerá no dia da instalação. Após 6 meses da ativação mandibular o(a) seu (sua) filho (a) usará o aparelho fixo convencional colado aos dentes, cujo desconforto pode estar associado às ativações (apertos), durante 3 dias. Da mesma maneira, o uso de analgésico poderá ser prescrito pelo ortodontista responsável, buscando amenizar o desconforto. Os exames a serem realizados, incluindo a tomografia computadorizada que será solicitada, apresentam dose segura deexposição radiográfica, compatível com os exames de rotina na clínica ortodôntica.

**4) Benefícios**

Você receberá o tratamento ortodôntico completo na clínica de Ortodontia da PUC Minas, com isenção total dos custos do tratamento (oferecido pela própria instituição), bem como dos exames complementares, que serão feitos na própria universidade ou em clínica particular (oferecido sem custos pelos pesquisadores).

**5) Tratamento Alternativo**

A ativação mandibular é indispensável para o seu tratamento e é normalmente a primeira opção para o tipo de problema que você é portador. Alternativamente você poderá corrigir a má oclusão de Classe II por meio de cirurgia ortognática.

**6) Custos/Reembolso**

Você não terá nenhum gasto com a sua participação no estudo e também não receberá pagamento pelo mesmo. Todos os custos referentes a montagem dos aparelhos, consultas de manutenção, exames de diagnóstico são de responsabilidade dos pesquisadores.

**7) Responsabilidade**

Efeitos indesejáveis são possíveis de ocorrer em qualquer estudo de pesquisa, apesar de todos os cuidados possíveis, e podem acontecer sem que a culpa seja sua ou dos pesquisadores. Se você sofrer efeitos indesejáveis como resultado direto da sua participação neste estudo, a necessária assistência profissional será providenciada pelos pesquisadores.

**8) Caráter Confidencial dos Registros**

A sua identidade será mantida em sigilo. Dessa forma, você não será identificado quando o material de seu registro for utilizado, seja para propósitos de publicação científica ou educativa.

**9) Participação**

Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades ou perda de qualquer benefício ou cuidados a que tenha direito nesta instituição. Você também pode ser

desligado do estudo a qualquer momento sem o seu consentimento nas seguintes situações: (a) você não use ou siga adequadamente as orientações/tratamento em estudo; (b) você sofra efeitos indesejáveis não esperados; (c) o estudo termine. Em caso de você decidir retirar-se do estudo, favor notificar o profissional e/ou pesquisador que esteja atendendo-o.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, coordenado pela Prof.ª Cristiana Leite Carvalho, que poderá ser contatado em caso de questões éticas, pelo telefone 3319-4517 ou e-mail cep.proppg@pucminas.br.

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre o estudo, assim como tirar dúvidas, bastando contato no seguinte endereço e/ou telefone:

Nome da pesquisadora: Paula Loureiro Cheib Vilefort

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 – Coração Eucarístico. Telefone: 31 3319-4456

Email: paulalc27@hotmail.com

Li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi satisfatoriamente explicada e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmo também que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade.

_____ _____

Assinatura do responsável legal Assinatura do paciente

_____

Assinatura do pesquisador responsável

## ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da PUC Minas

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS - PUCMG

Plataforma Brasil

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** A MORFOLOGIA DAS ARTICULAÇÕES TEMPOROMANDIBULARES É AFETADA PELA TERAPIA ORTOPÉDICA COM ATIVADOR MANDIBULAR HERBST?
**Pesquisador:** Paula Loureiro Cheib Vilefort
**Área Temática:**
**Versão:** 1
**CAAE:** 21534013.8.0000.5137
**Instituição Proponente:** Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG
**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 408.327
**Data da Relatoria:** 09/09/2013

**Apresentação do Projeto:**
O ativador mandibular tipo Herbst é um aparelho ortopédico não funcional que vem sendo utilizado de maneira rotineira na Ortodontia para o tratamento das más oclusões de Classe II de Angle com retrognatismo mandibular. Apesar de diversos estudos já terem avaliado os efeitos dentoesqueletais de tal método terapêutico, as evidências sobre as mudanças ósseas ao nível das articulações temporomandibulares (ATM), por terem sido baseadas essencialmente em exame por ressonância magnética, são inconclusivas. O objetivo desse trabalho será avaliar as mudanças na morfologia e no posicionamento do côndilo após a terapia com aparelho tipo Herbst. A amostra será composta de 20 pacientes,ATENDIDOS NA CLINICA DE Ortodontia da PUC Minas, na faixa etária de 12 a 16 anos e nas fases de dentadura mista final ou permanente jovem, portadores de má oclusão de Classe II devido à deficiência mandibular. Serão feitas Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico que serão obtidas antes da instalação do aparelho, imediatamente após a instalação e depois da remoção do aparelho. Por meio dos softwares Dolphin Imaging e Image J serão realizadas avaliações para quantificar o deslocamento total e as alterações na morfologia do côndilo.

**Objetivo da Pesquisa:**
Avaliar, por meio de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, as mudanças estruturais ao

**Endereço:** Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228
**Bairro:** Coração Eucarístico **CEP:** 30.535-901
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE
**Telefone:** (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.proppg@pucminas.br

nível da articulação temporomandibular de pacientes portadores de má oclusão de Classe II tratados com ativador mandibular tipo Herbst.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**
O procedimento de ativação mandibular é indispensável para o tratamento podendo, provocar dolorimento durante a primeira semana, além de desconforto na fala e na alimentação. O uso de analgésicos convencionais poderá trazer alívio ao dolorimento. O paciente receberá o tratamento ortodôntico completo na clínica de Ortodontia da PUC Minas, com isenção total dos custos do tratamento (oferecido pela própria instituição), bem como dos exames complementares, que serão feitos na própria universidade ou em clínica particular (oferecido sem custos pelos pesquisadores).

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**
O estudo é relevante, respaldado pela literatura.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**
Folha rosto - OK
TCLE - OK
Tomografias custesdas pelos professores responsáveis pela disciplina (Termo de responsabilidade anexado).
Anexada declaração da instituição, isentando os participantes dos custos do tratamento.

**Recomendações:**

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**
NDN

**Situação do Parecer:**
Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**
Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS - PUCMG

Continuação do Parecer: 406.327

BELO HORIZONTE, 27 de Setembro de 2013

Assinador por:
CRISTIANA LEITE CARVALHO
(Coordenador)

**Endereço:** Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 225
**Bairro:** Coração Eucarístico **CEP:** 30.535-901
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE
**Telefone:** (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.proppg@pucminas.br