



FACULDADE  
**ILAPEO**

Carolina Fernandes Dallanora

**Avaliação do efeito de attachments na distalização do canino superior com alinhadores ortodônticos transparentes – uma análise pelo Método de Elementos Finitos**

CURITIBA  
2022

Carolina Fernandes Dallanora

Avaliação do efeito de attachments na distalização do canino superior com alinhadores ortodônticos transparentes – uma análise pelo Método de Elementos Finitos

Tese apresentada a Faculdade ILAPEO como parte dos requisitos para obtenção de título de Doutor em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Hideo Shimizu

CURITIBA  
2022

Carolina Fernandes Dallanora

Avaliação do efeito de attachments na distalização do canino superior com alinhadores ortodônticos transparentes – uma análise pelo Método de Elementos Finitos

Presidente da Banca Orientador: Prof. Dr. Roberto Hideo Shimizu

BANCA EXAMINADORA

Prof<sup>a</sup>. Dra.: Ana Claudia Moreira Melo Toyofuku.

Prof<sup>a</sup>. Dr.: Augusto Andrighetto.

Prof<sup>a</sup>. Dra.: Larissa Trojan.

Prof. Dr.: Hélio H. Terada.

Aprovada em:

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais, que sempre me deram todo o apoio e incentivo necessário e não mediram esforços para que eu realizasse os meus sonhos. À eles que estão sempre ao meu lado, torcendo por mim e que sempre me ensinaram a traçar objetivos, lutar por eles e incentivaram-me a nunca parar com a busca pelo conhecimento. Pai e mãe vocês são meus maiores exemplos na vida.

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer inicialmente à todos os professores do ILAPEO que fizeram parte da minha jornada acadêmica de pós-graduação, desde a especialização em Ortodontia e que sempre com muita atenção me ensinaram e guiaram na busca do aprendizado. Um agradecimento especial à prof. Ana Cláudia pelo incentivo e oportunidade de cursar o doutorado.

Aos meus colegas de doutorado, que me acolheram com todo carinho como a caçula do grupo e tornaram todo esse processo mais leve e alegre.

Ao engenheiro mecânico Rafael Salatti que tornou possível este trabalho pela Análise de Elementos Finitos, agradeço pelas incontáveis horas dedicadas para que a metodologia ficasse 100% e a paciência ao me ensinar uma área de conhecimento que eu desconhecia.

Um agradecimento especial para a querida Andrea de Mattos, bibliotecária do ILAPEO, que com muito amor e muita dedicação realiza um trabalho essencial para que artigos como esse sejam possíveis.

Ao meu namorado Gabriel, que sempre ao meu lado me dá forças e me incentiva em todos os projetos pessoais e profissionais.

À minha família, meu alicerce, que eu amo incondicionalmente.

Por fim, quero agradecer imensamente ao meu orientador Professor Dr. Roberto Hideo Shimizu, um exemplo de profissional que eu tive a alegria de ter como mentor desde a especialização. Obrigada por todo o conhecimento transmitido, admiro seu comprometimento e amor pela ortodontia, a dedicação e satisfação com que você ensina seus alunos e a ética com a qual você conduz seus trabalhos, você é um exemplo a ser seguido.

## Sumário

1. Artigo científico 1 .....	7
2. Artigo científico 2 .....	27

## 1. Artigo científico 1

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO, para futura publicação no periódico Angle Orthodontist.

# AVALIAÇÃO DO EFEITO DE ATTACHMENTS NA DISTALIZAÇÃO DO CANINO SUPERIOR COM ALINHADORES ORTODÔNTICOS TRANSPARENTES – UMA ANÁLISE PELO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Carolina Fernandes Dallanora<sup>1</sup>  
Rafael Calixto Salatti<sup>2</sup>  
Roberto Hideo Shimizu<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluna do programa de pós-graduação Doutorado em Ortodontia da Faculdade ILAPEO, Curitiba, Brazil.

<sup>2</sup> Engenheiro mecânico pela Universidade Positivo.

<sup>3</sup> Pós-doutor em Ortodontia pela UNESP. Coordenador do curso de Ortodontia da Faculdade ILAPEO, Curitiba, Brazil.

## RESUMO

O sistema dos alinhadores termoplastificados evoluiu muito nos últimos anos e conhecer a sua biomecânica é fundamental para o sucesso do tratamento. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de dois tipos de *attachments* no controle da distalização do canino superior com alinhadores ortodônticos transparentes. Um modelo tridimensional do dente foi construído a partir de uma imagem tomográfica e sobre ele, os *attachments* e o alinhador com 0,75mm de espessura (*ClearCorrect*<sup>TM</sup>) foram construídos. Uma simulação pelo Método de Elementos Finitos foi realizada para analisar a influência do *attachment* no controle da movimentação e na distribuição de tensão no ligamento periodontal. Para a movimentação do canino, um deslocamento de 0,33mm foi aplicado e dois *attachments* foram estudados: canino com um *attachment* duplo e canino com um *attachment* retangular vertical com bisel mesial. Um canino sem nenhum *attachment* também foi avaliado para comparação. A ocorrência de inclinação dentária durante a distalização foi observada nos caninos dos três modelos estudados, no entanto, com o uso do *attachment* retangular vertical único esse efeito tende a ser menor. Também foi observada menor tendência à rotação da coroa no dente com o *attachment* retangular vertical único, em comparação ao não uso do *attachment*. O *attachment* duplo obteve resultado semelhante ao *attachment* retangular, com deslocamento para distal mais uniforme, porém este apresentou, assim como o dente sem *attachment*, tendência à intrusão e vestibularização durante o movimento para distal, enquanto que o *attachment* retangular apresentou pequena extrusão. Os maiores valores de tensões máximas principais foram registrados na porção mesial cervical do ligamento periodontal nos caninos dos três modelos e diminuindo ao longo do interior do alvéolo sendo que para os *attachments* duplo e retangular vertical as tensões foram maiores e estendidas para uma área maior em relação ao dente sem *attachment*. Os resultados mostraram que os *attachments* podem afetar positivamente a movimentação dentária com

alinhadores ortodônticos, embora não tenham sido capazes de evitar completamente os efeitos colaterais no movimento de distalização.

**Palavras-chave:** Ortodontia; Alinhadores Ortodônticos Removíveis; Análise de Elementos Finitos; ClearCorrect; Attachment.

## ABSTRACT

The clear aligner system has been through a great evolution in the past few years and knowing its biomechanics is of utmost importance for the treatment success. This study aimed to evaluate the effect of two types of attachments in controlling an upper canine distalization with orthodontic clear aligners. A three-dimensional model of the tooth was constructed from a tomographic image and then the attachments and a 0.75mm thick aligner (*ClearCorrect™*) were designed. A finite element analysis was conducted to analyze the influence of the attachment on movement control and on the periodontal ligament stress distribution. For that, a displacement of 0.33mm was applied and two *attachments* studied: canine with a rectangular double attachment and canine with a beveled rectangular vertical attachment. A canine without any *attachment* was also included in the analysis for comparison. The occurrence of tooth inclination during the distal movement was seen in all the three studied models, nonetheless the use of the beveled vertical rectangular attachment seems to allow better root control with less inclination and less tendency to rotation compared to not using the attachment. The double attachment obtained similar results to the beveled vertical rectangular one, showing a more uniform distal displacement, however, as well as the tooth without an attachment, this group showed tendency to intrusion and buccal inclination during the distal movement, while the vertical rectangular attachment showed small tendency to extrusion. The highest stresses values were seen in the mesial cervical portion of the periodontal ligament in all three groups with a decrease along the interior of the alveolus, being the stresses values greater and extended along a larger area in both attachments groups compared to the tooth with no attachment. The results showed that *attachments* could positively affect orthodontic tooth movement with aligners, although they were not able to completely avoid collateral effects during distalization.

**Keywords:** Orthodontics; Orthodontic Appliances, Removable; Finite Element Analysis; ClearCorrect; Attachment.

## INTRODUÇÃO

A procura pelo tratamento ortodôntico com alinhadores termoplastificados tem aumentado rapidamente desde a última década, sendo responsável por um dos segmentos de maior crescimento no mercado ortodôntico atualmente. Essa modalidade de tratamento é utilizada em muitos casos como alternativa aos aparelhos convencionais metálicos principalmente por possuírem vantagens atreladas à estética e conforto permitindo também que o paciente remova-os para se alimentar e realizar a higiene oral de forma mais adequada.(1-4)

Na movimentação dentária com alinhadores uma incompatibilidade intencional e predeterminada entre o alinhador e o dente é programada em cada estágio do tratamento e cada

novo alinhador inserido produz, devido à essa incompatibilidade, um sistema de forças que é transmitido diretamente ao dente, gerando uma cadeia de eventos biomecânicos que vão resultar na nova posição dentária.(3) Em geral, para que um dente se movimente de corpo, a força aplicada deve passar pelo seu centro de resistência, ou um sistema equivalente de momentos e forças deve ser aplicado à sua coroa, no entanto, o alinhador ortodôntico cobre praticamente toda a superfície da coroa dentária e como consequência as forças aplicadas poderão atuar em qualquer posição da superfície coronária, tornando difícil julgar onde exatamente força e momento estão sendo aplicados, o que pode ser um desafio para a movimentação dentária com esta modalidade de tratamento. (3,5–7)

Neste sentido, os *attachments*, confeccionados em resina composta e incorporados na superfície da coroa do dente, podendo apresentar-se com diferentes tamanhos e formatos, tem sido recomendados tanto para aumentar a retenção dos alinhadores quanto para otimizar a capacidade biomecânica do aparelho por fornecerem áreas de superfície onde o alinhador pode encaixar permitindo a construção de um sistema de forças que poderá facilitar a realização de movimentos mais complexos.(1–4,7,8) Há pelo menos uma superfície ativa envolvendo cada *attachment* e a força ortodôntica que atua nos *attachments* é distribuída nessas superfícies, portanto, a vantagem do seu uso é que o local em que as forças ortodônticas vão atuar podem ser determinados por meio da posição da sua superfície ativa.(7) A literatura tem estudado como diferentes formatos de *attachments* e suas posições nos dentes tem exercido influência no movimento dentário a ser realizado.(1–4,7,8)

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é uma análise matemática, onde a forma de sólidos de geometria irregular com propriedades heterogêneas e suas propriedades físicas pode ser reproduzida, que permite identificar padrões de tensão e deslocamento.(3,9) O MEF pode ser aplicado para o entendimento do esqueleto e da biomecânica dos dispositivos ortodônticos, pois permite que se estime as tensões geradas em diferentes tecidos, como osso alveolar,

ligamento periodontal e dentes, fornecendo dados quantitativos que auxiliam na compreensão das reações fisiológicas do complexo dentoalveolar, e assim eles tem sido utilizados para simular movimentos dentários.(3,9,10)

Este estudo desenvolveu o modelo 3D de uma maxila e utilizou o Método de Elementos Finitos para reproduzir a movimentação dentária induzida pela utilização de um alinhador ortodôntico programado para efetuar a distalização de um canino, com o objetivo de avaliar o efeito de dois tipos de attachments no controle do movimento e comparar com o não uso de attachment.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Uma análise linear e elástica tridimensional foi realizada utilizando geometria baseada nas representações anatômicas para dentes, ligamento periodontal, osso cortical e osso trabecular pelo Método de Elementos Finitos.

Três modelos foram construídos para comparação considerando padrões de deslocamento dentário e estresse no ligamento periodontal, e o movimento de distalização de um canino superior direito foi simulado da seguinte maneira:

- Modelo 01: canino sem *attachment* (figura 1a);
- Modelo 02: canino com dois *attachments* com 1mm de espessura, 2mm de largura e 1,5mm de comprimento, com bisel apresentando uma inclinação de 45°, estando um *attachment* posicionado na região cervical do dente, deslocado para mesial e com o bisel para mesial e o outro *attachment* posicionado na incisal, deslocado para distal e com bisel para distal (figura 1b).
- Modelo 03: canino com um *attachment* retangular vertical com 1mm de espessura, 2mm de largura e 3mm de comprimento, com um bisel para mesial com inclinação de 45° (figura 1c);

O objetivo dos autores ao incluir o *attachment* duplo nesta análise, colocando uma distância entre eles e estando o bisel em cada um dos *attachments* em posição oposta ao outro, foi testar se o binário ali existente seria capaz de neutralizar uma possível inclinação descontrolada do dente e assim contribuir para a translação do canino.

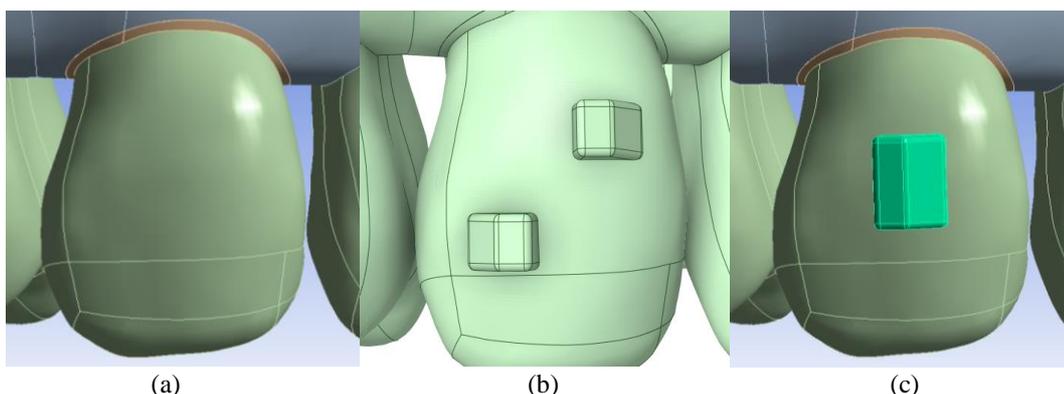


Figura 1: Representação gráfica do canino nos modelos: 01 (a), 02 (b) e 03 (c) respectivamente.

## 1. Construção do modelo tridimensional

O modelo 3D foi construído com base em imagens de um arquivo .DICOM de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) de uma maxila de uma paciente adulta do sexo feminino. Por meio do *Software Invesalious CTI (Renato Archer, Campinas, SP)* fez-se a construção do arquivo .STL, limpando ruídos gerados da tomografia, que em seguida foi exportado para o *software CAD Solidworks (Solidworks 2016, Dassault Systemes SolidWorks Corp., Waltham, MA, USA)* onde uma análise linear e elástica tridimensional foi realizada utilizando geometria baseada nas representações anatômicas para dentes, osso, ligamento periodontal, alinhador e *attachments*.

Na sequência, o modelo CAD foi exportado para o *software CAE Femap Siemens* utilizando a extensão .prt (Parasolid).

### 1.1 Definição dos pares de contato

Os pares foram definidos com atrito entre as superfícies de contato, desta forma a transmissão de carregamento entre as estruturas que o receberam para os demais componentes ocorreu de forma homogênea sem causar concentrações de tensão pontual.

## 1.2 Definição da malha

Para cada geometria importada CAD foi necessária a criação da malha de elementos finitos (rede de elementos e nós que discretizam uma região). Para este estudo, a malha foi gerada de forma semiautomática, com refinamentos nas regiões de transições geométricas e de maior concentração de tensões e o tipo de elemento utilizado foi o tetraedro de dez nós.

## 1.3 Fixação

Foi necessário definir uma região fixa do modelo de forma à garantir que durante a aplicação dos carregamentos, o mesmo permanecesse rígido e calculasse as tensões referente à esses carregamentos, identificando os materiais em questão conforme mostrado na figura 2.

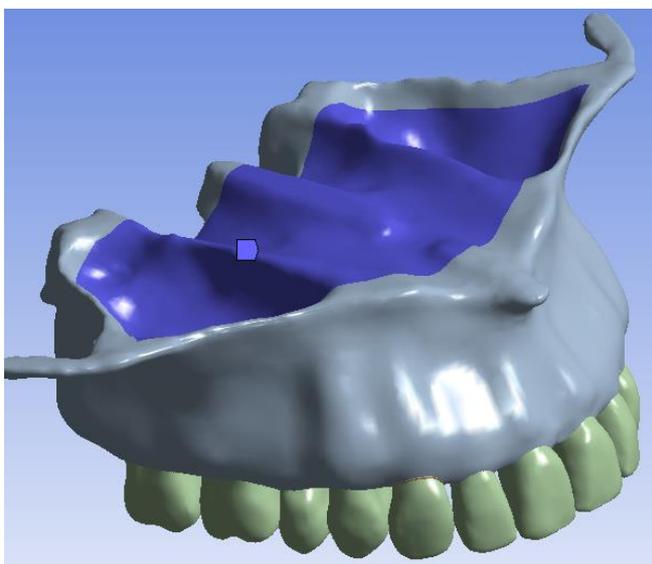


Figura 2 – Fixação do modelo.

## 1.4 Carregamento

Foi aplicado um deslocamento de 0,33mm de forma à simular uma movimentação para distal e deixar o alinhador perfeitamente adaptado aos dentes.

## 2. Definição das propriedades mecânicas

Para cada estrutura foram definidas duas propriedades mecânicas fundamentais: Coeficiente de Poisson e Módulo de Elasticidade (tabela 1), e para simular as estruturas envolvidas, suas características físicas, dimensionais e funcionais foram determinadas como segue:

- Osso alveolar: o modelo para osso alveolar foi definido como um material homogêneo e isotrópico com referência em estudos anteriores. (11)
- Dente (canino superior direito): o modelo do canino superior direito foi definido como um material homogêneo e isotrópico e não foram consideradas diferenças entre esmalte, dentina e cimento.
- Ligamento periodontal: Assumido como um material não linear isotrópico elástico e homogêneo com espessura de 0,2mm.
- *Attachments*: a forma, o tamanho e a posição dos *attachments* foram simulados utilizando as propriedades mecânicas da resina composta microhíbrida de média viscosidade Opallis flow (FGM, Joinville, SC) informadas pelo fabricante.(12) Os *attachments* também foram definidos como um material homogêneo e isotrópico.
- Alinhador termoplástico: O segmento do alinhador respeitou as propriedades do material plástico dos alinhadores *ClearCorrect™* com espessura de 0.75mm e também foi definido como um material de comportamento linear elástico, isotrópico e homogêneo.

<b>Material</b>	<b>Young's Modulus [MPa]</b>	<b>Poisson's ratio [-]</b>
Alinhador	1684.2	0.32
Ligamento Periodontal	500	0.30
Dente	20000	0.30
Ossos	12000	0.30
Attachment	12500	0.36

Tabela 1 – Propriedades mecânicas fundamentais das estruturas envolvidas na análise.

### **3. Simulação da movimentação dentária:**

Clinicamente para que a movimentação dentária ocorra, o alinhador é fabricado com uma incompatibilidade intencional e predeterminada entre ele e os dentes e, é subsequentemente posicionado ativamente na arcada dentária, resultando na transmissão de um sistema de forças que culminará com o deslocamento dental. Este estudo simulou esse processo, para um estágio de tratamento, impondo um deslocamento de 0,33 mm, conforme um estágio de tratamento com alinhadores ortodônticos termoplastificados ClearCorrect™ na direção distal do dente testado.

O deslocamento é controlado a partir de uma geometria onde o alinhador entra em contato com o dente que entende essa interferência, de maneira que não foi necessário extrair o primeiro pré-molar superior do modelo.

## **RESULTADOS**

### **1. Movimentação dentária**

Neste estudo, um deslocamento distal de 0,33mm foi aplicado para avaliar a distalização de um canino superior direito utilizando diferentes modelos de *attachments*. Após a aplicação do deslocamento, a resposta dentária e do ligamento periodontal foi analisada.

Os modelos de elementos finitos mostraram, ao aplicar um deslocamento distal em um canino superior direito, a ocorrência de inclinação da coroa dentária no canino dos três modelos, embora em diferentes intensidades (figura 3). No canino sem *attachment*, a diferença na coloração dos vetores – mostrada na figura 4 - indica maior intensidade de deslocamento acontecendo na região incisal, diminuindo gradativamente ao longo da coroa e atingindo os menores valores na porção cervical. O mesmo ocorre no canino com o *attachment* duplo e com o *attachment* retangular vertical. No entanto, a coloração mais uniforme dos vetores desde a área incisal até a cervical nestes dois modelos indica que o movimento tende a ocorrer de maneira mais controlada, sendo que o melhor resultado foi observado no modelo 03, como mostrado na figura 3.

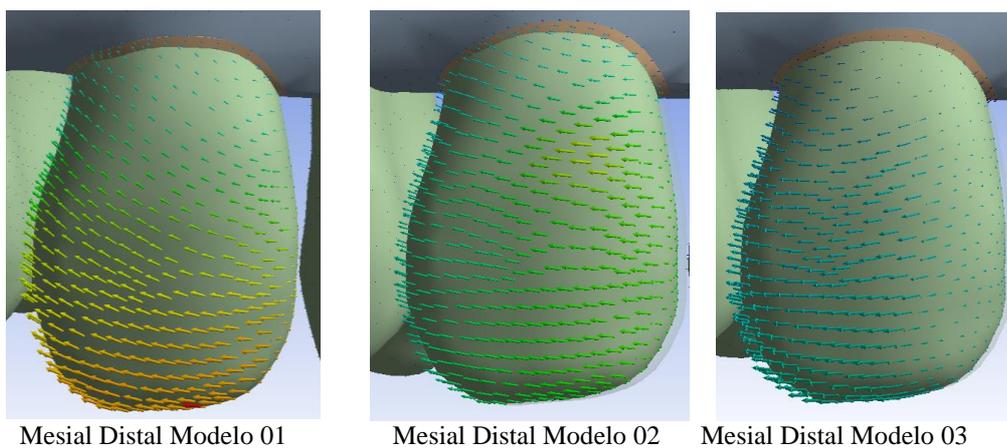


Figura 3 – Análise de deslocamento proporcional da coroa vista por vestibular.

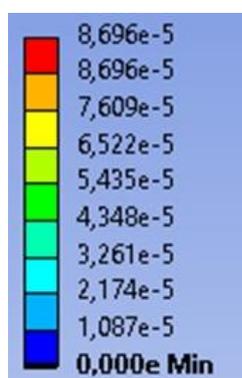
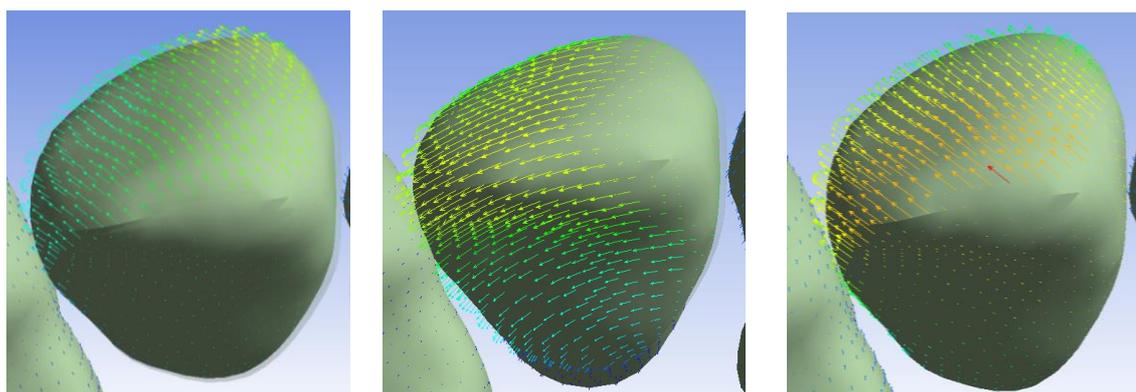


Figura 4 – Representação em escala de cor padronizada, utilizada para as figuras 3, 5, 6 e 7, para expressar a diferença no deslocamento sofrido pelo dente.

A inserção do alinhador nos dentes gera uma deformação elástica no material que resulta na aplicação de um sistema de forças pelo qual o dente responderá se deslocando. Na análise de deslocamento pelo método de elementos finitos a direção dos vetores indica o sentido no qual o dente tende à se movimentar.

Nas figuras 3, 5 e 6 é possível observar que os vetores não somente se direcionam para distal durante o deslocamento. O canino do modelo 01 apresenta tendência à intrusão e vestibularização do dente durante a distalização. O canino com o attachment duplo também apresenta leve tendência à intrusão (figura 6) e vestibularização (figura 5), sendo essa de menor intensidade em comparação ao não uso do *attachment*, onde esses efeitos são mais expressivos. No canino do modelo 03, no entanto, o sentido dos vetores direcionados mais paralelamente para distal, com leve direcionamento em alguns pontos para lingual, indicam menor propensão à rotação da coroa durante a distalização. Essas movimentações também podem ser visualizadas na figura 6 onde a análise da raiz é incluída, demonstrando uma intrusão mais acentuada no canino sem *attachment*, seguido pelo canino com o *attachment* duplo.



Mesial Distal Modelo 01

Mesial Distal Modelo 02

Mesial Distal Modelo 03

Figura 5 – Análise de deslocamento proporcional da coroa vista por oclusal.

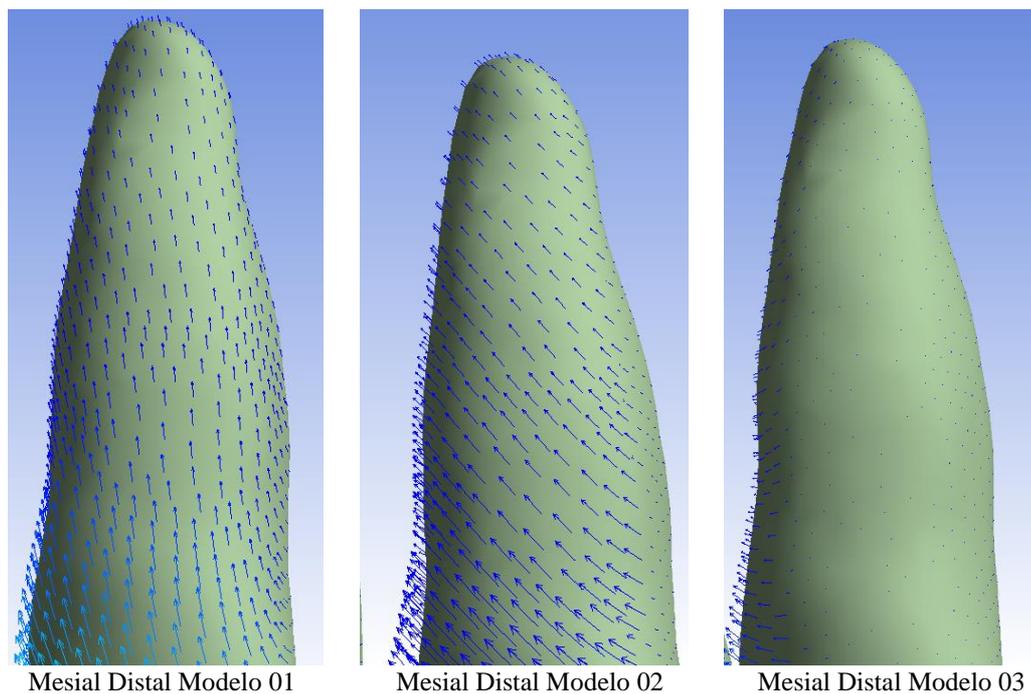
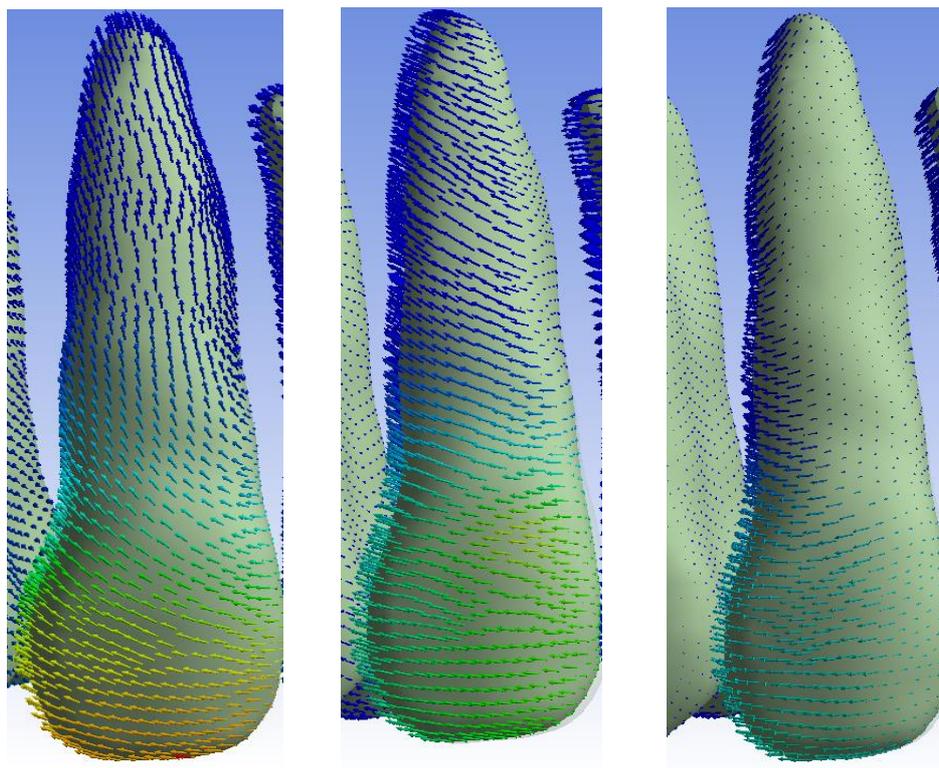


Figura 6 – Análise de deslocamento proporcional da raiz vista por vestibular.

A figura 7 representa a resposta à aplicação do deslocamento distal no dente em uma análise de vetor uniforme, onde é possível observar que o dente sem *attachment* (canino do modelo 01) responde com maior intensidade na coroa em relação à raiz que, exceto pelo vetor intrusivo presente, praticamente não se movimentam. Os caninos dos modelos 02 e 03 apresentam tendência à deslocar-se para distal de maneira mais uniforme se comparados ao canino do modelo 01, no entanto, ainda há maior intensidade na resposta à aplicação do deslocamento ocorrendo na coroa dentária em comparação à raiz.



Mesial Distal Modelo 01

Mesial Distal Modelo 02

Mesial Distal Modelo 03

Figura 7 – Deslocamento em análise de vetor uniforme. Neste tipo de análise a magnitude do deslocamento é analisada pelo dégradé de cores, não estando relacionada ao comprimento dos vetores, que apenas indicam a direção.

## 2. Distribuição de tensão

Os valores de distribuição das tensões no ligamento periodontal representadas em Máximas Principais (MPa) podem ser observadas na figura 8 para os modelos de alinhadores com espessura de 0,75mm. Com o objetivo de padronizar e garantir que a interpretação dos resultados dos modelos avaliados fosse uniforme e imparcial, a escala com os valores da distribuição de tensão foi padronizada entre 0 e 0,03 Mpa e os valores foram registrados para cada um dos modelos, sendo máxima tensão e mínima tensão para os modelos 01, 02 e 03, respectivamente: 0,059364 Mpa e 0,016704 Mpa; 4,2067 Mpa e 0,59446 Mpa; e 0,77939 Mpa e 0,070386 Mpa.

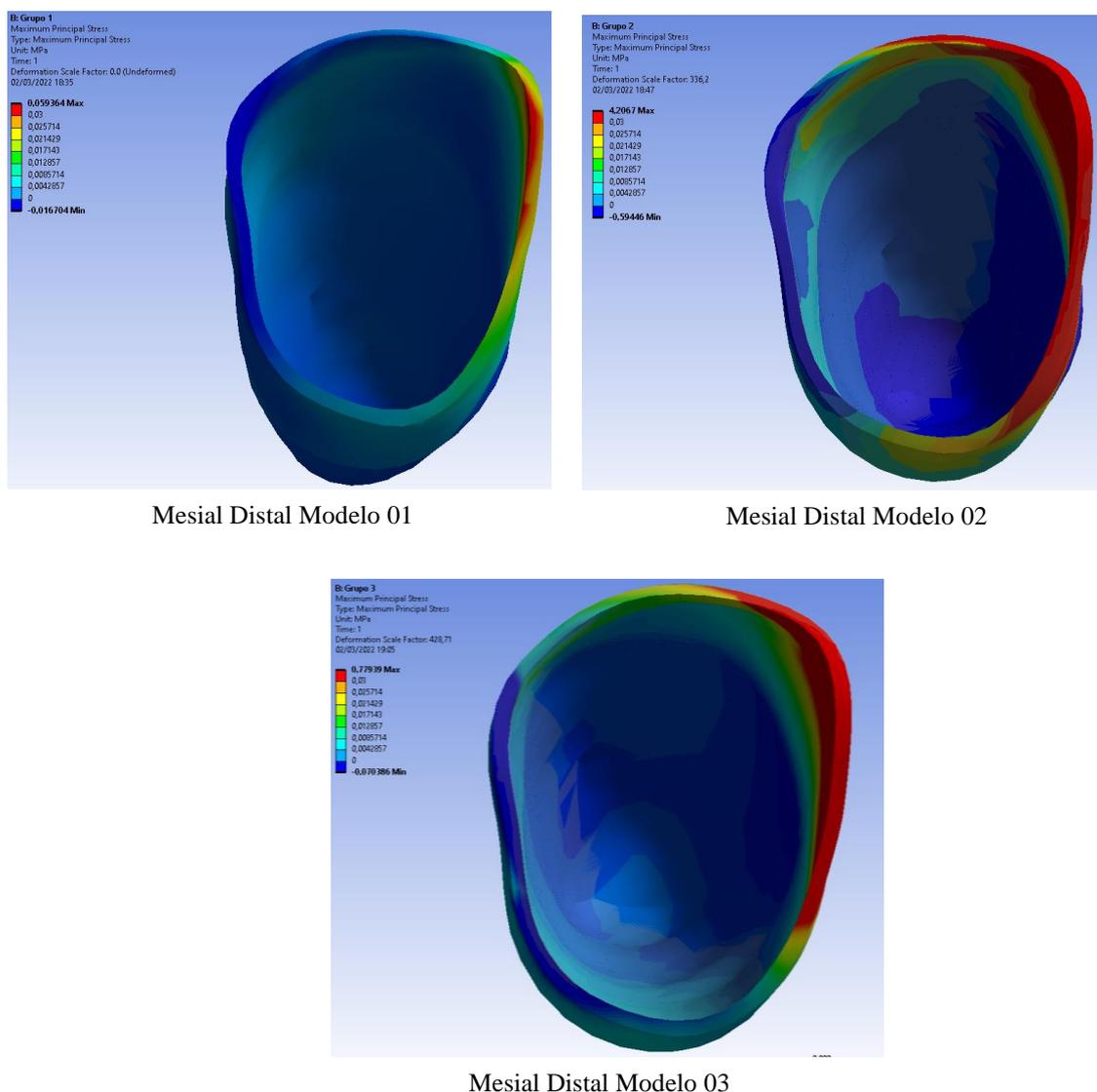


Figura 8 – Análise de tensões máximas principais pelo método de elementos finitos no ligamento periodontal.

Ao aplicar o deslocamento, o maior valor de tensão máxima no ligamento periodontal ocorreu no canino com o *attachment* duplo.

Nos três modelos, embora em diferentes intensidades, o estresse do ligamento periodontal concentrou-se na margem do canino (porção cervical mesial) e diminuindo ao longo do interior do alvéolo, onde a menor tensão foi registrada na porção média da raiz. Para os caninos dos modelos 02 e 03 observa-se tensões maiores estendidas por uma área maior do ligamento periodontal, tanto na área de tração, quanto de compressão das fibras, em comparação ao canino do modelo 01, onde foi praticamente nula ao longo da raiz. Em comparação, o uso

do *attachment* retangular vertical obteve valores maiores de tensão distribuídos ao longo da porção apical radicular.

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que para uma translação distal de 0,33mm programada para um canino superior com alinhadores ortodônticos, com ou sem *attachments*, deve-se esperar um padrão de deslocamento ocorrendo com inclinação dentária e não de pura translação. De acordo com Gomez et. al.(3), quando nenhum *attachment* é utilizado ao realizar a translação distal de um canino com alinhadores ortodônticos, uma vez que a força ortodôntica é aplicada e distribuída ao longo de toda coroa dentária, um momento no sentido horário é gerado resultando na inclinação do dente. Assim sendo, ao utilizar *attachments*, o objetivo seria gerar um momento no sentido anti-horário capaz de permitir que o movimento de corpo típico da translação dentária ocorra.

Nesta análise, ao se utilizar um *attachemnt* retangular vertical com bisel para mesial, foi possível observar que o efeito de inclinação da coroa dentária tende a ocorrer em menor intensidade e, conseqüentemente a distalização tende à ser efetuada com mais eficiência. Esse resultado é semelhante ao de Pan et. al(18), que mostraram ao analisar a mesialização de um incisivo central, que embora com o uso de um *attachment* retangular vertical tenha ocorrido o efeito colateral indesejado de inclinação dentária, esse foi menor e a translação ocorreu com maior eficiência pelo melhor efeito de controle radicular, em comparação ao não uso do *attachment*. O melhor efeito de controle de raiz ao se utilizar um *attachment* retangular no movimento de corpo de um dente pode estar relacionado ao fato de que com o *attachment* o centro de rotação do dente é deslocado mais em direção apical.(18)

Os autores incluíram o *attachment* duplo na análise com o intuito de avaliar se o binário existente em razão da posição dos dois *attachments* neutralizaria a inclinação

descontrolada do canino por meio da geração de um momento no sentido anti-horário capaz de movimentar a raiz e, por consequência, gerar translação do canino. Ao comparar o efeito da movimentação gerada pelo alinhador com os dois tipos de *attachments* propostos neste estudo (o *attachment* retangular vertical e o *attachment* duplo), observou-se maior uniformidade no padrão de deslocamento, com menor grau de inclinação, ocorrendo com a utilização do *attachment* retangular. A diferença entre esses eles foi pequena, sendo que em ambos foi observada a resposta à aplicação força ocorrendo na coroa dentária em maior intensidade em comparação à raiz.

Uma limitação deste estudo relacionada à análise pelo MEF está na dificuldade associada à simulação de grandes deslocamentos no dente como resultado da aplicação de forças ortodônticas a longo prazo, que dependem dos eventos biológicos de reabsorção e aposição óssea presentes em intervalos de tempo variáveis, e neste estudo a avaliação se deu no instante imediatamente após a inserção do alinhador. Yokoi et. al, 2019(19), ao analisar a translação mesial dos incisivos centrais durante o fechamento de um diastema com e sem *attachments*, observou que o *attachment* pouco afetou a movimentação do dente no momento da inserção do alinhador, sendo que o efeito colateral de inclinação do dente ocorreu independentemente da presença ou não do *attachment*. A explicação para tal efeito colateral de inclinação no sentido méso-distal ter sido observada, tanto no presente estudo, quanto no dos autores acima citados, pode estar no fato de no momento da inserção do alinhador este sofrer uma deformação elástica, que quando em posição gera um sistema de forças com a maior magnitude atuando na coroa dentária, fazendo com que as regiões do dente em contato direto com o plástico tendam a movimentar mais e em maior intensidade que as outras regiões sem contato, como a raiz.

Com o objetivo de realizar essa mesma análise, porém de forma longitudinal, simulando o uso do alinhador ao longo dos dias, Yokoi et. al, 2019(19) aumentou o módulo de

Young do alinhador a ponto de eliminar a sua deformação elástica, e ao fazer, observou que o dente com o Attachment Otimizado de Controle Radicular® (*Align Technology Inc., Santa Clara, CA*) estudado, e que inicialmente obteve resultados semelhantes ao dente sem *attachment*, transladou para a posição desejada, sem o efeito colateral de inclinação. Assim, é possível pensar que dado tempo suficiente após a inserção do alinhador, à medida que a força aplicada começa a diminuir e a relação momento/força a aumentar, o dente passa a movimentar também a raiz e, portanto, o *attachment* contribuindo para esse fenômeno. (19)

Em relação à outros movimentos não planejados ocorrendo concomitantemente à distalização, estudos prévios tem demonstrado que o padrão de deslocamento dentário no sentido ântero-posterior para dentes anteriores, utilizando alinhadores sem nenhum *attachment*, ocorre com rotação indesejada da coroa dentária e inclinação no sentido vestibulo-lingual.(1,3,15) Este efeito colateral também pode ser observado no presente estudo, onde o dente sem *attachment* apresentou a maior tendência à rotação. A razão para isso pode estar associada à anatomia do canino, que por ser um dente mais cilíndrico e expulsivo apresenta menos retenção na superfície da coroa dentária, fazendo com o que o alinhador tenda a deslizar ao tentar movimentá-lo, além de apresentar uma raiz muito volumosa.

O dente com o *attachment* retangular vertical foi o que apresentou a menor propensão à rotação durante a distalização, mostrando que o uso do *attachment* pode de fato reduzir a rotação axial, além da inclinação vestibulo-lingual da coroa. A literatura tem proposto alternativas afim de diminuir tais movimentações indesejadas(14), como o *attachment* proposto por Hong et. al, 2021(15), com um braço vertical no acessório se estendendo para a região gengival vestibular, coberto pelo alinhador, com o objetivo de aproximar o ponto de aplicação da força ao centro de resistência do dente. Tais mecanismos sugeridos, assim como os *attachments* propostos neste estudo, embora tenham sido capazes de reduzir, não conseguiram prevenir completamente os efeitos colaterais.

Outro efeito não planejado que merece atenção é o movimento no sentido vertical (intrusão e extrusão) ocorrendo concomitantemente ao movimento no sentido ântero-posterior. No tratamento ortodôntico, uma das situações clínicas em que o canino é distalizado é na realização da retração anterior pós distalização sequencial dos dentes posteriores ou extração de pré-molar. Alguns autores chamam atenção para o “*bowing effect*”, ou “efeito de curvatura”, quando espaços de extração são fechados com alinhadores ortodônticos, observando nos dentes adjacentes efeitos colaterais de extrusão dos incisivos, intrusão dos caninos e pré-molares e extrusão dos molares, além de inclinação dos dentes vizinhos ao local da extração, sendo que quanto maior a ativação por *step* de alinhador, mais intenso é o “efeito de curvatura” com os caninos diminuindo sua tendência à distalização e aumentando sua intrusão e inclinação. (20–22) Adicionar intrusão aos incisivos como forma de diminuir o “*bowing effect*” também não parece ser a solução, visto que segundo Zhu et. al 2021 esta ação acaba por aumentar ainda mais a intrusão do canino agravando a carga nos dentes de ancoragem. (20)

Dessa forma, nos casos em que o objetivo é a retração anterior, utilizar um *attachment* capaz de diminuir a intrusão do canino para ele movimentar melhor de corpo, diminuindo a inclinação vestibular da coroa e por consequência o efeito de curvatura pode ser uma boa decisão clínica. Assim, uma pequena extrusão ocorrendo em associação à distalização seria aceitável, visto que irá contrapor ao efeito intrusivo indesejado. Neste estudo, o *attachment* retangular vertical foi o que apresentou leve extrusão associada ao movimento de distalização, sendo que com o *attachment* duplo pode-se observar leve intrusão e no dente sem *attachment* uma intrusão mais expressiva ocorreu, e que pode ser desfavorável ao objetivo do tratamento.

Este estudo analisou também a resposta do ligamento periodontal ao deslocamento aplicado. A literatura mostra que o estresse no ligamento periodontal dentro de uma faixa específica está positivamente relacionado à velocidade de remodelação óssea alveolar e consequente movimentação dentária, sendo que a magnitude mínima necessária para iniciar o

processo de remodelação óssea é de 0,0026 MPa.(23) Os caninos dos três modelos avaliados neste estudo superaram este valor, sendo que os do modelo 02 e 03 obtiveram tensões maiores distribuídas por uma maior área ao longo do ligamento periodontal circundante ao dente. Xu et al, 2018 (24) mostraram que a presença do *attachment* reforça a retenção do alinhador no dente, o que melhora a expressão do movimento, como visto no presente estudo.

Vale ressaltar que diferenças entre esse e outros estudos podem estar relacionadas às características do alinhador utilizado por diferentes autores (referentes às suas propriedades físicas e mecânicas); ao formato, tamanho e posição dos *attachments* no dente; a anatomia dentária e à diferenças metodológicas, como por exemplo a construção e o método de aquisição do modelo para avaliação pelo MEF. Assim, o estudo possui algumas limitações como o fato de seus resultados não serem generalizáveis para outros tipos de dentes e *attachments*. Além disso, é importante salientar que o deslocamento está aplicado em todos os dentes, no entanto, apenas a resposta do canino foi analisada de forma que essa análise comparativa não deve ser extrapolada para outros tipos de movimentações e outros dentes.

Por fim, a movimentação ortodôntica com alinhadores ocorre de forma contínua e ordenada, e o processo envolve a sobreposição de diversas posições de equilíbrio estático em um ambiente tecidual em constante mudança, em que gradualmente o dente move-se em direção à posição desejada e esse estudou simulou um desses momentos, fazendo-se necessária a análise longitudinal para melhor compreender resposta dentária frente à aplicação de um deslocamento.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados mostraram que o uso de *attachments* é capaz de afetar positivamente a movimentação dentária com alinhadores ortodônticos, e embora os *attachments* estudados não tenham sido capazes de evitar completamente os efeitos colaterais, eles os reduziram, sendo

que o dente com o attachment retangular vertical foi o que apresentou o melhor controle na distalização.

## REFERÊNCIAS

1. Comba B, Parrini S, Rossini G, Castroflorio T, Deregibus A. A Three-Dimensional Finite Element Analysis of Upper-Canine Distalization with Clear Aligners, Composite Attachments, and Class II Elastics. *J Clin Orthod [Internet]*. 2017;51(1):24–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28253487>
2. Dasy H, Dasy A, Asatrian G, Rózsa N, Lee HF, Kwak JH. Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. *Angle Orthod*. 2015;85(6):934–40.
3. Gomez JP, Peña FM, Martínez V, Giraldo DC, Cardona CI. Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod*. 2015;85(3):454–60.
4. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: Incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014;145(6):728–36.
5. Goto M, Yanagisawa W, Kimura H, Inou N, Maki K. A method for evaluation of the effects of attachments in aligner-type orthodontic appliance: Three-dimensional finite element analysis. *Orthod Waves*. 2017;76(4):207–14.
6. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod*. 1984;85(4):294–307.
7. Cai Y, He B, Yang X, Yao J. Optimization of configuration of attachment in tooth translation with transparent tooth correction by appropriate moment-to-force ratios: Biomechanical analysis. *Biomed Mater Eng*. 2015;26:S507–17.
8. Garino F, Ravera S, Rossini G. Effectiveness of Composite Attachments in Controlling Upper- Molar Movement with Aligners. *J Clin Orthod*. 2016;L(6):341–7.
9. Konda P, Sa T, Student P. Basic principles of finite element method and its applications in orthodontics Abstract: Introduction: - Pre processing : *J Pharm Biomed Sci*. 2012;16(16):1–8.
10. Gultekin A, Turkoglu P, Yalcin S. Application of Finit Element Analysis in Implant Dentistry. *IntechOpen*. 2012.
11. Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, Miyakawa O, Kusakari H. Influence of implant design and bone quality on stress/strain distribution in bone around implants: A 3-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18: 357–368.

12. FGM. Perfil Técnico. 2011 [Internet]. 2011;16. Available from: <https://www.dentalabs.com.br/media/pdf/catalogos/opallis.pdf>
13. D'Antò V, Bucci R, De Simone V, Ghislanzoni LH, Michelotti A, Rongo R. Evaluation of Tooth Movement Accuracy with Aligners: A Prospective Study. *Materials (Basel)*. 2022;15(7):1–10.
14. Kim WH, Hong K, Lim D, Lee JH, Jung YJ, Kim B. Optimal position of attachment for removable thermoplastic aligner on the lower canine using finite element analysis. *Materials (Basel)*. 2020;13(15):1–22.
15. Hong K, Kim W, Eghan-acquah E, Lee J, Lee B, Kim B. Efficient Design of a Clear Aligner Attachment to Induce Bodily Element Analysis. 2021;
16. Parrini S, Comba B, Rossini G, Ravera S, Cugliari G, De Giorgi I, et al. Postural changes in orthodontic patients treated with clear aligners: A rasterstereographic study. *J Electromyogr Kinesiol*. 2018;38:44–8.
17. Ayidaga C, Kamiloglu B. Effects of Variable Composite Attachment Shapes in Controlling Upper Molar Distalization with Aligners: A Nonlinear Finite Element Study. *J Healthc Eng*. 2021;2021.
18. Pan S, Zou D, Pan X, Tsai TY. Effect of Attachment on Movement Control of the Central Incisor Using Invisible Orthodontics: In-Silico Finite Element Analysis. *J Shanghai Jiaotong Univ*. 2021;26(3):383–90.
19. Yokoi Y, Arai A, Kawamura J, Uozumi T, Usui Y, Okafuji N. Effects of Attachment of Plastic Aligner in Closing of Diastema of Maxillary Dentition by Finite Element Method. *J Healthc Eng*. 2019;2019.
20. Zhu Y, Hu W, Li S. Force changes associated with differential activation of en-masse retraction and/or intrusion with clear aligners. *Korean J Orthod*. 2021;51(1):32–42.
21. Ojima K, Dan C, Nishiyama R, Ohtsuka S, Schupp W. Accelerated extraction treatment with Invisalign. *J Clin Orthod*. 2014;48(8):487–99.
22. Baldwin DK, King G, Ramsay DS, Huang G, Bollen AM. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: Premolar extraction patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008;133(6):837–45.
23. Penedo ND, Elias CN, Pacheco MCT, de Gouvêa JP. 3D simulation of orthodontic tooth movement. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(5):98–108.
24. Xu N, Lei X, Yang X, Li X, Ge Z. Three-dimensional finite element analysis on canine teeth distalization by different accessories of bracket-free invisible orthodontics technology. *AIP Conf Proc*. 2018;1955.

## 2. Artigo científico 2

Artigo de acordo com as normas da Faculdade ILAPEO, para futura publicação no periódico Dental Press Journal of Orthodontics.

### TRATAMENTO DE MORDIDA CRUZADA POSTERIOR COM MARPE E ALINHADORES ORTODÔNTICOS – RELATO DE CASO

Carolina Fernandes Dallanora<sup>1</sup>  
Roberto Hideo Shimizu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna do programa de pós-graduação Doutorado em Ortodontia da Faculdade ILAPEO, Curitiba, Brazil.

<sup>2</sup> Pós-doutor em Ortodontia pela UNESP. Coordenador do curso de Ortodontia da Faculdade ILAPEO, Curitiba, Brazil.

#### RESUMO

Este relato de caso apresenta a utilização de um aparelho de expansão rápida da maxila ancorado em mini-implantes – MARPE (*microimplant-assisted rapid palatal expansion*) – para correção de mordida cruzada posterior em um paciente adulto jovem e posterior finalização ortodôntica com alinhadores ortodônticos ClearCorrect™. O planejamento e execução do disjuntor foram realizados pelo fluxo digital e após a instalação, o aparelho foi ativado ¼ de volta ao dia durante 5 semanas obtendo-se a disjunção da sutura palatina mediana. Após 45 dias com o disjuntor estabilizado as hastes foram cortadas e as bandas dos dentes 16 e 26 foram removidas. Realizou-se o escaneamento, as fotografias extra e intrabucais e submeteu-se o caso clínico para realização do Setup virtual para tratamento com alinhadores ortodônticos ClearCorrect™. O setup foi aprovado com 19 pares de alinhadores na primeira fase, sendo que ao final da primeira fase mais 5 pares de alinhadores para refinamento foram necessários. A troca dos alinhadores foi programada a cada 15 dias totalizando 1 ano e 2 meses de tratamento. A eficácia do tratamento pode ser observada na melhora da forma dos arcos superior e inferior, do overjet e do overbite e, principalmente, na correção da MCP que se deve à boa disjunção palatina mediana conseguida, o que proporcionará uma melhor estabilidade do tratamento.

**Palavras-chave:** Técnica de Expansão Palatina; Procedimentos de Ancoragem Ortodôntica; Aparelhos Ortodônticos Removíveis; ClearCorrect; Ortodontia.

#### ABSTRACT

This case report presents the use of a microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance – MARPE – for a posterior crossbite correction in a young adult and posterior orthodontic completion with ClearCorrect™ orthodontic aligners. Planning and execution of the MARPE appliance were by digital flow and after installed it was activated ¼ turn a day for 5 weeks obtaining the intermaxillary suture opening. After 45 days with MARPE being kept stabilized in mouth, the stems were cut off and the bands on tooth 16 and 26 removed. In sequence, the intra-oral scan and intra and extra-oral photos were taken and the virtual Setup for treatment with ClearCorrect™ aligners was submitted. Setup was approved with 19 pairs of aligners in the first phase of treatment, with need of 5 more pairs for refinement at the end. Aligners were replaced every 14 days, totalizing 1 year and 2 months of total treatment. The effectiveness of treatment can be seen in the improvement in the shape of upper and lower arches, such as the overjet and overbite and, mainly, in the correction of the posterior crossbite, which is due to the good midpalatal expansion achieved, which will provide better treatment stability.

**Keywords:** Palatal expansion technique; Orthodontic Anchorage Procedures; Orthodontic Appliances, Removable; ClearCorrect; Orthodontics.

## INTRODUÇÃO

A atresia maxilar é uma alteração transversal de crescimento de alta frequência na população, que se caracteriza por um estreitamento da arcada superior em relação à inferior comumente associada à presença de mordida cruzada posterior (MCP) uni ou bilateral, apinhamento dentário, palato ogival e disfunções respiratórias.(1–3) A expansão rápida da maxila (ERM) é um método de correção eficiente e estável das discrepâncias transversais maxilares, que ocorre pela abertura da sutura palatina mediana, e por isso recomenda-se o tratamento antes e/ou durante o surto de crescimento esquelético, visto que com o mesmo ocorre a calcificação das suturas craniofaciais, incluindo as suturas intermaxilares, aumentando a resistência mecânica destas estruturas à qualquer tipo de intervenção. (1–5)

Devido ao aumento da resistência esquelética, em pacientes adultos, os principais aparelhos ortodônticos utilizados na ERM (dentomuscossuportados ou dentossuportados) podem gerar efeitos colaterais prejudiciais aos dentes de ancoragem e aos tecidos de suporte, como: vestibularização e extrusão dental, deiscência, recessão gengival e reabsorção radicular.(6,7) Uma das alternativas à ERM convencional é a expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes com disjuntores dentoosseossuportados ou osseossuportados, que tem por objetivo dissipar as forças geradas pela disjunção nos mini-parafusos e, conseqüentemente, no osso palatino, reduzindo os efeitos colaterais.(8,9) Um destes aparelhos é o MARPE (*microimplant-assisted rapid palatal expansion*), dispositivo híbrido ancorado tanto em mini-implantes quanto nos dentes posteriores. (8,9)

Desde a sua introdução no século passado e sua popularização nos últimos anos, a procura pelo tratamento ortodôntico com os alinhadores termoplastificados tem aumentado

consideravelmente entre muitos pacientes, principalmente adultos, como uma alternativa ao aparelho fixo convencional, principalmente em razão das suas características relacionadas à estética, conforto e higiene.(10,11) Inicialmente introduzidos com o objetivo de solucionar apinhamentos dentários leves à moderados e realizar o fechamento de pequenos espaços, hoje, com a evolução do sistema, e a incorporação de diferentes tipos de acessórios, novos materiais e novos *attachments* melhorando a biomecânica do aparelho, casos de diferentes complexidades tem sido tratados e a eficácia da terapia com alinhadores tem sido bastante documentada.(12–14)

A expansão de um arco com atresia, além de aumentar o perímetro da arcada dentária proporcionando mais espaço para o alinhamento dos dentes, melhora a dimensão transversal do sorriso e corrige mordidas cruzadas posteriores.(15,16) Uma certa quantidade de movimento de expansão dentoalveolar é possível de ser realizada com o sistema de alinhadores ortodônticos, sendo que Houle et al(16) encontraram uma precisão média de 72,8% da expansão determinada pelo planejamento virtual acontecendo clinicamente para a maxila, enquanto que para a arcada inferior a acurácia foi de 87.7%.(16) No entanto, a literatura mostra que o planejamento virtual pode superestimar a expansão pelo movimento de corpo, onde mais inclinação dentária é observada.(16) Assim, quando uma maior expansão é desejada, ou quando se deseja a correção do problema esquelético transversal, faz-se necessário o uso de terapias auxiliares.

Este relato de caso clínico tem como finalidade apresentar a correção de uma mordida cruzada posterior utilizando um disjuntor MARPE com posterior finalização do tratamento ortodôntico com alinhadores ortodônticos.

## RELATO DE CASO

Paciente masculino, com 25 anos de idade, procurou tratamento ortodôntico com a seguinte queixa: “arcada dentária pequena e dentes tortos”. Clinicamente, o paciente apresentava relação molar de Classe I, apinhamento dentário ântero-inferior leve, linhas médias superior e inferior coincidentes, mordida cruzada posterior no lado esquerdo e forma do arco superior triangular, característico da atresia maxilar. (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Fotos extra-bucais iniciais: frontal (a), perfil (b) e sorrindo (c).

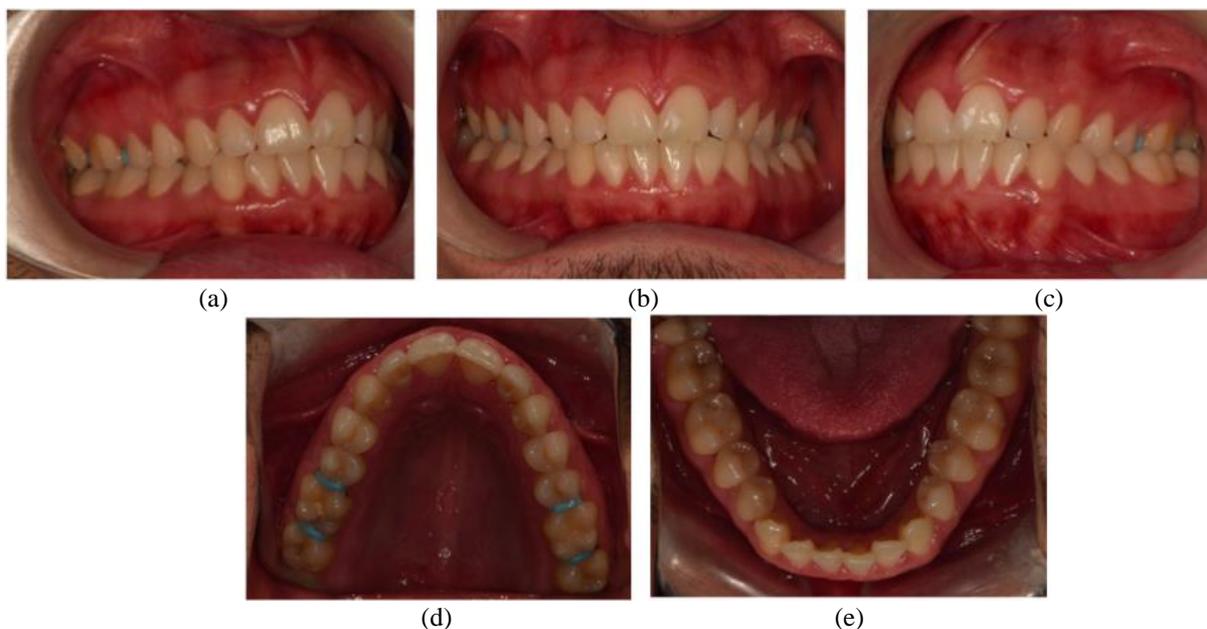


Figura 2 – Fotos intrabucais iniciais: lateral direita (a), frontal (b), lateral esquerda (c), oclusal superior (d) e oclusal inferior (e).

Em razão do grau de atresia maxilar, o plano de tratamento definido para o caso foi a expansão rápida da maxila com o MARPE para a correção da deficiência transversal, em alternativa à expansão rápida da maxila cirurgicamente assistida (ERMCA), e posterior finalização ortodôntica com alinhadores ortodônticos ClearCorrect™. Um exame tomográfico inicial foi solicitado para a realização do diagnóstico e planejamento do MARPE.

O dispositivo selecionado para o caso foi o disjuntor MARPE (Kika Digital Orthodontics, Sorocaba, Brasil) ancorado em 2 mini-implantes anteriores HS MARPE 1.8x7x6mm da PecLab (Belo Horizonte, Brasil) e 2 mini-implantes posteriores com as mesmas configurações.

A confecção do aparelho foi realizada pelo fluxo digital, dessa forma inicialmente colocou-se os elásticos separadores nos dentes 16 e 26 e após 4 dias foi realizado o escaneamento da arcada dentária. Os modelos digitais (STL) superior e inferior das arcadas foram enviados para o laboratório Kika Digital Orthodontics (Sorocaba, Brasil) que confeccionou o disjuntor. Para a instalação, os dentes 16 e 26 foram novamente separados e o disjuntor foi cimentado aos dentes por meio das bandas e na sequência os mini-implantes foram instalados. (Figura 3)

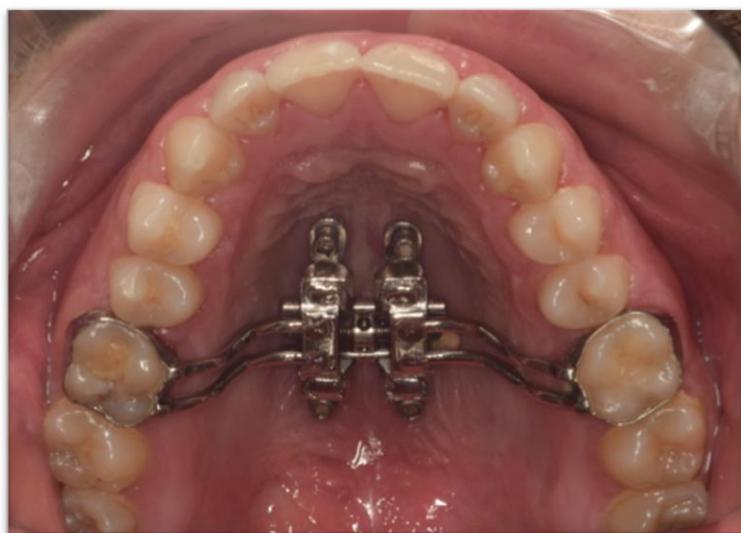


Figura 3 – Fotografia intra-oral oclusal superior do MARPE após instalação.

Os mini-implantes foram selecionados com a finalidade de efetuar a bicorticalização, a qual foi conseguida na instalação. O planejamento do posicionamento dos mini-implantes e dos seus comprimentos foram realizados virtualmente a partir de uma Tomografia Cone Beam.

O protocolo selecionado para ativação do MARPE foi:  $\frac{1}{4}$  de volta ao dia durante 5 semanas. Ao final da ativação, o aparelho foi estabilizado e mantido em boca por 45 dias, quando foi reavaliado o caso clínico. O resultado clínico após a disjunção pode ser visualizado na figura 4, assim como a presença de diastema interincisivo que evidencia o rompimento da sutura palatina mediana.

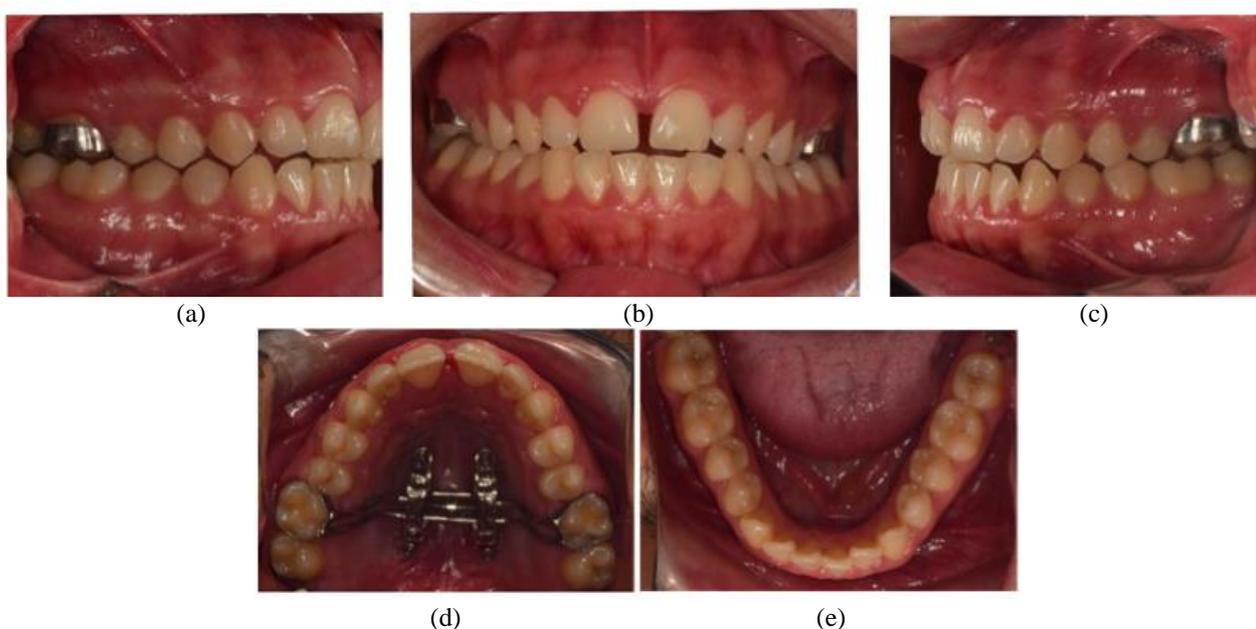


Figura 4 – Fotos intra-buciais após o término da disjunção palatina: lateral direita (a), frontal (b), lateral esquerda (c), oclusal superior (d) e oclusal inferior (e).

Após a estabilização do disjuntor um novo exame tomográfico foi realizado para comparação com a condição pré-disjunção (figuras 5a e 5b).

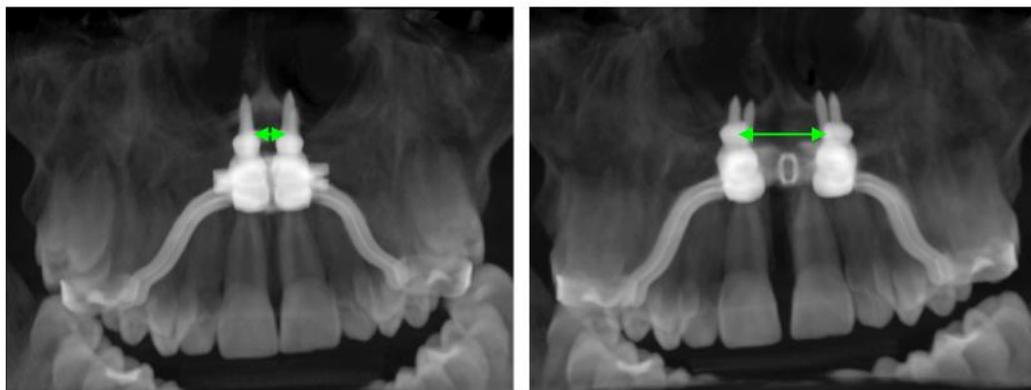


Figura 5a – Imagem tomográfica em vista frontal pré e pós-disjunção onde é possível observar rompimento da sutura palatina mediana.



Figura 5b – Imagem tomográfica em corte coronal pós-disjunção onde é possível observar que a abertura da sutura palatina mediana ocorreu de forma paralela.

Durante o período de estabilização do MARPE iniciou-se o processo de submissão do caso clínico para o tratamento ortodôntico com alinhadores, objetivando finalizar o tratamento atingindo uma oclusão funcional. Neste período as bandas do MARPE foram removidas, mantendo-se apenas a estrutura metálica no palato suportada pelos mini-implantes e foram realizadas fotografias e escaneamentos dos arcos superior e inferior e, finalmente, a submissão à ClearCorrect. Para a manutenção dos dentes em suas posições, foi utilizada uma contenção produzida de *PET-G* de 1 mm e o paciente foi orientado utilizá-la até o início do tratamento com os alinhadores (Figuras 6 e 7).



Figura 6 – Imagem oclusal do modelo digital superior com o disjuntor estabilizado com apenas a estrutura no palato.



Figura 7 – Disjuntor estabilizado sem as bandas e uma placa PET-G termoplastificada de 1 mm sendo mantida como contenção.

O Setup virtual foi realizado e aprovado após as modificações necessárias (Figura 8) e o tratamento com os alinhadores ortodônticos foi iniciado. O caso foi tratado com um total de 24 alinhadores nas arcadas superior e inferior, sendo 19 pares de alinhadores na primeira etapa do tratamento e 5 pares de alinhadores na etapa de refinamento, e o paciente foi orientado a realizar a troca dos alinhadores a cada 14 dias. O tratamento foi realizado sem a necessidade de desgastes interproximais e *attachments* foram colocados em vários dentes para alcançar um movimento dentário mais previsível.

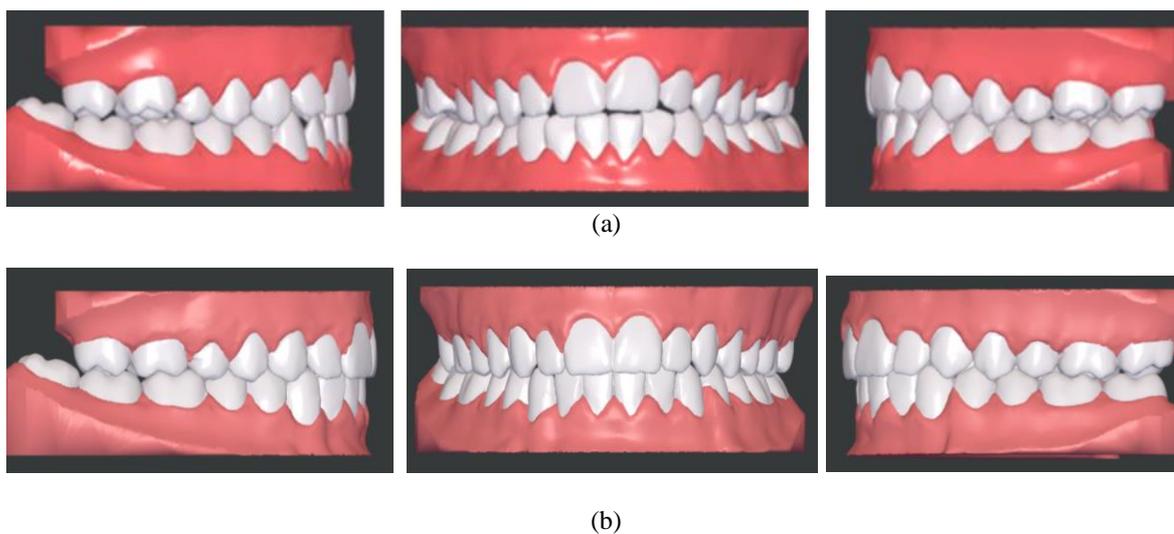


Figura 8 – Imagem do Setup virtual pré-tratamento com alinhadores (a) e após o tratamento (b).

Consultas de controle para verificação do ajuste do alinhador, progresso do tratamento e cooperação do paciente eram realizadas a cada 4 semanas. A duração total do tratamento com os alinhadores foi de 1 ano e 2 meses e, ao final da intervenção, a mordida cruzada posterior foi corrigida, assim como uma boa finalização foi atingida e o paciente ficou satisfeito com o resultado do tratamento. O aspecto clínico final pode ser visualizado nas figuras 9 e 10.

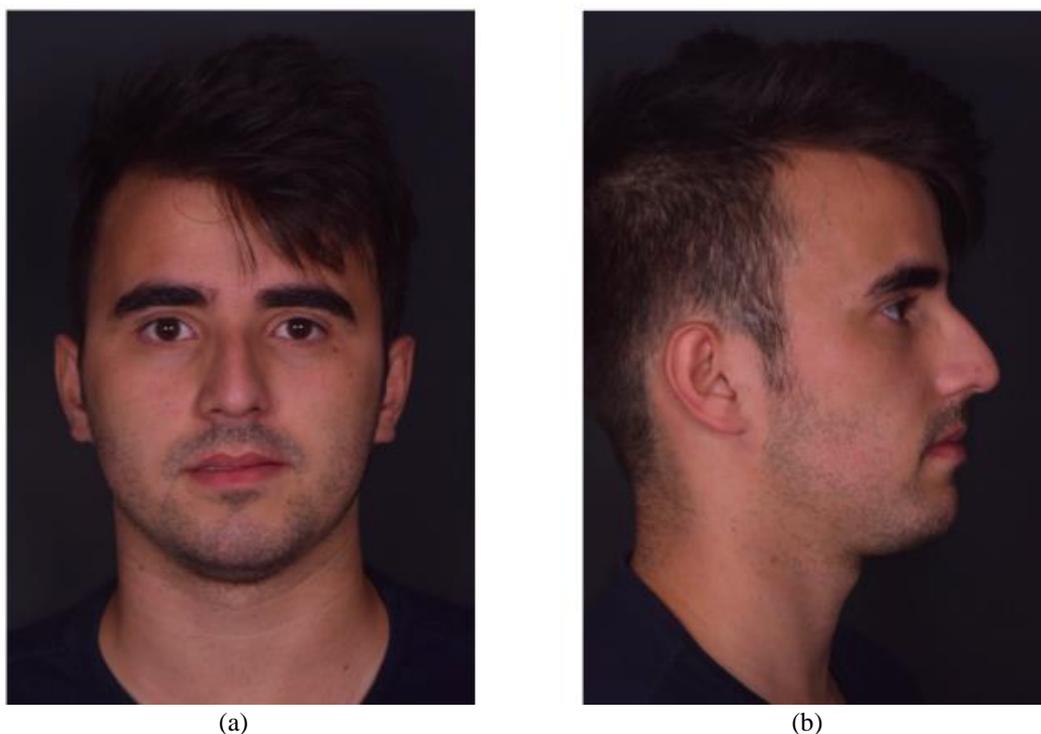


Figura 9 – Fotos extra-bucais finais: frontal (a) e perfil (b).

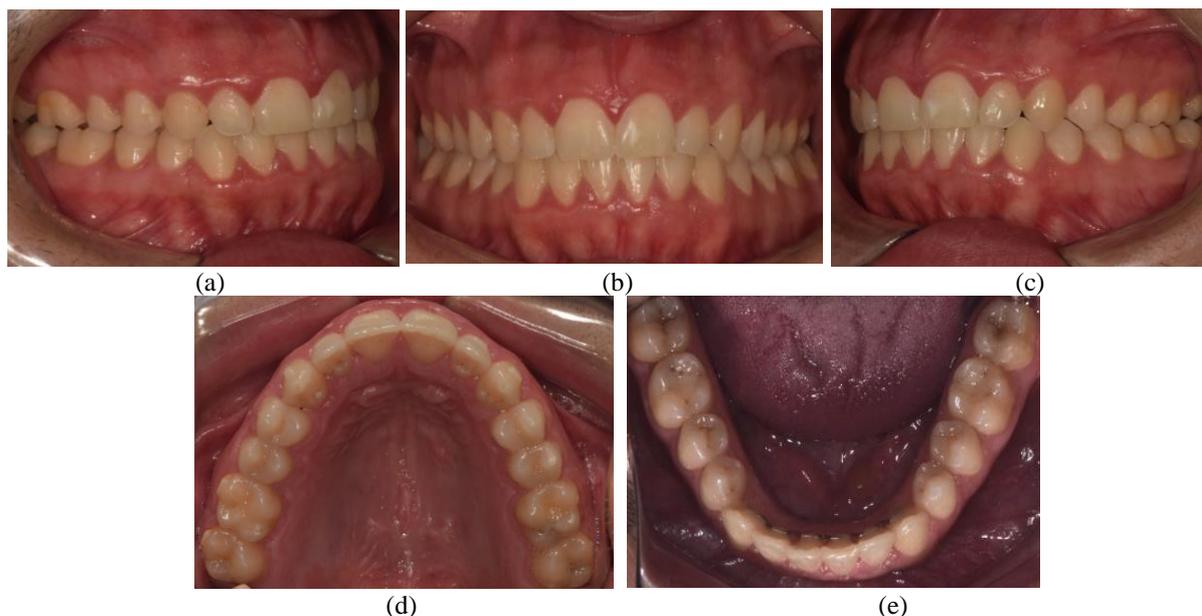


Figura 10 – Fotos intrabucais finais: lateral direita (a), frontal (b), lateral esquerda (c), oclusal superior (d) e oclusal inferior (e).

Após a finalização, para evitar recidivas, uma contenção fixa inferior 3x3 foi instalada e na arcada superior, utilizou-se uma contenção tipo Hawley durante o dia e a noite por 6 meses e, após esse período, uso noturno por tempo indeterminado (mínimo mais 6 meses).

## DISCUSSÃO

Determinar o tratamento da mordida cruzada posterior depende do correto diagnóstico. Quando essa má-oclusão é de origem dentária, a base óssea apresenta proporção transversal correta, mas processos dento-alveolares irregulares e nesses casos, o tratamento consiste na expansão dentoalveolar. Nos casos em que a MCP é de origem esquelética - como o apresentado neste relato - ou seja, os processos dentoalveolares estão corretamente posicionados, mas a base óssea apresenta-se com atresia severa, o tratamento consiste na ruptura da sutura palatina mediana, afim de alcançar a expansão da base óssea, combinada com aparelhos fixos ou removíveis, como os alinhadores ortodônticos. (3)

O objetivo do MARPE, disjuntor ancorado em mini-implantes idealizado por Lee et. al(8), é obter a separação da sutura palatina mediana potencializando o efeito esquelético - em

substituição à expansão rápida da maxila cirurgicamente assistida, que embora atinja bons resultados, é um procedimento invasivo que pode desencorajar os pacientes - e evitando efeitos dentoalveolares muitas vezes observados nos dispositivos dentossuportados ou dentomucossuportados.(8) Esse disjuntor surgiu como uma alternativa de tratamento para pacientes em estágio avançado de maturação esquelética e com necessidade de ERM e por esta razão foi o escolhido na condução do caso de um adulto jovem apresentado neste relato.

Uma das dificuldades no procedimento de disjunção maxilar é obter paralelismo na abertura das regiões posterior e anterior da maxila, e isso se dá pela maior resistência óssea encontrada na região de união entre a maxila e as lâminas pterigoideas.(17) Ao ancorar o corpo do disjuntor no osso maxilar por meio dos mini-implantes, e não somente na mucosa do palato e nos dentes, aproxima-se a aplicação das forças do centro de resistência da maxila, e a dissipação dessas forças ocorre de forma mais homogênea, evitando a inclinação para vestibular dos dentes e produzindo uma abertura da sutura mais paralela.(18) Elkenawy et al(19) comprovaram a eficiência destes tipos de aparelhos em um estudo onde, ao analisar o efeito da abertura conseguida na espinha nasal anterior (ENA) e na espinha nasal posterior (ENP) utilizando um tipo de expansor ancorado em mini-implantes, observaram uma expansão média de 4,98 mm na ENA em comparação à 4,7 mm na ENP, alcançando um paralelismo de 96% na direção sagital.

Idealmente, afim de obter o paralelismo na abertura da sutura, o corpo do disjuntor deve ser posicionado o mais para posterior possível, no entanto, deve-se considerar no planejamento da instalação dos mini-implantes a espessura do palato nas áreas terminais, que não podem ser muito finas, além do fato da região posterior próxima ao rebordo alveolar ser uma área de alta vascularização, fatores que em alguns casos impossibilitam a instalação dos mini-parafusos nessa região.(17,20)

A seleção do tamanho dos mini-implantes é outro fator a ser levado em consideração durante o planejamento do MARPE, visto que a literatura mostra que alcançar a bicorticalização aumenta a estabilidade dos mini-parafusos, diminuindo o risco de fratura e deformação e contribuindo para uma expansão mais paralela.(21,22) Lee et al(22) afim de determinar se há um mínimo necessário de profundidade na bicorticalização, compararam a ancoragem do mini-implante em 1 mm e 2,5 mm bicorticais, e observaram que a diferença pouco impacta na estabilidade, deslocamento e deformação dos mini-implantes.

No caso relatado neste artigo é possível observar que o paciente além de apresentar a deficiência transversal esquelética, apresentava os processos dento-alveolares irregulares com inclinação lingual das coroas dos dentes superiores. Após a disjunção, apesar de haver ocorrido uma abertura paralela da sutura palatina mediana, houve certa vestibularização dos dentes 16 e 26, devido aos apoios das bandas. Nesse caso em específico, no entanto, esse efeito colateral foi positivo, pois auxiliou no descruzamento da mordida. É possível observar que os pré-molares e caninos mantiveram a inclinação para lingual que seria posteriormente corrigida com uso dos alinhadores.

Com a evolução da Ortodontia nas últimas décadas, houve também um aumento na demanda por estética e conforto por parte dos pacientes buscando tratamento, e acompanhando essa crescente os alinhadores ortodônticos foram se tornando mais populares no mercado. De fato, Alami et. al(23), ao avaliar a percepção e satisfação de pacientes tratados com alinhadores observaram que 92,7% deles ficaram satisfeitos com a “invisibilidade” e conforto do aparelho e 97,1% estavam contentes com a facilidade de higiene.

A literatura também vem estudando a biomecânica do sistema, além da eficiência em termos de previsibilidade da movimentação dentária com os alinhadores.(13,14,24) A recente revisão de literatura de Mortazavi et al (24) mostrou que há uma diversidade significativa entre

os resultados apresentados pelos diversos estudos incluídos, no entanto, há um consenso em relação à eficácia do sistema no alinhamento e nivelamento dos dentes anteriores e boa melhora na oclusão geral.

Clinicamente, um dos aspectos que comumente são observados quando há atresia maxilar é a inclinação lingual da coroa dos dentes inferiores como forma compensatória na tentativa de evitar o cruzamento da mordida. No caso deste relato, a correção dentoalveolar dos dentes inferiores, juntamente com os dentes superiores, era um dos objetivos do tratamento.

Em relação à eficácia do sistema para expansão do arco, autores observaram em seu estudo aumento em todas as larguras dentárias desejadas em maior ou menor grau, sendo a expansão mais efetiva na área dos pré-molares e menos efetiva próximo aos segundos molares.(25) No entanto, o efeito de expansão alcançado pelos alinhadores ocorre principalmente por meio de inclinação vestibular da coroa e esses mesmos autores apontaram que uma sobrecorreção deve ser programada no desenvolvimento do planejamento virtual para obter melhores resultados.(25)

## **CONCLUSÃO**

No relato do caso acima apresentado, observou-se a eficácia do tratamento com o MARPE e posteriormente alinhadores, verificando uma melhora geral da condição oclusal do paciente, a correção da MCP, melhora da forma dos arcos superior e inferior, do apinhamento ântero-inferior, do overbite e do overjet.

A correção da MCP se deve à boa disjunção palatina mediana conseguida, o que proporcionará uma melhor estabilidade do tratamento.

## **REFERÊNCIAS**

1. Bucci R, D'Antò V, Rongo R, Valletta R, Martina R, Michelotti A. Dental and skeletal

- effects of palatal expansion techniques: a systematic review of the current evidence from systematic reviews and meta-analyses. *J Oral Rehabil.* 2016;43(7):543–64.
2. Haas A. The Treatment Of Maxillary Deficiency By Opening The Midpalatal Suture. *Angle Orthod.* 1965;35(3):200–17.
  3. Castañer-Peiro A. Interceptive orthodontics: the need for early diagnosis and treatment of posterior crossbites. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006;11(2):210–4.
  4. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA. Treatment Timing for Rapid Maxillary Expansion. *Angle Orthod.* 2001;71(5):343–50.
  5. Mehta S, Gandhi V, Vich ML, Allareddy V, Tadinada A, Yadav S. Long-term assessment of conventional and mini-screw-assisted rapid palatal expansion on the nasal cavity. *Angle Orthod.* 2022;93(2):315–23.
  6. Lin L, Ahn HW, Kim SJ, Moon SC, Kim SH, Nelson G. Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *Angle Orthod.* 2015;85(2):253–62.
  7. Akin M, Akgul YE, Ileri Z, Basciftci FA. Three-dimensional evaluation of hybrid expander appliances: A pilot study. *Angle Orthod.* 2016;86(1):81–6.
  8. Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2010;137(6):830–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.10.065>
  9. Copello FDM, Brunetto DP, Elias CN, Pithon MM, Coqueiro RS, Castro ACR De, et al. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion (Marpe): How to achieve greater stability. *in vitro study. Dental Press J Orthod.* 2021;26(1):1–23.
  10. Ali SAAH, Miethke HR. Invisalign®, an innovative invisible orthodontic appliance to correct malocclusions: Advantages and limitations. *Dent Update.* 2012;39(4):254–60.
  11. Kanwal B, Shashidhar K, Kuttappa MN, Nayak USK, Shetty A, Mathew KA. Clear Aligners: Where are we today? A narrative review. *J Int Oral Heal.* 2022;14(3):222–9.
  12. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Progress in Orthodontics. Springer Berlin Heidelberg.* 2018;19(1):1-24.
  13. Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Flores Mir C. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthod Craniofac Res [Internet].* 2019/11/13. 2020;23(2):133–42. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31651082>
  14. Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with invisalign®. *Korean J Orthod.* 2019 May 1;49(3):140–9.

15. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthod* [Internet]. 2019/08/01. 2020;90(1):23–30. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31368778>
16. Houle JP, Piedade L, Todescan R, Pinheiro FHSL. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod*. 2017;87(1):19–24.
17. Brunetto DP, Sant’Anna EF, Machado AW, Moon W. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Dental Press J Orthod*. 2017;22(1):110–25.
18. MacGinnis M, Chu H, Youssef G, Wu KW, Machado AW ilso., Moon W. The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex--a finite element method (FEM) analysis. *Prog Orthod*. 2014;15:52.
19. Elkenawy I, Fijany L, Colak O, Paredes NA, Gargoum A, Abedini S, et al. An assessment of the magnitude, parallelism, and asymmetry of micro-implant-assisted rapid maxillary expansion in non-growing patients. *Prog Orthod*. 2020;21(1):1-10.
20. Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Suzuki SS, Garcez AS, Consolaro A. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): The quest for pure orthopedic movement. *Dental Press J Orthod*. 2016;21(4):17–23.
21. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, Moschik C, Pan HC, Miller J, et al. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Prog Orthod*. 2017;18(1):1-12.
22. Lee RJ, Moon W, Hong C. Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;151(5):887–97. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.10.025>
23. Alami S, Sahim S, Hilal F, Essamlali A, Quars F El. Perception and Satisfaction of Patients Treated with Orthodontic Clear Aligners. 2022;9:1–11.
24. Mortazavi M, Naeim M, Badri A, Sharifi R, Hasheminasab M. An updated systematic review on the effectivity of clear aligner therapy. *J Craniomaxillofacial Res*. 2021:165-177
25. Morales-Burruezo I, Gandía-Franco JL, Cobo J, Vela-Hernández A, Bellot-Arcís C. Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. *PLoS One*. 2020;15:1–12.

## ANEXO



## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Maicon Ruyvil Bey Ramer RG 6312242.

Consinto que a minha documentação clínica ortodôntica, constituída de prontuário clínico, fotografias, telerradiografias, radiografias, modelos de estudo em gesso, exames cefalométricos, relatórios médicos e tudo mais que se considere como tal, sejam utilizados para realização de pesquisas e publicação de artigos científicos, desde que seja preservada a minha identidade, excluindo-se a utilização também do meu rosto de forma integral em fotografias ou qualquer outro material, de forma também a preservar a minha identidade .

Autorizo a realização do meu tratamento Ortodôntico: Sim  Não ( )

Autorizo o uso de imagem para mídias sociais: Sim  Não ( )

Autorizo o uso de imagem para aulas / congresso: Sim  Não ( )

Autorizo o uso de imagem para publicação científica: Sim  Não ( )

Curitiba, 04/12/2022

Maicon Ruyvil Bey Ramer  
Assinatura do Responsável