

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

Raiane Machado Maia

**EFEITOS TRIDIMENSIONAIS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE*  
NA EXPANSÃO DENTÁRIA E ROTAÇÃO DE INCISIVOS: ensaio clínico prospectivo**

Belo Horizonte

2026

Raiane Machado Maia

**EFEITOS TRIDIMENSIONAIS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE*  
NA EXPANSÃO DENTÁRIA E ROTAÇÃO DE INCISIVOS: ensaio clínico prospectivo**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Odontologia. Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

Linha de Pesquisa: Propriedades físicas, químicas e biológicas dos materiais odontológicos.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki

Belo Horizonte

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

M217e Maia, Raiane Machado  
Efeitos tridimensionais dos alinhadores ortodônticos *in-house* na expansão dentária e rotação de incisivos: ensaio clínico prospectivo / Raiane Machado Maia. Belo Horizonte, 2026.  
135 f. : il.

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

1. Ortodontia. 2. Técnicas de movimentação dentária. 3. Aparelhos ortodônticos removíveis. 4. Tratamento odontológico. 5. Incisivos (Dentes). 6. Ensaio Clínico. 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

Ficha catalográfica elaborada por Gabriela Fernandes dos Santos Dias - CRB 6/4473

Raiane Machado Maia

**EFEITOS TRIDIMENSIONAIS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE*  
NA EXPANSÃO DENTÁRIA E ROTAÇÃO DE INCISIVOS: ensaio clínico prospectivo**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:**

- 1- Prof. Dr. Pedro César Fernandes dos Santos - UFC
- 2- Prof. Dr. Benedito Viana Freitas – UFMA
- 3- Prof. Dr. Felipe de Assis Ribeiro Carvalho – UERJ
- 4- Profa. Dra. Carolina Morsani Mordente Rodrigues – U. ANH. BH
- 5- Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki – PUC Minas

**DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 09 de fevereiro de 2026**

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

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

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares  
**Coordenador do Programa de Pós-graduação  
em Odontologia**

Ao meu orientador,  
que não mediu esforços para que esta tese fosse concretizada.

Aos meus pais, marido e familiares,  
que sempre me apoiaram em todos os meus sonhos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me fortalecer, sustentar e permitir que chegasse até aqui. O Senhor acompanhou cada passo da minha trajetória e permitiu que eu transformasse mais esse sonho em realidade.

Ao meu marido e companheiro de vida, Rodrigo, que sempre com muito amor e carinho esteve ao meu lado. Muito obrigada por acreditar em mim nos momentos que eu achei que não seria capaz e sempre me incentivar a chegar mais longe. Agradeço também a sua família por sempre me acolher.

Aos meus pais, Ana Paula e Luiz, agradeço pelo carinho, incentivo e amor incondicional. Vocês me ensinaram a não desistir e graças a vocês alcancei mais essa vitória. Faltam palavras para expressar minha gratidão e descrever a importância de vocês em minha vida. Mãe, você é o meu maior exemplo de cuidado e determinação. Pai, você é o meu exemplo de alegria e bondade.

Aos meus irmãos Breno, Thiago e Larah, que sempre companheiros e amigos, me deram forças para continuar nos momentos mais difíceis.

Aos meus avós Adilson e Iara, que também me criaram e estiveram sempre ao meu lado em todos os momentos. Obrigada pelos ensinamentos, amor e carinho constantes. Em especial ao meu avô Adilson que foi para junto do Senhor em 2024, sinto muito sua falta.

Às minhas primas, Kethlin e Larissa, por serem além de tudo amigas e irmãs do coração. Obrigada por estarem sempre presentes, por torcerem por mim e por serem o meu porto seguro.

Aos meus colegas de curso, pela amizade e companheirismo. Agradeço em especial aos colegas da turma XXIV, Clara Sette, Jaqueline Bella Rosa, Júlia Castilho e Victor Lopes, com quem compartilhei experiências, aprendizados e desafios. Ao Arthur Siqueira e Gabriel Maia, pela dedicação ao desenvolvimento de todos os trabalhos. A convivência e a troca de conhecimentos foram essenciais para o crescimento acadêmico e pessoal durante o doutorado.

Ao meu orientador Prof. Bernardo Quiroga Souki que é um exemplo de profissional e ser humano. Admiro sua sabedoria, organização e generosidade. Muito obrigada pela atenção, dedicação, paciência e boa vontade. É uma honra estar ao seu lado e poder aprender com os seus ensinamentos.

Aos professores do programa de doutorado da PUC Minas, por transmitirem conhecimento com excelência e por contribuírem significativamente para a minha formação.

Aos funcionários da PUC Minas, que, com dedicação e gentileza, facilitaram a realização das atividades acadêmicas, contribuindo para o sucesso desta trajetória.

Aos pacientes que participaram deste estudo, pela confiança e disponibilidade em colaborar com a pesquisa. Sua contribuição foi essencial para que esta tese se concretizasse.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), por me proporcionar uma bolsa de estudo, que permitiu a dedicação necessária a este projeto.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste sonho. Este trabalho é resultado de um esforço coletivo e de muitas mãos que se uniram para construir este momento.

A todos, meu mais sincero e profundo agradecimento.

*“Tudo posso naquele que me fortalece.”*

(Filipenses 4:13)

## RESUMO

Devido ao alto custo e à logística complexa dos sistemas comerciais de alinhadores ortodônticos, observa-se crescente interesse pela técnica de fabricação direta pelo próprio profissional, denominada alinhadores *in-house* (AIH). A flexibilidade dessa abordagem permite a personalização do tratamento, mas também amplia as incertezas quanto à padronização dos materiais, à previsibilidade dos movimentos dentários e à reprodutibilidade clínica. Diante da escassez de evidências científicas concretas, este estudo clínico prospectivo avaliou, em duas etapas complementares, a eficácia dos AIH produzidos com diferentes espessuras de laminado plástico e as repercussões biomecânicas associadas à rotação dentária. Na primeira etapa, investigou-se a expansão ortodôntica nos caninos, pré-molares e molares utilizando alinhadores com espessuras de 0,5 mm e 0,75 mm. Na segunda etapa, avaliaram-se os efeitos colaterais após o movimento isolado de rotação de incisivos, com ativações de 1° e 2° por alinhador. A mensuração tridimensional dos movimentos planejados e obtidos foi realizada por sobreposição digital das superfícies dentárias, utilizando o programa 3D Slicer. A maior eficácia de expansão aconteceu na região dos caninos maxilares e de caninos e pré-molares mandibulares, sendo que em ambas as arcadas houve redução progressiva da eficácia em direção à região posterior. Não foram encontradas diferenças significativas entre as duas espessuras dos laminados, e os movimentos obtidos foram significativamente menores que os planejados em todos os dentes. Adicionalmente, a magnitude da ativação rotacional dos incisivos não teve associação com os efeitos colaterais. O controle rotacional foi elevado em ambas as arcadas para ativações de 1°, porém, mostrou-se mais variável com ativações de 2°. Conclui-se que a espessura do alinhador não influencia a eficácia da expansão dentária e que ativações menores por alinhador favorecem o controle biomecânico das rotações dentárias com AIH.

Palavras-chave: Ortodontia; Técnicas de Movimentação Dentária; Aparelhos Ortodônticos Removíveis.

## ABSTRACT

Due to the high cost and logistical complexity of commercial orthodontic aligner systems, there has been growing interest in in-house fabrication techniques, known as in-house aligners (IHA). The flexibility of this approach allows for customized treatments but also increases uncertainties regarding material standardization, predictability of dental movements, and clinical reproducibility. Considering the scarcity of robust scientific evidence, this prospective clinical study evaluated, in two complementary stages, the efficacy of IHA fabricated with different plastic laminate thicknesses and the biomechanical repercussions associated with tooth rotation. In the first stage, orthodontic expansion of canines, premolars, and molars was investigated using IHA with thicknesses of 0.5 mm and 0.75 mm. In the second stage, collateral effects associated with isolated incisor rotation were evaluated, using activation increments of 1° and 2° per aligner. Three-dimensional measurements of planned and achieved movements were performed through digital superimposition of dental surfaces using 3D Slicer software. The results demonstrated that the highest expansion efficacy occurred in the maxillary canine region and in the mandibular canines and premolars, with a progressive reduction in efficacy toward the posterior regions in both arches. No significant differences were observed between laminate thicknesses, and the achieved movements were significantly smaller than the planned movements in all evaluated teeth. Additionally, the magnitude of rotational activation of the incisors was not associated with collateral effects. Rotational control was high in both arches for 1° activations but became more variable with 2° activations. It can be concluded that PETG laminate thickness does not influence the efficacy of dental expansion and that smaller activation increments per aligner favor biomechanical control of tooth rotations with IHA.

**Keywords:** Orthodontics; Tooth Movement Techniques; Orthodontic Appliances, Removable.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
AIH	Alinhadores <i>in-house</i>
PETG	Polietileno tereftalato glicol
Q3DC	Quantificação de componentes 3D
ROI	Region of interest
STL	Stereolithography

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo digital dos alinhadores ortodônticos in-house .....	29
Figura 2: A) Escâner intraoral; B) Modelo virtual .....	30
Figura 3: Segmentação dos dentes na plataforma computacional.....	31
Figura 4: Planejamento do tratamento ortodôntico na plataforma computacional.....	31
Figura 5: Impressão dos modelos ortodônticos .....	32
Figura 6: A) Lavagem dos modelos; B) Câmara de pós-polimerização.....	33
Figura 7: Plastificadoras - A) Pressão MiniStar; B) Vácuo Bioart PlastVac P7 .....	35
Figura 8: Modelo 3D impresso e plastificado .....	36
Figura 9: Alinhadores ortodônticos .....	36
Figura 10: Etapas clínicas.....	43
Figura 11: Quantidade de pacientes elegíveis .....	44
Figura 12: <i>Attachments</i> inseridos na 1ª etapa .....	46
Figura 13: <i>Attachments</i> inseridos na 2ª etapa. A e B) Maxila e mandíbula; C) Vista oclusal da maxila; D) Vista oclusal da mandíbula .....	47
Figura 14: Orientação dos modelos nos três planos do espaço .....	50
Figura 15: Área de registro dos modelos superiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1-Final; D) Modelos em sobreposição.....	51
Figura 16: Área de registro dos modelos inferiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1-Final; D) Modelos em sobreposição.....	52
Figura 17: Comparação dos modelos T0 - Inicial, T1 - Final e AF - Planejado, após o movimento de expansão com AIH.....	52
Figura 18: Comparação dos modelos T0 - Inicial, T1 - Final e AF - Planejado, após os movimentos de rotação com AIH.....	53
Figura 19: Pontos de referência na avaliação dos efeitos biomecânicos. A e B) Expansão; C e D) Efeitos colaterais após a rotação dos incisivos.....	54

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Distribuição demográfica da amostra .....	44
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1</b>	<b>A busca pela ortodontia estética.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2</b>	<b>Alinhadores ortodônticos in-house.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>Alinhadores ortodônticos in-house e o seu fluxo digital de fabricação.....</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Objetivos específicos – 1ª etapa: expansão das arcadas .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3</b>	<b>Objetivos específicos – 2ª etapa: efeitos colaterais na rotação de incisivos .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Desenho do estudo.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Participantes do estudo .....</b>	<b>43</b>
<b>5.3</b>	<b>CrITÉrios de incluso e excluso.....</b>	<b>45</b>
<b>5.4</b>	<b>Obteno dos modelos para anlise de dados .....</b>	<b>45</b>
<b>5.5</b>	<b>Interveno .....</b>	<b>48</b>
<b>5.6</b>	<b>Método de sobreposio .....</b>	<b>49</b>
<b>5.7</b>	<b>Método de avaliao com o programa 3D Slicer .....</b>	<b>53</b>
<b>5.8</b>	<b>Calibrao do erro do método .....</b>	<b>55</b>
<b>5.9</b>	<b>Anlise estatística.....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO 1.....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2.....</b>	<b>85</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAES FINAIS .....</b>	<b>103</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXO A - Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.....</b>	<b>109</b>
	<b>ANEXO B - ReBEC (Registro Brasileiro de Ensaio s Clínicos) .....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido – TALE .....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXO D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Responsveis – TCLE .....</b>	<b>119</b>
	<b>ANEXO E - Termo de Compromisso de Utilizao de Dados – TCUD .....</b>	<b>123</b>
	<b>ANEXO F - Produo intelectual durante o curso de Doutorado.....</b>	<b>125</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por tratamentos ortodônticos estéticos fez com que os alinhadores ortodônticos ganhassem grande popularidade nos últimos anos (Sarul *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2020). Entretanto, diante das limitações dos sistemas terceirizados, como o alto custo e a logística complexa de produção, surgiu um fluxo digital que permite a fabricação dos alinhadores diretamente pelo ortodontista, denominados alinhadores *in-house* (AIH). Apesar de seu potencial clínico e econômico, ainda há escassez de informações abrangentes sobre estratégias que otimizem a eficiência de custos e, simultaneamente, assegurem a eficácia biomecânica do tratamento.

Uma das decisões fundamentais nesse processo refere-se à seleção do material termoplástico e de sua espessura, fatores que impactam não apenas o custo final, mas também as propriedades mecânicas dos alinhadores e o conforto do paciente (Cengiz; Goymen, 2025; Ruyi, Zhihe; Yu, 2018). Os laminados de polietileno tereftalato glicol (PETG) são amplamente utilizados como material base para a termoplastificação de alinhadores (Ihsen *et al.*, 2019). Considerando que o custo dos laminados está relacionado ao volume de polímero, opções mais finas tendem a ser economicamente vantajosas. Assim, uma comparação entre laminados de 0,5 mm e 0,75 mm, avaliando rigidez, resistência ao desgaste e distribuição de carga, fornece informações clínicas relevantes para ortodontistas que fabricam AIH. A investigação dessas variações é justificada pela possibilidade de influenciar tanto a experiência do paciente quanto os resultados terapêuticos.

A eficácia dos AIH depende diretamente de sua capacidade de executar movimentos biomecanicamente complexos com previsibilidade. Entre esses, a expansão dentária é um pré-requisito essencial para a criação de espaço interdental e para garantir o adequado assentamento do material nas superfícies dentárias (Cao *et al.*, 2023; Li *et al.*, 2024). Contudo, ainda é incerto como diferentes espessuras de PETG afetam a magnitude e a precisão dessa expansão. Essa lacuna torna-se mais relevante ao se considerar a taxa de ativação ideal por alinhador, especialmente em movimentos de rotação dentária, cuja previsibilidade é reconhecidamente limitada (Castroflorio *et al.*, 2022; Muro *et al.*, 2023; Rossini *et al.*, 2015; Upadhyay; Arqub, 2022). A ausência de diretrizes claras sobre a quantidade de movimento por etapa pode comprometer o resultado e aumentar o risco de repercussões indesejadas nos dentes adjacentes.

Diante dessas incertezas, a presente tese desenvolveu um ensaio clínico prospectivo com os seguintes objetivos: (1) avaliar a eficácia da expansão dentária utilizando laminados de PETG com espessuras de 0,5 mm e 0,75 mm; e (2) analisar os efeitos colaterais ocorridos nos

incisivos adjacentes aos dentes submetidos à rotação, empregando duas magnitudes de ativação de rotação ( $1^\circ$  e  $2^\circ$ ) por AIH.

Para a avaliação dos resultados, foi empregada uma metodologia tridimensional de alta precisão, permitindo a mensuração vetorial dos movimentos planejados e obtidos. Espera-se que os achados desta pesquisa contribuam para a consolidação de diretrizes baseadas em evidências sobre o uso clínico dos AIH, auxiliando o ortodontista na busca pelo equilíbrio entre custo-efetividade e previsibilidade biomecânica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A busca pela ortodontia estética

A procura por aparelhos ortodônticos mais estéticos aumentou consideravelmente ao longo das últimas décadas, potencializada pelo crescente número de adultos buscando tratamentos para suas desarmonias oclusais e faciais (Jeremiah; Bister; Newton, 2011). Assim, os alinhadores ortodônticos ganharam popularidade, graças às suas características estéticas, facilidade na higiene oral, favorecimento na saúde periodontal, além de outros fatores de conveniência para os seus usuários (Lombardo *et al.*, 2021; Shokeen *et al.*, 2022; Wu *et al.*, 2020).

No Brasil, observou-se um aumento significativo do interesse dos ortodontistas pelo uso de alinhadores. Nos consultórios privados, a demanda espontânea pelo uso de dispositivos “invisíveis” e removíveis é inquestionável. Fatores que podem ter contribuído para o contínuo crescimento da demanda por alinhadores ortodônticos, de forma global, incluem: 1) evolução tecnológica das impressoras 3D e plataformas computacionais; 2) aumento da previsibilidade de resultados com o ganho de experiência e treinamento no uso de alinhadores pelos ortodontistas; 3) aumento da preocupação e conseqüente investimento familiar com a saúde; 4) melhoria em indicadores financeiros globais pós-pandemia Covid-19; 5) vantagens estéticas e de conforto para pacientes cada vez mais exigentes; 6) envelhecimento da população mundial. Além disto, a migração de empresas odontológicas tradicionais para o mercado de alinhadores (3M, Straumann, Ormco, Dentisply-Sirona, Henry Schein, Argen) é forte indicativo do potencial de crescimento em curto intervalo de tempo. Mesmo em países em desenvolvimento, com populações menos envelhecidas e com menores recursos financeiros, percebe-se um aumento de demanda pelos alinhadores (Souki *et al.*, 2023a).

### 2.2 Alinhadores ortodônticos *in-house*

A oferta de alinhadores por empresas, terceirizando integralmente a confecção de aparelhos é muito conveniente para o profissional, que recebe um produto de qualidade sem os problemas da gestão de uma produção própria. Por outro lado, a escolha por um sistema terceirizado impõe ao ortodontista aspectos financeiros e de tempo de produção que nem sempre viabilizam os tratamentos e as demandas específicas de alguns pacientes. Diante das limitações do sistema terceirizado, o desenvolvimento de tecnologias e métodos que

permitissem que os alinhadores fossem feitos diretamente pelos profissionais foi criado, técnica conhecida como *in-house*, *in-office* ou DIY (*do-it-yourself*) (Elkholy *et al.*, 2017; Kim & Echarri, 2007; Souki *et al.*, 2021).

A escolha pela utilização do termo “*in-house*” no corpo dessa tese justifica-se pela sua maior popularidade, que fica claro quando realizamos uma pesquisa no PubMed@ (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>, data 15/12/2025): (*in-house aligners* - 598 resultados); (*in-office aligners* - 70 resultados) e (*do-it-yourself aligners* - 22 resultados).

Os AIH eliminam a necessidade de um serviço externo, enquanto a integração dos escâneres e impressoras 3D permitem que o ortodontista obtenha controle total sobre o fluxo de trabalho dos alinhadores. Tal fato elimina as desvantagens da terceirização em termos de taxas adicionais e tempo necessário para a produção dos alinhadores. Disponibilizar alinhadores aos pacientes em questão de poucas horas; fornecer reposições imediatas diante de perdas, quebras ou manchas; equilibrar os custos de produção perante as demandas próprias de cada mercado e de acordo com o perfil dos pacientes são algumas das vantagens do sistema *in-house* sobre a terceirização (Tozlu; Özdemir, 2021).

### **2.3 Alinhadores ortodônticos *in-house* e o seu fluxo digital de fabricação**

Nas técnicas iniciais de fabricação dos alinhadores, totalmente não digitais, os modelos de gesso eram manipulados, e assim realizadas inserções de deformações anatômicas diretamente no alinhador (bolhas), por meio de alicates próprios. Tal técnica era extremamente trabalhosa, limitando a quantidade de movimentações em um mesmo modelo, e no número de *sub-setups*. Mas foi a experiência com esta forma de tratamento que permitiu uma evolução natural, com a acessibilidade e melhora dos sistemas computacionais (Souki *et al.*, 2023a).

No conceito atual, ainda dominante, os alinhadores são fabricados de maneira indireta, com o uso de modelos virtuais digitais, sendo obtidos pela termoplastificação de laminados poliméricos sobre modelos de *sub-setups* impressos em resina fotossensível, a partir do estagiamento dos movimentos dentários. Alternativamente, e de forma cada vez mais frequente, os alinhadores podem ser impressos diretamente em resina desenvolvida para este fim. Assim, a fabricação de AIH de forma indireta segue necessariamente um fluxo de ações, sendo boa parte delas digitais e divididas em seis estágios (Fig. 1).

**Figura 1: Fluxo digital dos alinhadores ortodônticos in-house**



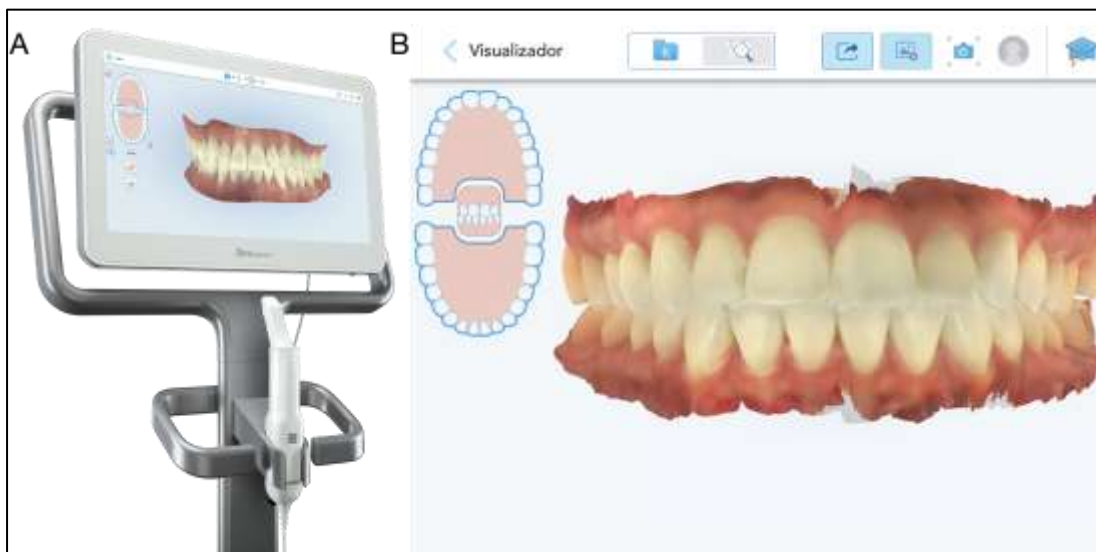
Fonte: Elaborado pela autora

#### a) Estágio 1 - Escaneamento intraoral

Para a confecção de alinhadores modernos, que utilizam programas computacionais para efetuar os movimentos ortodônticos, emprega-se essencialmente a tecnologia digital, por meio de modelos virtuais (normalmente em formato “.stl”), obtidos pelo escaneamento intraoral. Dessa forma, o escaneamento representa apenas a primeira peça do “quebra-cabeça” ortodôntico digital (Fig. 2A).

Diante do aumento da acessibilidade e facilidade para a aquisição de escâneres próprios, bem como da possibilidade de aluguel eventual desses equipamentos, o emprego de escaneamentos intraorais tornou-se mais frequente no dia a dia dos ortodontistas. São equipamentos usados para a captura óptica da morfologia dos arcos dentários, coletando informações sobre a forma e o tamanho das estruturas intraorais (Fig. 2B) (Imburgia *et al.*, 2017). Além disso, o escaneamento intraoral é eficiente, menos estressante para o paciente do que a moldagem convencional e apresenta boa aceitabilidade (Brucoli *et al.*, 2020; Suese, 2020).

**Figura 2: A) Escâner intraoral; B) Modelo virtual**



Fonte: Elaborado pela autora

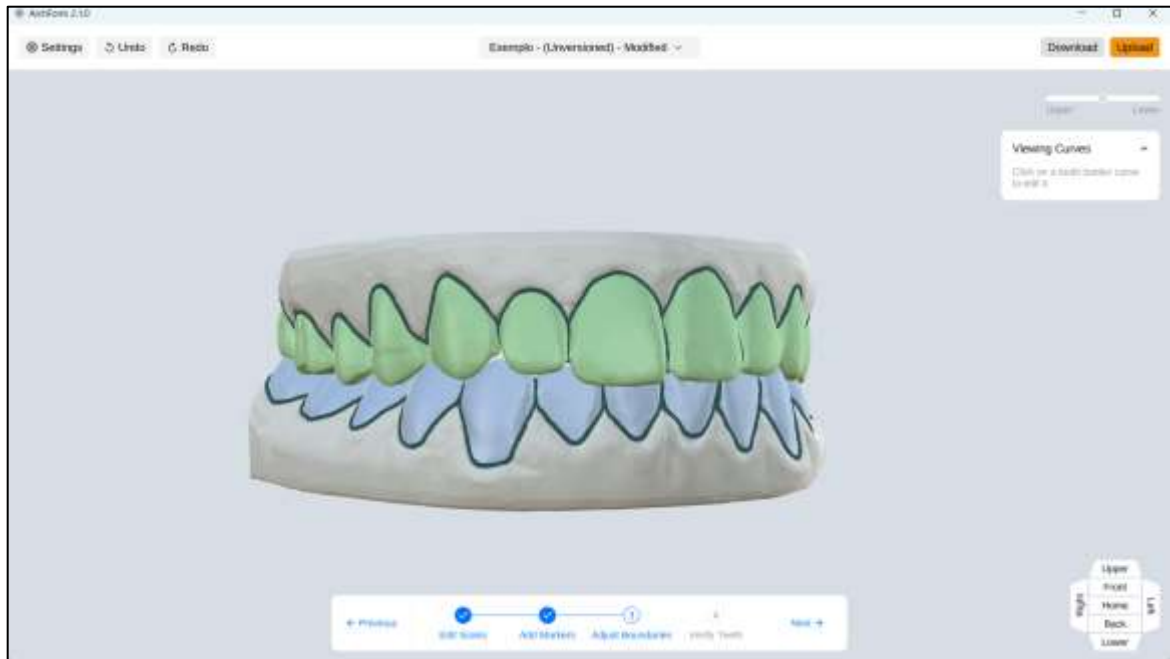
### b) Estágio 2 - Planejamento e estagiamento

Após o escaneamento intraoral, no qual os arquivos STL (*Stereolithography*) são gerados, é feita a escolha da plataforma computacional, para que os movimentos ortodônticos possam ser planejados. O mercado atual oferece diversas plataformas aos ortodontistas, algumas que trabalham essencialmente *off-line*, sem a necessidade de acesso à nuvem, e outras que são totalmente dependentes de acesso à internet em tempo real. Existem também plataformas totalmente gratuitas e outras com custos variados. Diante das inúmeras possibilidades, a relação custo-benefício deve ser levada em consideração e o ortodontista avaliar o que é melhor para a sua realidade.

Uma vez adequadamente carregados na plataforma, os modelos são orientados e recortados, e os dentes são individualmente segmentados, permitindo que cada unidade possa ser manipulada pelo ortodontista no estágio subsequente de movimentação dentária (Fig. 3). O planejamento ortodôntico é então realizado pelo ortodontista: são feitas as movimentações dentárias necessárias (intrusão, extrusão, rotação, mesialização, expansão, dentre outras), inserção dos *attachments* aos dentes (disponíveis em diferentes tamanhos e formas), mecânicas auxiliares são idealizadas e organizadas (uso de elásticos, mini-implantes, necessidade de *slice*), identificação da quantidade de estágios de *sub-setups* necessários e o preparo dos modelos para a impressão (ocos ou não; com ou sem base; impressão vertical ou horizontal) (Fig. 4).

Ressalta-se que os movimentos ortodônticos realizados com AIH possuem detalhes e particularidades que os diferem da mecânica ortodôntica fixa convencional e que precisam ser respeitados pelo ortodontista na busca pela maior previsibilidade, eficácia e eficiência dos resultados (Souki *et al.*, 2023a, 2023b).

**Figura 3: Segmentação dos dentes na plataforma computacional**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 4: Planejamento do tratamento ortodôntico na plataforma computacional**



Fonte: Elaborado pela autora

### c) Estágio 3 – Impressão

Uma vez finalizado o planejamento ortodôntico e gerados os arquivos STL com os diversos estágios de *sub-setups*, o ortodontista poderá imprimir os modelos em resina fotossensível que serão utilizados para a termoplastificação dos alinhadores, ou encaminhar para uma empresa terceirizada realizar a impressão (Fig. 5).

A impressão 3D é considerada uma “tecnologia disruptiva” na ortodontia, capacitando os especialistas a assumirem o controle de todos os aspectos do tratamento com alinhadores e, assim, desafiar tanto o domínio das grandes marcas orientadas para as vendas quanto o desafio emergente do “direto ao consumidor”. A impressão 3D tem a capacidade de produzir modelos odontológicos em um intervalo de tempo relativamente curto e com uma excelente precisão.

**Figura 5: Impressão dos modelos ortodônticos**



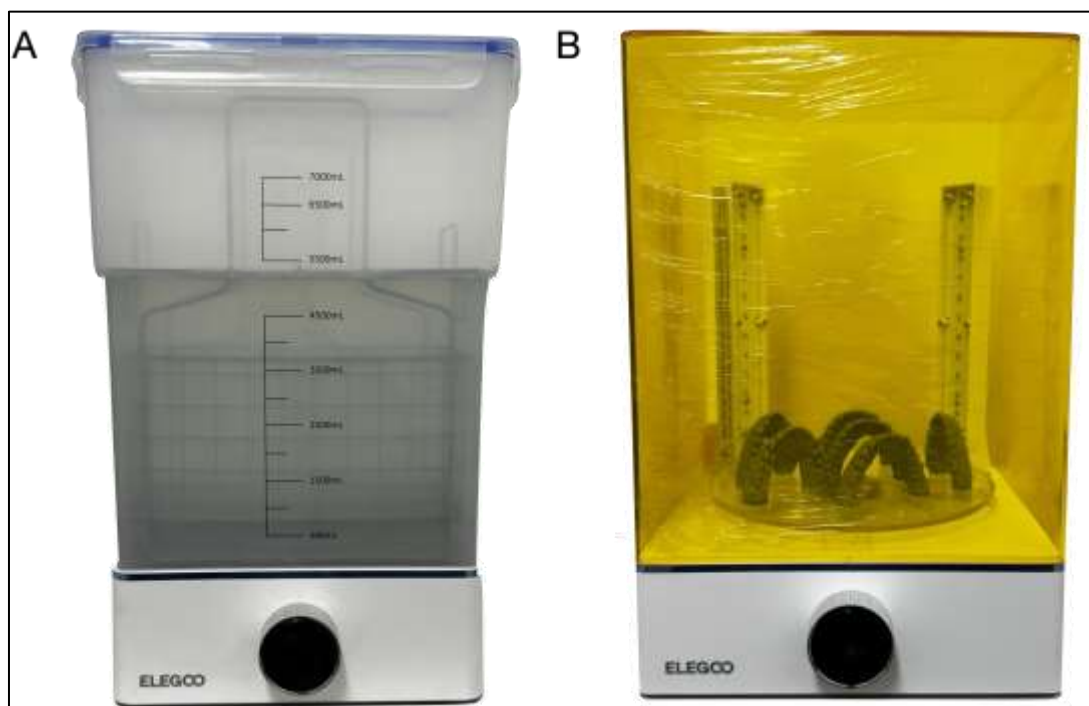
**Fonte: Elaborado pela autora**

#### d) Estágio 4 - Pós-processamento

Os modelos recém-impressos precisam ser submetidos a um criterioso fluxo de pós-processamento, visando à obtenção de modelos fortes, com resistência adequada, e seguros biologicamente para o toque manual pela equipe profissional (Souki *et al.*, 2023c). Dessa forma, após a impressão usando resinas convencionais, os modelos passam por lavagem em banhos sequenciais de álcool. Inicialmente, são lavados manualmente em caixas apropriadas contendo álcool etílico, em seguida, os modelos são inseridos em uma lavadora automática contendo álcool isopropílico, onde permanecem por 15 minutos (Fig. 6A). No caso de a impressão ser feita com resina a base de água, o processo de lavagem pode ser feito exclusivamente com banhos sequenciais em tanques de água, com o auxílio de um pincel macio.

Logo após, os modelos são removidos da plataforma de impressão para a cura final na câmara de pós-polimerização sob luz ultravioleta (Fig. 6B). A cura UV dos modelos, usando um sistema rotativo, é importante pois proporciona uma exposição consistente e uniforme à fonte de luz, não deixando nenhuma região sem a devida exposição. O processo completo de pós-processamento resulta em modelos que não são apenas duráveis, mas também menos propensos a degradar ou liberar componentes prejudiciais de resina não curada, quando usados em aplicações clínicas (Souki *et al.*, 2023c).

**Figura 6: A) Lavagem dos modelos; B) Câmara de pós-polimerização**



Fonte: Elaborado pela autora

### e) Estágio 5 - Termoplastificação e acabamento

Após a impressão, lavagem e completa polimerização dos modelos de *sub-setups*, inicia-se a fabricação propriamente dita dos alinhadores, por meio da termoplastificação de laminados poliméricos sob vácuo ou pressão. Diferentes materiais termoplásticos podem ser empregados, tendo as características biomecânicas influenciadas por suas propriedades (Ruyi; Zhihe; Yu, 2018). Compreender as propriedades de diferentes polímeros e a mecânica da termoformagem dos laminados plásticos permite que os ortodontistas criem alinhadores que atendam aos mais altos padrões de qualidade e satisfação dos seus pacientes.

Vários polímeros podem ser utilizados na fabricação de laminados para confeccionar alinhadores ortodônticos. Os polímeros termoplásticos são uma classe de materiais que possuem a capacidade de amolecer e fundir quando aquecidos. Quando submetidos à uma carga de vácuo ou pressão sobre os modelos impressos, obtém-se um alinhador plástico transparente (Delgado; Kehyaian; Fernández-Blázquez, 2025). Dentre os diversos materiais utilizados, existe atualmente uma predominância na utilização do polietileno tereftalato glicol (PETG), mas pode-se destacar também a utilização de polipropileno, policarbonato, poliuretanos termoplásticos e copoliéster (Alexandropoulos *et al.*, 2015; Delgado; Kehyaian; Fernández-Blázquez, 2025; Zhang *et al.*, 2011).

O PETG é um copolímero amorfo não cristalino, derivado do PET, amplamente utilizado na fabricação de alinhadores transparentes. A preferência ao PETG é atribuída, principalmente, às suas excepcionais características mecânicas e ópticas. O PETG tem uma clareza excepcional, características de termoplastificação satisfatórias, pode ser submetido à perfuração e ao corte, ações rotineiras na confecção de alinhadores. Adicionalmente, o PETG tem baixa característica hidrofílica, que permite armazenamento menos exigente e custo bem reduzido (Ihssen *et al.*, 2019).

Os laminados plásticos podem apresentar camada única ou multicamadas, além de espessuras variadas (0,5 mm a 1,5 mm), que podem afetar suas propriedades mecânicas e, portanto, o seu desempenho clínico (Cengiz; Goymen, 2025; Hahn *et al.*, 2009). Ainda não existe consenso na literatura sobre qual laminado plástico é considerado ideal, fato que pode ser explicado pela técnica ser recente e pelas complexas combinações necessárias para realizar um tratamento ortodôntico (tipo de movimento dentário realizado, tempo de uso dos alinhadores, uso e cuidados do paciente, dentre outros).

Para um tratamento eficaz com alinhadores, são necessários materiais termoplásticos capazes de exercer um movimento fisiológico aos dentes, com forças leves e constantes durante

seu uso (Delgado; Kehyaian; Fernández-Blázquez, 2025). Dessa forma, as empresas fabricantes estão focadas em melhorar a qualidade dos laminados plásticos em termos de elasticidade, durabilidade e resistência à coloração e microfissuração sob força e ambiente oral.

Após a escolha do laminado plástico, é feita a sua plastificação nos modelos de *sub-setups* em plastificadoras a pressão ou a vácuo (Fig. 7A e 7B). Ambos os tipos de máquinas são amplamente utilizados, mas possuem características distintas entre si que devem ser levadas em consideração (Doğramacı; Chubb; Rossi-Fedele, 2018). As plastificadoras a vácuo são mais baratas, no entanto, o processo de plastificação depende do operador e possuem dificuldade de gerar uniformidade no alinhador confeccionado (pois não oferecem controle de tempo e temperatura); por outro lado, as plastificadoras a pressão possuem valor mais elevado, no entanto, oferecem melhor controle na confecção dos alinhadores (possibilitam inserir as características do laminado plástico e permitem o controle de tempo e temperatura). Além de escolher o tipo de plastificadora, realizar o processo de termoformagem corretamente é essencial, pois influencia diretamente na magnitude da força fornecida pelo alinhador ortodôntico (Hahn *et al.*, 2009).

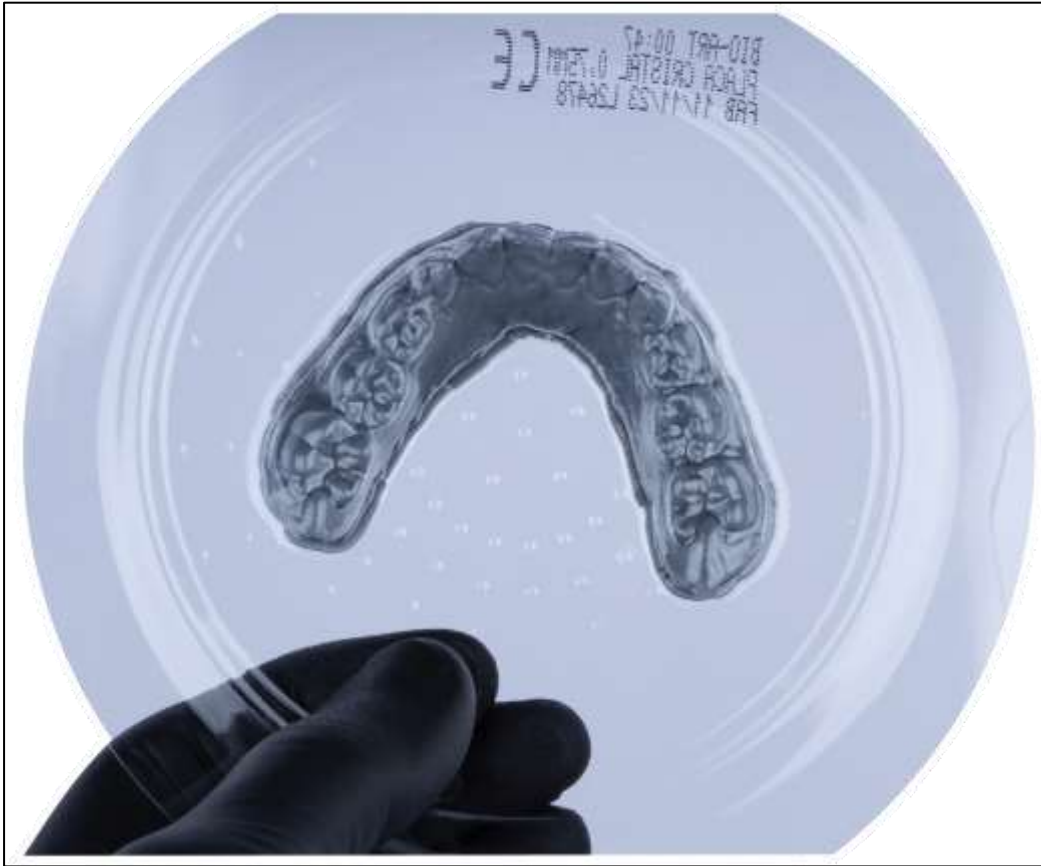
Após a plastificação (Fig. 8), deve-se aguardar o tempo de resfriamento da placa. Em seguida é feito o recorte, acabamento e polimento dos alinhadores, que devem ficar com a superfície sem excessos para não machucar a mucosa do paciente (Fig. 9), para então identificação, embalo e por fim, entrega ao paciente para uso.

**Figura 7: Plastificadoras - A) Pressão MiniStar; B) Vácuo Bioart PlastVac P7**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 8: Modelo 3D impresso e plastificado**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 9: Alinhadores ortodônticos**



Fonte: Elaborado pela autora

#### **f) Estágio 6 - Gestão clínica**

Dentre as diversas etapas necessárias para a confecção dos alinhadores ortodônticos *in-house*, a gestão clínica é a mais desafiadora para os profissionais. Isso porque ser um ortodontista experiente com as técnicas convencionais é um aspecto importante para o emprego de alinhadores no tratamento, mas não é suficiente para reconhecer as limitações do sistema e saber como superá-las com manobras especiais. Isso se aplica, de forma ainda mais expressiva, aos AIH, devido aos algoritmos pouco aprimorados da maioria dos programas e à baixa tecnologia dos laminados plásticos utilizados na técnica de termoplastificação.

Gerenciar a rotina clínica com o uso de alinhadores *in-house* necessita que o profissional esteja aberto a adaptações e mudanças. Isso envolve desde a contratação de ferramentas digitais para gerenciar a produção da equipe até a reconfiguração do espaço físico, que passa a exigir uma área dedicada para impressão 3D e pós-processamento. Já na gestão de tempo, o modelo é extremamente favorável, pois a produção interna acelera a entrega, dispensando prazos de empresas terceirizadas. Assim, apesar da complexidade inicial, o sistema *in-house* é uma opção valiosa para quem deseja modernizar a prática e otimizar recursos.

### 3 HIPÓTESES

Essa tese de doutoramento foi dividida em duas investigações com questionamentos clínicos, portanto, foram geradas hipóteses de pesquisa para cada uma delas:

- a) **Hipótese nula 1ª etapa:** na expansão das arcadas realizada com AIH, a redução da espessura do laminado plástico de PETG de 0,75 mm para 0,5 mm não impacta a eficácia da movimentação dentária;
- b) **Hipótese alternativa 1ª etapa:** na expansão das arcadas realizada com AIH, a redução da espessura do laminado plástico de PETG de 0,75 mm para 0,5 mm impacta a eficácia da movimentação dentária;
- c) **Hipótese nula 2ª etapa:** na rotação dos incisivos superiores e inferiores realizada com AIH, magnitudes diferentes de rotação (1° ou 2° por alinhador) não provocam efeitos colaterais nos incisivos adjacentes;
- d) **Hipótese alternativa 2ª etapa:** na rotação dos incisivos superiores e inferiores realizada com AIH, magnitudes diferentes de rotação (1° ou 2° por alinhador) têm capacidade de provocar efeitos colaterais distintos nos incisivos adjacentes.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo geral

Avaliar de forma tridimensional os efeitos dos alinhadores ortodônticos *in-house* na expansão das arcadas e efeitos colaterais na rotação de incisivos.

### 4.2 Objetivos específicos – 1ª etapa: expansão das arcadas

- a) Calcular a eficácia da expansão das arcadas realizada com AIH;
- b) Descrever as mudanças 3D ocorridas na região de caninos, pré-molares e molares após a expansão dentária utilizando AIH com diferentes espessuras;
- c) Comparar a movimentação dentária ocorrida clinicamente com a movimentação dentária prevista pelo programa de planejamento;
- d) Comparar o nível de expansão obtida com AIH utilizando laminados plásticos de PETG de diferentes espessuras.

### 4.3 Objetivos específicos – 2ª etapa: efeitos colaterais na rotação de incisivos

- a) Quantificar os efeitos colaterais que ocorreram nos incisivos adjacentes aos incisivos que receberam movimentação de rotação, utilizando duas magnitudes diferentes de ativações ( $1^\circ$  /  $2^\circ$ ) por AIH;
- b) Determinar se os efeitos colaterais que ocorreram nos incisivos adjacentes aos incisivos que receberam rotação dentária sofreu variação em relação à arcada (maxila e mandíbula);
- c) Analisar se os efeitos colaterais que ocorreram nos incisivos adjacentes aos incisivos que receberam rotação dentária variou em relação à quantidade de rotação estabelecida por alinhador ( $1^\circ$  ou  $2^\circ$ ).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

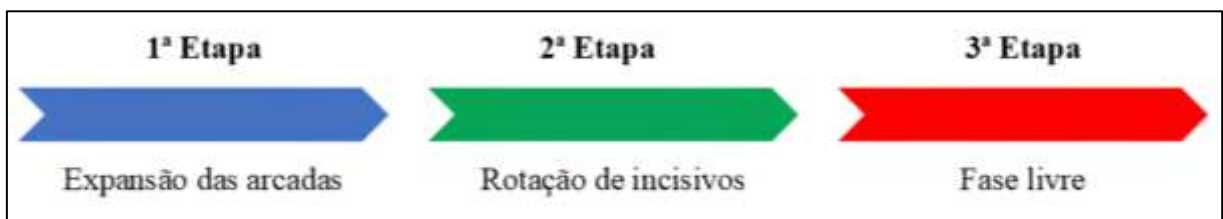
### 5.1 Desenho do estudo

Esse estudo trata-se de um ensaio clínico prospectivo, que incluiu dados coletados entre fevereiro de 2024 e outubro de 2025. O estudo foi submetido e aceito pelo comitê de ética em pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (número do parecer: 6.259.986 / CAAE: 71013023.7.0000.5137 - ANEXO A), além de ser registrado no ReBEC (Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos, Código U1111-1297-9825) (ANEXO B).

### 5.2 Participantes do estudo

A idealização do presente estudo teve início em agosto de 2023, iniciou com o treinamento da equipe nos aspectos de planejamento digital e prática laboratorial, seguida pela seleção dos pacientes a serem tratados, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Os tratamentos aconteceram entre fevereiro de 2024 e outubro de 2025, sendo divididos em três etapas sequenciais complementares (Fig. 10). Inicialmente foram feitas expansões em ambas as arcadas com o objetivo de ganho de espaço interproximal, maior interdigitação do laminado plástico aos dentes e consequente melhor controle biomecânico dos alinhadores. Na segunda etapa ocorreu a rotação dos incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores. Na terceira e última etapa, foram administradas as demandas específicas de cada paciente de acordo com suas más oclusões, sendo considerada uma etapa “livre” para os refinamentos. Em todas as etapas foram incluídos 22 pacientes (idade média de 20,5 anos, variando entre 12 e 30 anos) (Tabela 1; Fig. 11). No corpo dessa tese serão descritos os resultados alcançados na 1ª e 2ª etapas.

**Figura 10: Etapas clínicas**



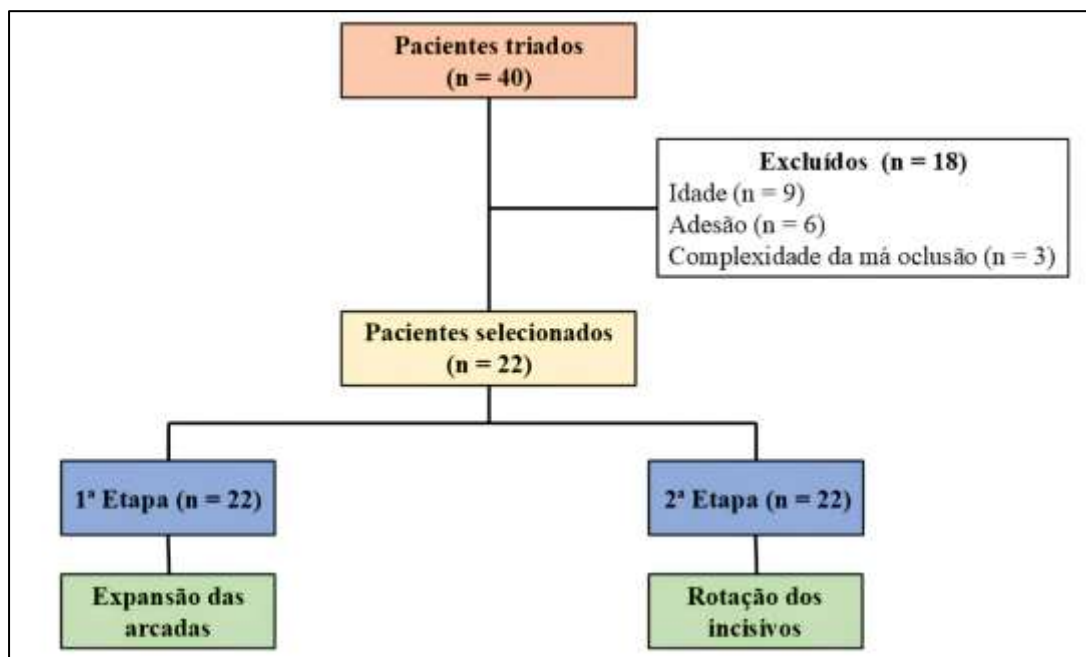
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 1: Distribuição demográfica da amostra

Características	Distribuição	
	n	%
<b>Sexo</b>		
Feminino	14	63,6
Masculino	8	36,4
<b>Total</b>	22	100
<b>Faixa etária</b>		
12 a 17	9	40,9
18 a 24	5	22,7
25 a 30	8	36,4
<b>Total</b>	22	100

Fonte: Elaborado pelo autora

Figura 11: Quantidade de pacientes elegíveis



Fonte: Elaborado pela autora

O cálculo amostral para o estudo global foi conduzido por meio do programa *G\*Power* (versão 3.1, Düsseldorf, Alemanha), considerando um alfa de 5%, um poder de 80% e um *effect-size* de 0,9, indicando a necessidade de uma amostra de 21 indivíduos. O tamanho do efeito (0,9) foi determinado pela eleição de um limite de tolerância clínica de 1 mm para a diferenciação dos grupos, em combinação com a informação do desvio padrão de 1,1 mm,

encontrado na literatura para as mudanças na distância intercaninos após a expansão com alinhadores (Rocha *et al.*, 2023).

### 5.3 Critérios de inclusão e exclusão

A amostra incluiu pacientes que preencheram os seguintes critérios: 1) dentadura permanente completa, incluindo os segundos molares permanentes totalmente irrompidos; 2) necessidade de tratamento ortodôntico com discrepâncias negativas de espaço consideradas leves (< 4 mm); 3) ausência de doenças sistêmicas ou uso regular de medicamentos que pudessem interferir na movimentação ortodôntica.

Os critérios de exclusão foram: 1) idade inferior a 12 anos ou superior a 30 anos; 2) terceiros molares irrompidos; 3) perdas dentárias ou doenças periodontais severas; 4) dentes com alguma anomalia de forma. A faixa etária foi delimitada entre 12 e 30 anos com o objetivo de reduzir variáveis de confusão relacionadas ao desenvolvimento e ao envelhecimento. O limite inferior de 12 anos foi estabelecido para garantir a presença de dentadura permanente completa e colaboração adequada ao protocolo clínico. O limite superior de 30 anos foi definido para minimizar a influência de fatores sistêmicos, uso crônico de medicamentos e alterações degenerativas do periodonto, assegurando assim uma maior homogeneidade fisiológica entre os participantes do estudo.

Os objetivos desta pesquisa, bem como o plano de tratamento foram informados a todos os participantes e seus responsáveis em detalhes e um termo de consentimento foi assinado pelos mesmos antes de iniciar o tratamento (ANEXOS C e D).

### 5.4 Obtenção dos modelos para análise de dados

Após a aquisição da documentação inicial (fotografias intra e extra-orais; telerradiografia lateral da face e radiografia panorâmica), os pacientes foram escaneados com escâner intra-oral *3Shape* (*3Shape*, Copenhague, Dinamarca) e o planejamento das movimentações dentárias realizado utilizando o programa *ArchForm*® (versão 2.2, San Mateo, California, Estados Unidos).

Na 1ª etapa os *attachments* foram escolhidos dentre aqueles disponíveis no *ArchForm*®, de modo a melhorar a retenção dos alinhadores aos dentes, bem como favorecer o movimento de expansão dentária planejado, otimizando, auxiliando e direcionando a força aplicada (Alam

*et al.*, 2023; Loberto *et al.*, 2024; Yangin *et al.*, 2025). Todos os *attachments* possuíam escala de 1, e foram igualmente inseridos em todos os pacientes da seguinte forma (Fig. 12):

- a) Primeiro molar superior direito: Retangular Horizontal 3 mm;
- b) Canino superior direito: *Slice* com a base para a incisal;
- c) Canino superior esquerdo: *Slice* com a base para a gengival;
- d) Primeiro molar superior esquerdo: *Beveled.*;
- e) Primeiro molar inferior esquerdo: Retangular Horizontal 3 mm;
- f) Canino inferior esquerdo: *Slice* com a base para a incisal;
- g) Canino inferior direito: *Slice* com a base para a gengival;
- h) Primeiro molar inferior direito: *Beveled.*

**Figura 12: Attachments inseridos na 1ª etapa**

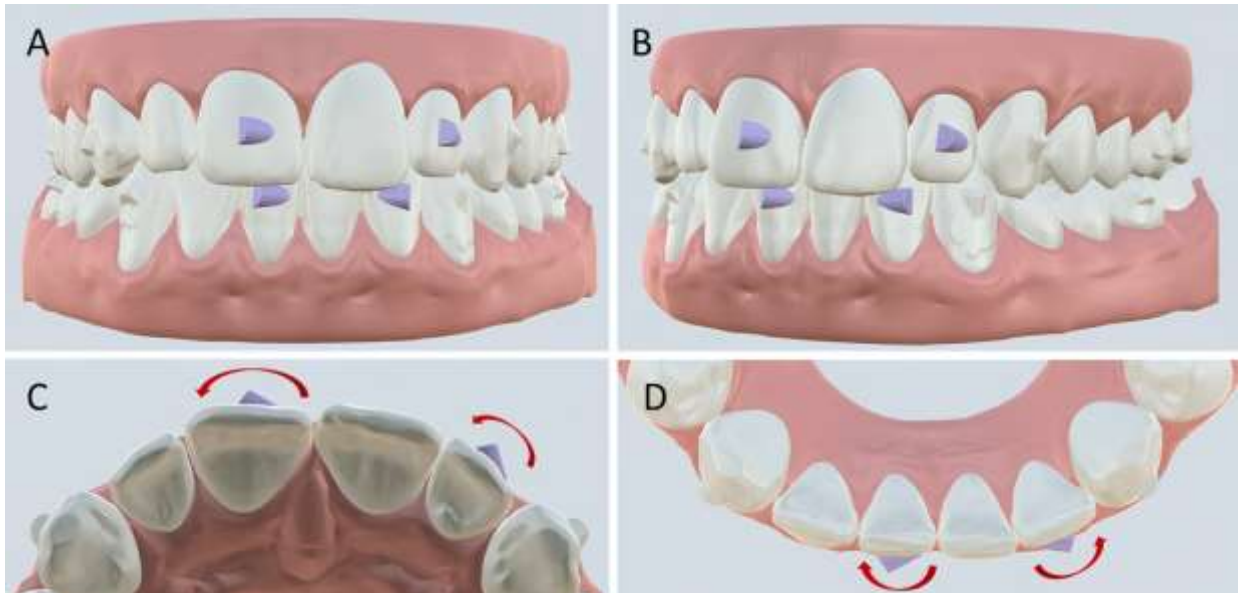


**Fonte: Elaborado pela autora**

Na 2ª etapa, dentre os *attachments* disponíveis no ArchForm®, foi escolhido o com formato *Slice*, devido ao seu formato que auxilia nos movimentos de rotação dentária, além de otimizar e auxiliar o respectivo movimento e representar uma situação clínica do tratamento com alinhadores ortodônticos (Fiorillo *et al.*, 2024). Os *attachments* foram inseridos nos

incisivos que seriam rotacionados, de modo que a sua base ficasse voltada para o lado em que aconteceria a rotação, todos com escala 1 (Fig. 13).

**Figura 13: Attachments inseridos na 2ª etapa. A e B) Maxila e mandíbula; C) Vista oclusal da maxila; D) Vista oclusal da mandíbula**



**Fonte: Elaborado pela autora**

A impressão dos modelos foi feita em laboratório próprio da universidade, por meio da impressora de resina fotossensível (Elegoo Saturn S 4K, Elegoo, Shenzhen, China) utilizando a resina 3D Cure Basic (3D Cure, Betim, Minas Gerais, Brasil). Os alinhadores ortodônticos foram feitos com laminados plásticos de PETG com espessura de 0,5 mm e 0,75 mm na 1ª etapa e espessura de 0,75 mm na 2ª etapa. Para a termoplastificação foi utilizado a plastificadora a vácuo PlastVac P7 (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, SP). Devido à dificuldade da plastificadora de gerar uniformidade no alinhador confeccionado (pois não oferece controle de tempo e temperatura), foi feito uma padronização do processo de termoformagem: a plastificadora foi inicialmente aquecida por dois minutos, cinco alinhadores foram plastificados, esperou-se o resfriamento da máquina por cinco minutos, para em seguida o processo ser recommçado.

O recorte de todos os alinhadores foi feito de forma reta, deixando 2 mm de plástico acima do contorno gengival das coroas. Realizado dessa forma para se obter um melhor controle biomecânico e aumento da rigidez e retenção do aparelho, resultando em uma aplicação de força mais uniforme e controlada, favorecendo assim, a expressão dos movimentos dentários (Elshazly *et al.*, 2022, 2023; Nakornnoi *et al.*, 2024). Em seguida, foram realizados o

acabamento, a limpeza e a embalagem dos alinhadores, garantindo que eles estivessem prontos para o uso.

Os dados foram coletados a partir dos modelos STL gerados classificados da seguinte forma: (T0) modelos iniciais, obtidos com o escaneamento intra-oral inicial do paciente; (AF) modelos com movimentação dentária planejada, obtidos com o planejamento digital utilizando o programa *ArchForm*®; (T1) modelos com movimentação dentária alcançada, obtidos o escaneamento intra-oral do paciente realizado ao final do tratamento (Etapas 1 ou 2).

## 5.5 Intervenção

Trata-se de um ensaio clínico que contemplou seguintes etapas clínicas:

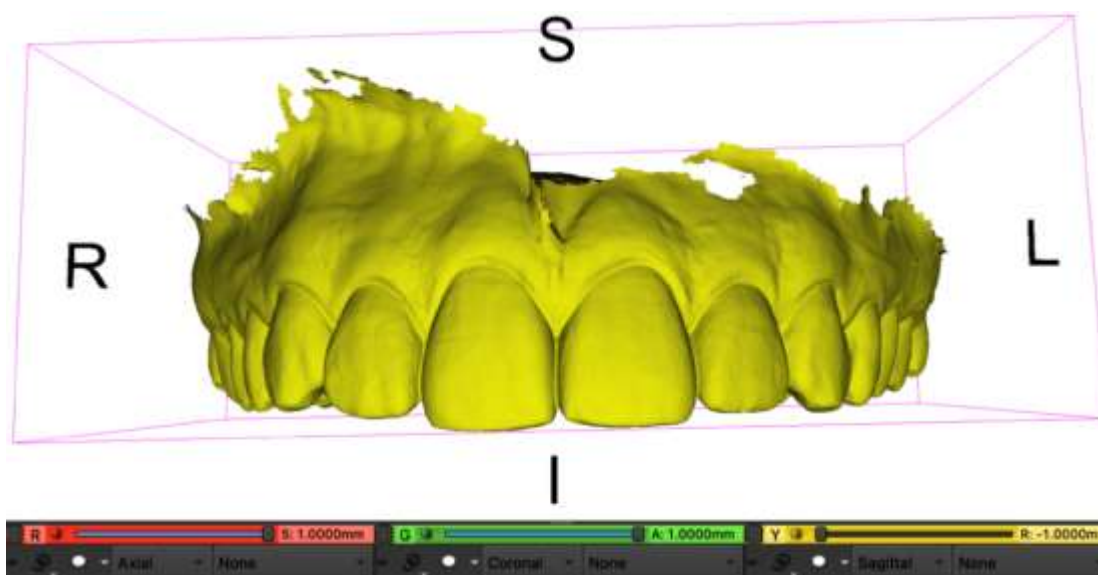
- a) **1ª Etapa:** expansão ortodôntica na região de caninos, pré-molares e molares equivalente a seis estágios (placa inicial 0 + 6 placas com movimentação ativa com 0,2 mm de expansão por alinhador), criando espaços interproximais generalizados e maior interdigitação do plástico dos alinhadores aos dentes, favorecendo as movimentações dentárias das etapas subsequentes. Os pacientes foram randomizados utilizando o programa Microsoft Excel, e no mesmo indivíduo foi utilizado laminado plástico de PETG com espessura de 0,75 mm em uma arcada, e 0,5 mm na outra arcada;
- b) **2ª Etapa:** rotação dos incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, equivalente a sete estágios (placa inicial 0 + 7 placas com movimentação ativa de 1° ou 2° por alinhador). Os pacientes foram randomizados utilizando o programa Microsoft Excel, e o planejamento foi realizado de forma que no mesmo indivíduo foi utilizado alinhador com correção de giro de 1° dos incisivos em uma arcada, e correção de giro de 2° dos incisivos na outra arcada. Destaca-se que em cada arcada somente dois incisivos foram rotacionados (escolhidos os dentes e direção de rotação dentro da necessidade de cada paciente); sendo que nos dois incisivos que não foram movimentados foi avaliada as possíveis repercussões colaterais. Nessa etapa todos os paciente possuíam espaços interproximais aos dentes que seriam rotacionados, que foram gerados pela expansão da primeira etapa e quando necessário foi feito redução interproximal com tira de lixa abrasiva.

As consultas clínicas aconteceram semanalmente entre os meses de fevereiro de 2024 e outubro de 2025. Todos os pacientes foram atendidos pela mesma equipe de ortodontistas devidamente treinados e sempre supervisionados por um *expert* na técnica e metodologia. Os pacientes foram orientados a usar os alinhadores por um período de 22 horas por dia, devendo trocar as placas de 7/7 dias e sempre no período da noite antes de dormir. Nos dias de troca dos alinhadores eram enviadas mensagens de texto pelo celular como lembrete. Nesse estudo optou-se por orientar os pacientes a trocarem os alinhadores de 7/7 dias por facilitar o atendimento clínico, que acontecia semanalmente, além disso, o período estipulado é descrito na literatura como suficiente para que a movimentação planejada ocorresse de forma satisfatória (Al-Nadawi *et al.*, 2021; Castroflorio *et al.*, 2022). Após o uso das placas pelo período determinado (sete semanas para a primeira etapa e oito semanas para a segunda etapa), todos os pacientes foram novamente escaneados e os resultados alcançados, bem como os efeitos colaterais avaliados.

## **5.6 Método de sobreposição**

Os arquivos STL foram exportados para o programa 3D *Slicer*, que possui livre acesso e está disponível na internet ([www.slicer.org](http://www.slicer.org)), e realizou-se a orientação dos modelos T0 (inicial), AF (planejado) e T1 (final). O primeiro passo consistiu na orientação dos respectivos modelos por meio de um sistema de coordenadas 3D, realizada com a ferramenta *Transforms* de acordo com o seguinte protocolo (Fig. 14): plano axial (vermelho) tangente ao plano oclusal, plano coronal (verde) tangente à papila incisiva e plano sagital (amarelo) coincidente com a rafe palatina.

**Figura 14: Orientação dos modelos nos três planos do espaço**



Fonte: Elaborado pela autora

A sobreposição dos modelos foi realizada utilizando pontos de referência. Para sobrepor os modelos da maxila, foram identificados 10 pontos de referência estáveis sobre as rugas e rafe palatina (Anacleto; Souki, 2019; Stucki; Gkantidis, 2020). Para os modelos da mandíbula, foram identificados oito pontos ao longo da linha mucogengival e um ponto na face interna, localizado na espinha geniana (Garib *et al.*, 2021; Ioshida *et al.*, 2019). Os pontos foram marcados com o auxílio da ferramenta *Surface Registration/Add and Move Landmarks* do programa 3D Slicer da seguinte forma:

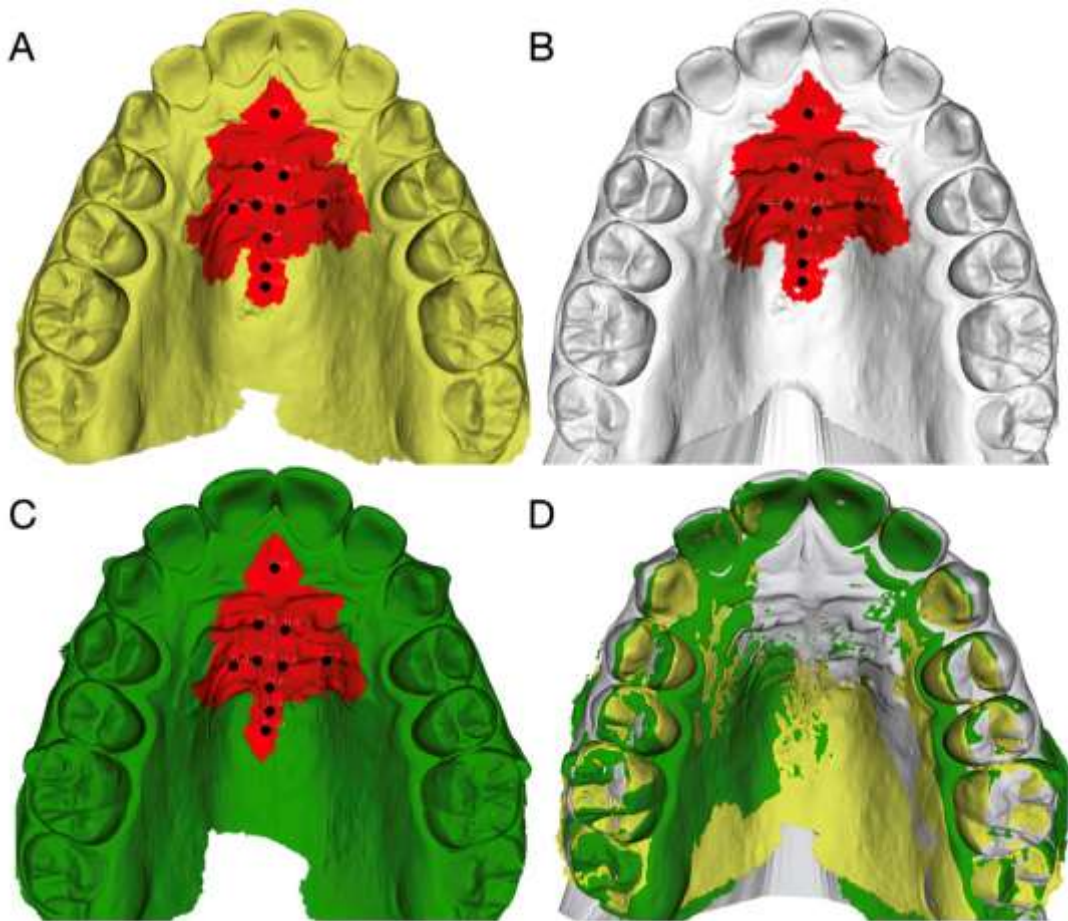
Maxila: P1 - região mais posterior da papila incisiva; P2 e P3 - ponto medial da segunda ruga em ambos os lados; P4 e P5 - ponto medial da terceira ruga em ambos os lados; P6 e P7 - ponto médio da terceira ruga em ambos os lados; P8 - ponto medial da quarta ruga; P9 - ponto 5 mm posterior de P8, e P10 - ponto 10 mm posterior de P8 (Fig. 15).

Mandíbula: pontos localizados na junção muco-gengival, seguindo o longo eixo dos dentes, sendo P1 - primeiro molar direito; P2 - segundo pré-molar direito; P3 - primeiro pré-molar direito; P4 - canino direito; P5 - primeiro molar esquerdo; P6 - segundo pré-molar esquerdo; P7 - primeiro pré-molar esquerdo; P8 - canino esquerdo e P9 - região da espinha mental (Fig. 16).

Após a seleção dos pontos de referência citados anteriormente (vértice de um triângulo), uma região de interesse (*Region of Interest* - ROI) para cada ponto foi selecionada no programa. Os valores de ROI utilizados nos modelos T0 e T1 foram padronizados em um tamanho de raio 30 para os pontos localizados nas rugas palatinas e 15 para os pontos localizados na papila

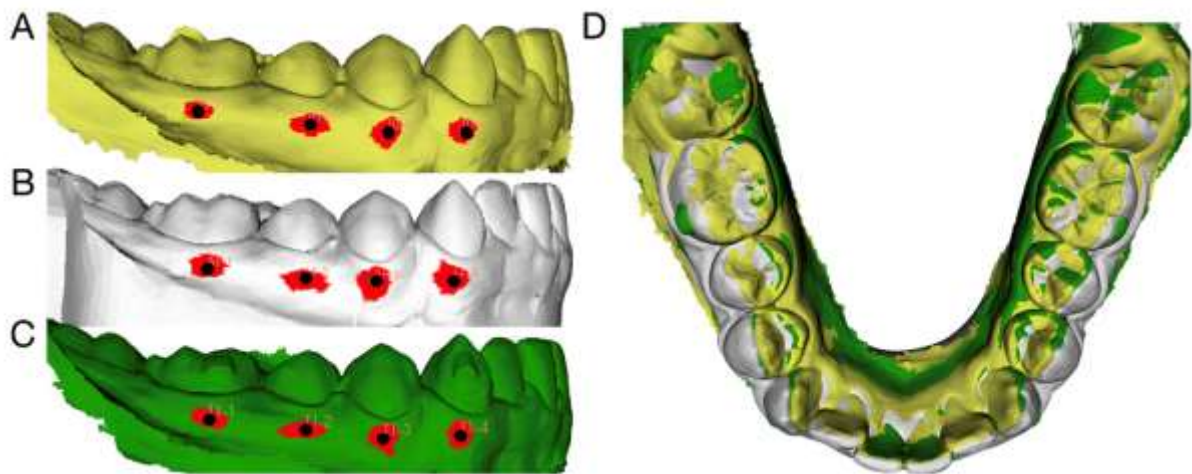
incisiva e rafe palatina. Já para o modelo AF, os valores de 15 e 10 foram adotados, respectivamente. Uma ROI com um raio de 15 por exemplo, significa que o programa irá incluir uma sequência de 15 camadas de triângulos ao redor daquele vértice de triângulo que havia sido escolhido pelo operador. Nos modelos inferiores foi utilizado uma ROI de raio 5 para todos os pontos. Assim, após a seleção das regiões de interesse, os modelos foram sobrepostos, permitindo que as avaliações quantitativas do deslocamento dentário fossem realizadas (Fig. 15, 16, 17 e 18).

**Figura 15: Área de registro dos modelos superiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1- Final; D) Modelos em sobreposição**



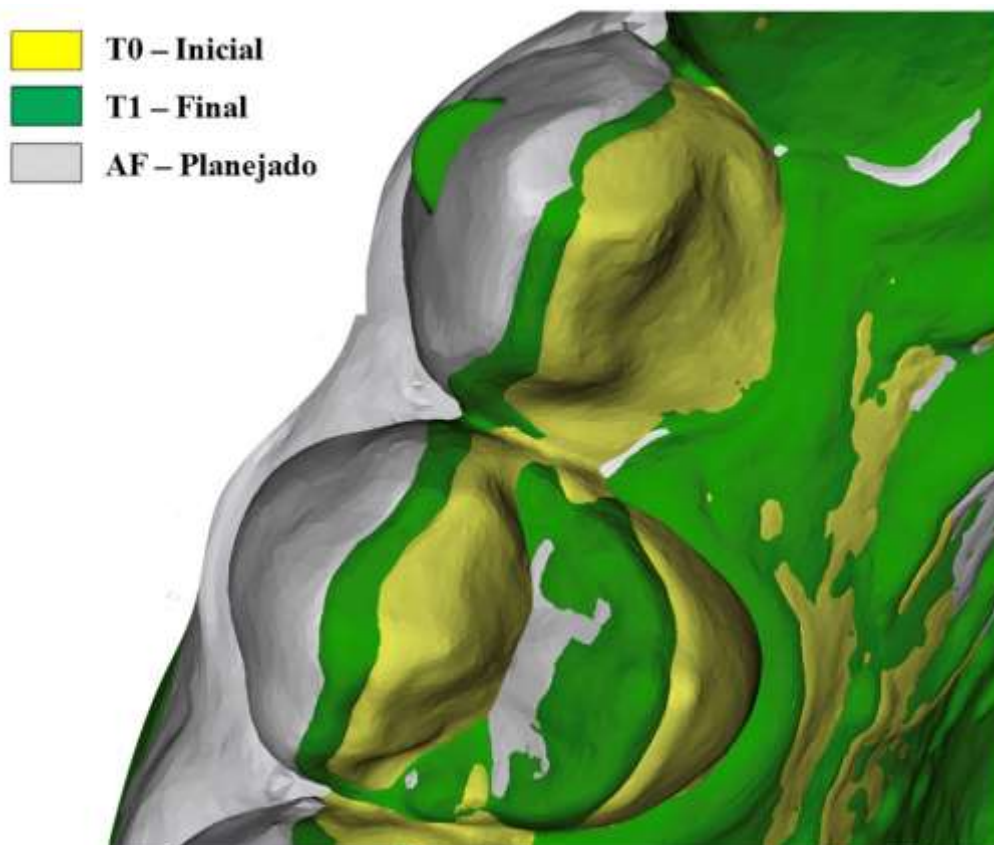
Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 16: Área de registro dos modelos inferiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1- Final; D) Modelos em sobreposição**



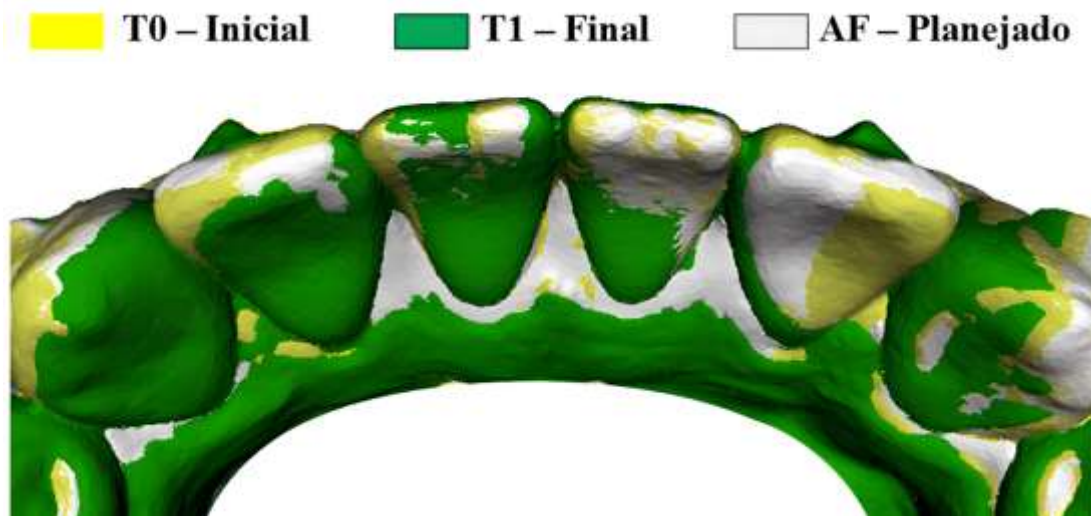
Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 17: Comparação dos modelos T0 - Inicial, T1 - Final e AF - Planejado, após o movimento de expansão com AIH**



Fonte: Elaborado pela autora

**Figura 18: Comparação dos modelos T0 - Inicial, T1 - Final e AF - Planejado, após os movimentos de rotação com AIH**



Fonte: Elaborado pela autora

### 5.7 Método de avaliação com o programa 3D Slicer

Para realizar a análise quantitativa das movimentações dentárias foi necessário que a extensão Q3DC fosse instalada no “*Extensions Manager*”, e em seguida acionada no módulo correspondente.

No menu “*Add and Move Landmarks*”, a opção “*Model of Reference*” foi selecionada para definir o modelo inicial do paciente.

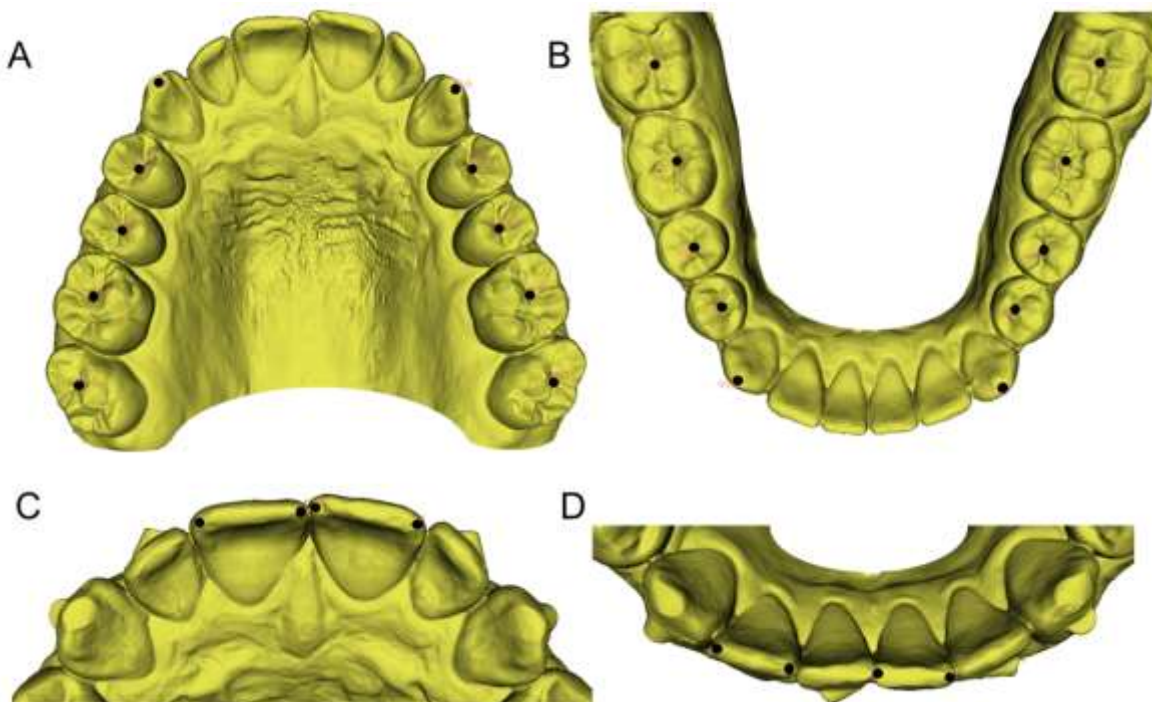
Em “*Connected Landmarks*”, selecionou-se a opção “*Create New Markups*”, em que foi feita a marcação dos pontos de interesse primeiramente no modelo T0 (inicial). A definição dos pontos de interesse para avaliação da expansão dentária (1ª etapa) foi determinada pela escolha dos pontos com maior facilidade de identificação, seguindo os seguintes critérios: cúspide dos caninos e região do sulco oclusal dos pré-molares e molares, superiores e inferiores de ambos os lados (Fig. 19A e 19B). Os pontos de interesse para avaliação dos efeitos colaterais após a rotação dos incisivos (2ª etapa) foram: ponto distal e mesial da incisal dos dentes incisivos que não foram rotacionados (Fig. 19C e 19D).

Posteriormente, o mesmo processo foi repetido para o modelo AF (planejado) e para o modelo T1 (final). O modelo inicial foi substituído na opção “*Model of Reference*” e novamente, utilizando a opção “*Create New Markups*” em “*Connected Landmarks*”, os pontos de interesse foram marcados nos modelos.

Após a marcação dos pontos de interesse nos modelos, os movimentos dentários foram mensurados da seguinte maneira: selecionada a opção “*Calculate distance between two landmarks*”. Na 1ª etapa inicialmente foram calculados os valores entre os modelos T0 e AF, em que na opção “*Landmark A*” e “*Landmark B*” foram selecionados os modelos T0 e AF respectivamente e os pontos para mensuração foram escolhidos. Em seguida, foram calculados os valores entre os modelos T0 e T1, em que na opção “*Landmark A*” e “*Landmark B*” foram selecionados os modelos T0 e T1 respectivamente e os mesmos pontos para mensuração foram escolhidos. Na 2ª etapa foram calculados os valores de efeitos colaterais nos modelos T0 e T1 individualmente, em que na opção “*Landmark A*” e “*Landmark B*” foram selecionados no modelo T0 e os pontos para mensuração foram escolhidos, determinando a posição inicial do dente. Em seguida, foram calculados os valores no modelo T1, em que na opção “*Landmark A*” e “*Landmark B*” foram selecionados no modelo T1 e os mesmos pontos para mensuração foram escolhidos, determinando o efeito colateral ocorrido no dente.

Com base nesses procedimentos, foi possível obter informações precisas sobre as alterações das posições dentárias entre o modelo inicial, planejado e final. Essa metodologia forneceu uma abordagem sistemática e confiável para a análise dos movimentos dentários, contribuindo para o estudo e aprimoramento dos tratamentos ortodônticos com AIH.

**Figura 19: Pontos de referência na avaliação dos efeitos biomecânicos. A e B) Expansão; C e D) Efeitos colaterais após a rotação dos incisivos**



Fonte: Elaborado pela autora

## 5.8 Calibração do erro do método

Todos os procedimentos de obtenção dos modelos digitais e processamento das imagens, além das etapas de sobreposição, marcação dos pontos e medição foram realizados pelo mesmo operador, devidamente treinado por um pesquisador *expert*, com experiência neste tipo de metodologia. A calibração do examinador e confiabilidade das medidas foram avaliadas em 10 modelos selecionados aleatoriamente. Esses modelos receberam todos os procedimentos descritos na metodologia e após um intervalo de 15 dias, os procedimentos foram repetidos e então comparados. O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) foi empregado para testar a concordância entre as leituras (confiabilidade do método), e variou de 0,90 a 1. O teste t foi utilizado para avaliar a validade do método e a presença de erros sistemáticos. Os resultados indicaram que as duas leituras não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $P > 0,05$ ). Para avaliar os erros aleatórios, foi utilizada a fórmula de Dahlberg (Dahlberg, 1940).

## 5.9 Análise estatística

Os dados coletados foram analisados utilizando o programa SPSS (versão 22, IBM corp, Armonk, New York, Estados Unidos), a estatística descritiva, com média e desvio-padrão, foi apresentada em forma de tabelas. Foi estabelecido o nível de significância de 5%. Inicialmente os dados foram explorados buscando identificar os “*outliers*”, permitindo rever eventuais inconsistências de lançamento dos valores. Na sequência, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov para identificar se as variáveis contínuas apresentavam distribuição normal, e se os testes de comparação das médias seria paramétrico ou não-paramétrico. Diante da confirmação do pressuposto de normalidade as médias dos dois grupos foram comparadas utilizando o teste t pareado. Na 1ª etapa para as comparações entre o que havia sido programado e o que efetivamente aconteceu em cada rodada a análise utilizada foi o teste t pareado. Para as comparações entre os valores de eficácia das placas de diferentes espessuras foi utilizado o teste t para amostras independentes. Na 2ª etapa para a determinação dos efeitos colaterais ocorridos a análise utilizada foi o teste t pareado.

## 6 ARTIGO CIENTÍFICO 1

### **AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS EFEITOS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE* COM DIFERENTES ESPESSURAS DE PLÁSTICO NA EXPANSÃO DENTÁRIA: um ensaio clínico prospectivo**

Será submetido ao periódico **Orthodontics & Craniofacial Research – Qualis A3**

As normas da revista encontram-se no endereço eletrônico:

<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/16016343>

**AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS EFEITOS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE* COM DIFERENTES ESPESSURAS DE PLÁSTICO NA EXPANSÃO DENTÁRIA: um ensaio clínico prospectivo**

Raiane Machado Maia<sup>1</sup>, Gabriel Maia Azevedo<sup>1</sup>, Carlo Bosoni<sup>2</sup>, Lorenzo Franchi<sup>2</sup>, Bernardo Quiroga Souki<sup>1</sup>

1 Departamento de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

2 Università degli Studi di Firenze, Florença, Italia

**Endereço para Correspondência:** Dr. Bernardo Quiroga Souki, Av. Dom José Gaspar, 500, Prédio 46/Sala 101 – Coração Eucarístico; Belo Horizonte, MG, Brazil, CEP: 30535-901, E mail: bqsouki@gmail.com

## RESUMO

**Objetivos:** Avaliar de forma tridimensional a eficácia da expansão ortodôntica na região dos caninos, pré-molares e molares, utilizando alinhadores *in-house* (AIH) de PETG com diferentes espessuras.

**Materiais e métodos:** Ensaio clínico randomizado (n = 22; 12 – 30 anos), em pacientes que receberam expansão dentária por meio de sete alinhadores com trocas semanais sequenciais. De forma aleatória alinhadores de PETG com espessuras diferentes (0,75 mm e 0,5 mm) foram alocados nos arcos mandibular e maxilar. A movimentação ortodôntica foi realizada utilizando o programa *ArchForm*®. Modelos digitais (T0 - inicial, AF – ArchForm, e T1 - final) foram orientados, superpostos e analisados no programa 3D Slicer. Foram realizados testes t pareado para a comparação entre os movimentos planejados e alcançados. A equivalência (TOST,  $\alpha = 0,05$ ) foi testada em diferenças planejadas e alcançadas usando margens escalonadas por movimento ancoradas ao erro de medição. ICC foi empregado para avaliação da concordância e erros sistemáticos e aleatórios foram mensurados pela fórmula de Dahlberg e teste t pareado.

**Resultados:** Na maxila, os caninos apresentaram a maior eficácia de expansão, porém com redução progressiva da eficácia na direção posterior. Na mandíbula, os caninos e pré-molares apresentaram a maior eficácia de expansão, também com redução da eficácia no segmento posterior. Não foram encontradas diferenças estatísticas na eficácia da expansão dentária feita com placas de 0,5 mm ou 0,75mm. A expansão dentária alcançada foi menor do que aquela digitalmente programada.

**Conclusões:** Clinicamente, a escolha entre alinhadores de 0,75 mm ou 0,5 mm não é um fator determinante para o sucesso da expansão. O fator crítico é a discrepância entre o planejamento virtual e o resultado alcançado, pois a expansão obtida é inferior à estipulada no *setup* digital em todas as regiões analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ortodontia; Técnicas de Movimentação Dentária; Aparelhos Ortodônticos Removíveis.

## 1 INTRODUÇÃO

Diante de discrepâncias negativas de espaço nos arcos dentários, o tratamento com alinhadores ortodônticos frequentemente envolve a expansão dos arcos, com aumento de seu perímetro e criação de espaçamento interdental.<sup>1,2</sup> Essa estratégia favorece o contato do material plástico nas superfícies interproximais e é fundamental para alcançar os resultados clínicos desejados. A previsibilidade e a estabilidade dessa expansão dependem diretamente das propriedades mecânicas do laminado termoplástico empregado, cuja espessura pode influenciar significativamente o comportamento biomecânico dos alinhadores.<sup>3-5</sup>

A espessura do material exerce papel determinante tanto no conforto do paciente quanto no desempenho mecânico dos alinhadores ortodônticos produzidos internamente.<sup>4-6</sup> Os laminados de polietileno tereftalato glicol (PETG) são amplamente utilizados como material base para a termoplastificação dos alinhadores, por aliarem boa resistência, estabilidade dimensional e custo acessível.<sup>7,8</sup> Laminados mais finos, como os de 0,5 mm, tendem a proporcionar maior conforto devido ao menor volume de material. No entanto, a redução da rigidez pode comprometer a resistência ao desgaste e a capacidade de aplicação de forças adequadas aos dentes, influenciando a previsibilidade e a eficiência dos movimentos ortodônticos.<sup>4,5</sup>

O objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação tridimensional da eficácia da expansão dos arcos dentários obtida com alinhadores confeccionados em laminados PETG de 0,5 mm e 0,75 mm de espessura. A hipótese nula estabelecida foi de que a redução da espessura do laminado, de 0,75 mm para 0,5 mm, não influencia os resultados clínicos. As considerações econômicas associadas ao uso de diferentes espessuras de laminados PETG podem fornecer subsídios importantes para clínicos e pesquisadores interessados em equilibrar qualidade de tratamento e custo de produção.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Amostra

Os dados clínicos foram coletados entre fevereiro de 2024 e outubro de 2025 e seguiram as diretrizes do CONSORT.<sup>9</sup> Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (nº 71013023.7.0000.5137) e também registrado na plataforma nacional de ensaios clínicos (ReBEC nº U1111-1297-9825).

O cálculo amostral para o estudo global foi conduzido por meio do programa *G\*Power* (versão 3.1, Düsseldorf, Alemanha), considerando um alfa de 5%, um poder de 80% e um *effect-size* de 0,9, indicando a necessidade de uma amostra de 21 indivíduos. O tamanho do efeito (0,9) foi determinado pela eleição de um limite de tolerância clínica de 1 mm para a diferenciação dos grupos, em combinação com a informação do desvio padrão de 1,1 mm, encontrado na literatura para as mudanças na distância intercaninos após a expansão com alinhadores.<sup>10</sup>

Após a triagem de 40 candidatos a tratamento ortodôntico na Clínica do Programa de Pós-Graduação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, foram selecionados 22 pacientes que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: 1) dentadura permanente completa, incluindo os segundos molares permanentes totalmente irrompidos; 2) necessidade de tratamento ortodôntico com discrepâncias negativas de espaço consideradas leves (< 4 mm); 3) ausência de doenças sistêmicas ou uso regular de medicamentos que pudessem interferir na movimentação ortodôntica.

Os critérios de exclusão foram: 1) idade inferior a 12 anos ou superior a 30 anos; 2) terceiros molares irrompidos; 3) perdas dentárias ou doenças periodontais severas; 4) dentes com alguma anomalia de forma. A faixa etária foi delimitada entre 12 e 30 anos com o objetivo de reduzir variáveis de confusão relacionadas ao desenvolvimento e ao envelhecimento. O limite inferior de 12 anos foi estabelecido para garantir a presença de dentadura permanente completa e colaboração adequada ao protocolo clínico. O limite superior de 30 anos foi definido para minimizar a influência de fatores sistêmicos, uso crônico de medicamentos e alterações degenerativas do periodonto, assegurando assim uma maior homogeneidade fisiológica entre os participantes do estudo.

Os objetivos desta pesquisa, bem como o plano de tratamento foram informados a todos os participantes e seus responsáveis em detalhes e um termo de consentimento foi assinado pelos mesmos antes de iniciar o tratamento.

A amostra da pesquisa foi composta por 14 mulheres (63,6%) e oito homens (36,4%). Em relação à distribuição etária, nove participantes (40,9%) tinham entre 12 e 17 anos, cinco (22,7%) tinham entre 18 e 24 anos e outros oito participantes (36,4%) estavam na faixa etária de 25 a 30 anos.

## 2.2 Coleta e análise de dados

Após a aquisição dos registros iniciais (fotografias intraorais e extraorais, telerradiografia lateral e radiografia panorâmica), modelos digitais em STL foram obtidos utilizando o escâner intraoral 3Shape Trios 3 (3Shape, Copenhagen, Dinamarca). O planejamento da movimentação dentária foi realizado utilizando o programa *ArchForm*® (versão 2.2, San Mateo, Califórnia, EUA). Os modelos foram impressos em impressora de resina (Elegoo Saturn 4K, Elegoo, Shenzhen, China), com altura da camada de impressão de 0,06 mm,<sup>11</sup> utilizando a resina 3D Cure Basic (3D Cure, Betim, Minas Gerais, Brasil).

O planejamento das movimentações dentárias foi realizado da seguinte forma: expansão ortodôntica na região de caninos, pré-molares e molares equivalente a seis estágios (placa inicial 0 + 6 placas com movimentação ativa com 0,2 mm de expansão por alinhador), criando espaços interproximais generalizados e maior interdigitação do plástico dos alinhadores aos dentes, favorecendo as movimentações dentárias das etapas subsequentes. Os pacientes foram randomizados utilizando o programa Microsoft Excel, e no mesmo indivíduo foi utilizado laminado plástico de PETG com espessura de 0,75 mm em uma arcada, e 0,5 mm na outra arcada.

Foram inseridos *attachments* na superfície vestibular dos caninos e primeiros molares para melhorar a retenção do alinhador aos dentes, bem como favorecer o movimento de expansão dentária planejado, otimizando, auxiliando e direcionando a força aplicada.<sup>12,13</sup> Foram escolhidos dentre aqueles disponíveis no *ArchForm*®, todos com escala de 1, e igualmente inseridos em todos os pacientes.

Os alinhadores ortodônticos foram confeccionados utilizando laminados plásticos PETG (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil) com espessura de 0,75 mm e 0,5 mm e a termoplastificação foi realizada utilizando a máquina de moldagem a vácuo PlastVac P7 (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil). Devido à dificuldade da plastificadora de gerar uniformidade no alinhador confeccionado (pois não oferece controle de tempo e temperatura), foi feita uma padronização do processo de termoformagem: a plastificadora foi inicialmente aquecida por dois minutos, cinco alinhadores

foram plastificados, esperou-se o resfriamento da máquina por cinco minutos, para em seguida o processo ser recommençado.

Os alinhadores foram aparados manualmente com tesouras curvas (Beck Instruments, Schaumburg, Illinois, Estados Unidos), em linha reta 2 mm acima das margens gengivais. Realizado dessa forma para se obter um melhor controle biomecânico e aumento da rigidez e retenção do aparelho, resultando em uma aplicação de força mais uniforme e controlada, favorecendo assim, a expressão dos movimentos dentários.<sup>14,15</sup> Em seguida, foram realizados o acabamento, a limpeza e a embalagem dos alinhadores, garantindo que eles estivessem prontos para o uso.

Todos os pacientes foram atendidos pela mesma equipe de ortodontistas devidamente treinados e sempre supervisionados por um *expert* na técnica e metodologia. Os pacientes foram orientados a usar os alinhadores por um período de 22 horas por dia, devendo trocar as placas de 7/7 dias e sempre no período da noite antes de dormir. Sempre nos dias de troca dos alinhadores, eram enviadas mensagens de texto pelo celular como lembrete. Nesse estudo optou-se por orientar os pacientes a trocarem os alinhadores de 7/7 dias por facilitar o atendimento clínico, além disso, o período estipulado é descrito na literatura como suficiente para que a movimentação planejada ocorresse de forma satisfatória.<sup>16,17</sup>

Os dados foram coletados a partir dos modelos STL gerados classificados da seguinte forma: (T0) modelos iniciais, obtidos com o escaneamento intra-oral inicial do paciente; (AF) modelos com movimentação dentária planejada, obtidos com o planejamento digital utilizando o programa *ArchForm*®; (T1) modelos com movimentação dentária alcançada, obtidos o escaneamento intra-oral do paciente realizado ao final do tratamento.

Após exportar os arquivos STL para o programa 3D Slicer (versão CMF 3.0), a orientação do modelo foi realizada para AF, T0 e T1 usando o módulo Transforms, seguido pela sobreposição do modelo usando a ferramenta Surface Registration. Na maxila, as rugas palatinas foram usadas como estruturas de referência (Figura 1),<sup>18,19</sup> enquanto no arco mandibular a borda WALA serviu como referência (Figura 2).<sup>20,21</sup> A avaliação qualitativa das alterações foi realizada usando sobreposições e mapeamento de cores. Por fim, o módulo Q3DC foi utilizado para a análise quantitativa dos movimentos dentários tridimensionais ponto a ponto. Todas as medições angulares e lineares foram realizadas em relação aos eixos XYZ globais do 3D Slicer após a orientação do modelo, com vestibular e superior definidos como direções positivas para  $\Delta X$  e  $\Delta Z$ , respectivamente. A definição dos pontos de interesse para avaliação da expansão dentária foi determinada pela escolha dos pontos com maior facilidade de identificação, seguindo os seguintes critérios: cúspide dos caninos e região do sulco oclusal

dos pré-molares e molares, superiores e inferiores de ambos os lados (Figura 3). Inicialmente os pontos foram marcados no modelo T0 usando "Criar Novas Marcações" em "Pontos de Referência Conectados", e o mesmo procedimento foi repetido para AF e T1.

Após a marcação dos pontos de interesse nos modelos, os movimentos dentários foram mensurados da seguinte maneira: selecionada a opção "*Calculate distance between two landmarks*". Inicialmente foram calculados os valores entres os modelos T0 e AF, em que na opção "*Landmark A*" e "*Landmark B*" foram selecionados os modelos T0 e AF respectivamente e os pontos para mensuração foram escolhidos. Em seguida, foram calculados os valores entres os modelos T0 e T1, em que na opção "*Landmark A*" e "*Landmark B*" foram selecionados os modelos T0 e T1 respectivamente e os mesmos pontos para mensuração foram escolhidos.

Com base nesses procedimentos, foi possível obter informações precisas sobre as alterações das posições dentárias entre o modelo inicial, planejado e final. Essa metodologia forneceu uma abordagem sistemática e confiável para a análise dos movimentos dentários, contribuindo para o estudo e aprimoramento dos tratamentos ortodônticos com AIH.

Todos os procedimentos de obtenção dos modelos digitais e processamento das imagens, além das etapas de sobreposição, marcação dos pontos e medição foram realizados pelo mesmo operador, devidamente treinado por um pesquisador *expert*, com experiência neste tipo de metodologia. A calibração do examinador e confiabilidade das medidas foram avaliadas em 10 modelos selecionados aleatoriamente. Esses modelos receberam todos os procedimentos descritos na metodologia e após um intervalo de 15 dias, os procedimentos foram repetidos e então comparados. O coeficiente de correlação intraclassa (ICC) foi empregado para testar a concordância entre as leituras (confiabilidade do método), e variou de 0,90 a 1. O teste t foi utilizado para avaliar a validade do método e a presença de erros sistemáticos. Os resultados indicaram que as duas leituras não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ). Para avaliar os erros aleatórios, foi utilizada a fórmula de Dahlberg.<sup>22</sup>

### **2.3 Análise estatística**

Os dados coletados foram analisados utilizando o programa SPSS (versão 22, IBM corp, Armonk, New York, Estados Unidos), a estatística descritiva, com média e desvio-padrão, foi apresentada em forma de tabelas. Foi estabelecido o nível de significância de 5%. Inicialmente os dados foram explorados buscando identificar os "*outliers*", permitindo rever eventuais inconsistências de lançamento dos valores. Na sequência, foi utilizado o teste Kolmogorov-

Smirnov para identificar se as variáveis contínuas apresentavam distribuição normal, e se os testes de comparação das médias seria paramétrico ou não-paramétrico. Diante da confirmação do pressuposto de normalidade as médias dos dois grupos foram comparadas utilizando o teste t pareado.

Como os movimentos planejados eram frequentemente pequenos, as margens de equivalência foram definidas a priori e ancoradas ao erro de medição, em vez de uma tolerância fixa de 1 mm/1°. Para evitar limiares excessivamente permissivos, uma margem relativa de  $\pm 20\%$  do valor planejado também foi aplicada; para cada desfecho, a margem operatória foi o mínimo dos limiares absoluto e relativo. As diferenças entre o planejado e o alcançado foram testadas para equivalência usando um procedimento TOST com intervalos de confiança de 90%.<sup>23</sup>

### 3 RESULTADOS

Ao longo da utilização dos sete alinhadores para a expansão das arcadas, não foram observadas quebras, perdas ou desadaptações dos aparelhos. O ICC foi maior que 0,90 para todas as medidas. Os erros sistemáticos não foram estatisticamente significativos ( $P > 0,05$ ).

Com base nos achados tabulados e analisados, chegou-se aos seguintes resultados a respeito da eficácia da expansão ortodôntica utilizando AIH:

- **A expansão dentária programada e alcançada foi igual nos lados direito e esquerdo:** A tabela 1 apresenta a expansão dentária alcançada com placas de diferentes espessuras (0,75 mm e 0,5 mm) nos lados direito e esquerdo, nas arcadas superior e inferior. O movimento de expansão é representado pela dimensão vestibulo-palatino, sendo que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre o movimento programado e alcançado entre os lados nas diferentes regiões analisadas.
- **Placas de diferentes espessuras expandiram os arcos dentários de forma semelhante:** Ao comparar a expansão dentária com placas de diferentes espessuras (0,75 mm e 0,50 mm) na arcada superior e inferior, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) nas diferentes regiões ou tipos de movimentos analisados (Tabela 2).

- **A expansão dentária clinicamente obtida foi menor que a programada:** Quando as arcadas superior e inferior foram analisadas isoladamente, independente da espessura da placa, o movimento de expansão dentária (representado pela medida véstíbulo-palatino) alcançado foi estatisticamente menor ( $P < 0,05$ ) que o movimento programado em todas as regiões analisadas, com ambas as espessuras de placas (Tabela 2, Figura 4).
- **Na maxila foi observada perda da eficácia da expansão de anterior para posterior:** A eficácia foi baseada na diferença entre o resultado “programado versus alcançado” utilizando o seguinte critério: (elevada  $< 0,5$ ); (moderada  $0,5 - 1$ ) e (baixa  $> 1$ ). Independente da espessura da placa (0,75 mm ou 0,5 mm), a região do canino apresentou a maior eficácia de expansão (deslocamento véstíbulo-palatino), com perda da eficácia da expansão de anterior para posterior. Com a placa de espessura 0,75 mm foram observados valores de 43% na região do canino, seguido de 41,3% no 1° pré-molar, 40,5% no 2° pré-molar, 38,3% no 1° molar e 34,6% no 2° molar. Com a placa de espessura 0,5 mm foram observados valores de 37,7% na região do canino, seguido de 37% no 1° pré-molar, 36,3% no 2° pré-molar, 34,9% no 1° molar e 34,3% no 2° molar. Os valores de eficácia foram maiores com a placa 0,75 mm, porém, sem diferença estatisticamente significativa entre as diferentes espessuras (Tabela 2).
- **Na mandíbula, a região de maior expansão foi nos caninos e pré-molares :** Independente da espessura da placa (0,75 mm ou 0,5 mm), a região do canino e pré-molares apresentou a maior eficácia de expansão (deslocamento véstíbulo-palatino). Com a placa de espessura 0,75 mm foram observados valores de 45,4% na região do canino, seguido de 43,1% no 1° pré-molar, 39,5% no 2° pré-molar, 34,2% no 1° molar e 32,1% no 2° molar. Com a placa de espessura 0,5 mm foram observados valores de 40,8% na região do 1° pré-molar, 36,1% no 2° pré-molar, 34,2% no canino, 33,2% no 1° molar e 30,1% no 2° molar. Os valores de eficácia foram maiores com a placa 0,75 mm, porém, sem diferença estatisticamente significativa entre as diferentes espessuras (Tabela 2).

#### 4 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste estudo demonstram uma análise tridimensional abrangente dos efeitos dentários após a expansão com AIH. A investigação teve como objetivo avaliar a

eficácia da expansão ortodôntica na região dos caninos, pré-molares e molares, comparando os resultados alcançados com os resultados planejados digitalmente pelo programa ArchForm.

Um dos achados primários dessa pesquisa foi a simetria da expansão dentária entre os lados direito e esquerdo das arcadas, tanto na maxila quanto na mandíbula (Tabela 1). Este resultado indica a qualidade do planejamento digital realizado, consistência da técnica de medição e a simetria da resposta biológica em condições normais, o que confere maior robustez interna aos demais resultados do estudo.

O presente estudo destaca-se por investigar uma variável fundamental na confecção de AIH: a espessura do material termoplástico e sua influência na eficácia da expansão dentária. Cengiz e Goymen et al.<sup>4</sup> avaliaram a eficácia, a dor e os níveis de satisfação de pacientes tratados com alinhadores de diferentes espessuras (0,75 mm e 0,5 mm), os resultados mostraram que o tratamento com um alinhador com 0,5 mm de espessura proporciona maior conforto aos pacientes, mas o alinhador com 0,75 mm de espessura produz resultados de tratamento mais eficazes. Além disso, os autores concluíram que a espessura do alinhador é um determinante chave da extensão do movimento dentário ortodôntico. Em um estudo semelhante, Li et al.<sup>6</sup> investigaram os efeitos biomecânicos nos dentes e tecidos periodontais durante a expansão do arco maxilar com alinhadores de espessura 0,5 mm e 0,75 mm, os autores concluíram que aumentar a espessura do alinhador aumenta a eficiência de expansão, mas também pode aumentar a carga sobre os tecidos periodontais.

Seo et al.<sup>24</sup> investigaram a influência da espessura do alinhador nas distribuições de tensão no ligamento periodontal utilizando elementos finitos; os autores concluíram que diferentes espessuras produzem tensões semelhantes no ligamento periodontal, que estão dentro de faixas suficientes para produzir movimentação dentária. De forma semelhante, Iliadi et al.<sup>25</sup> concluíram que a espessura do alinhador não parece ter um papel significativo nas forças e momentos gerados pelos alinhadores.

Neste presente estudo observou-se a ausência de diferença estatisticamente relevante na expansão dentária entre as placas de 0,75 mm e 0,50 mm, tanto na quanto na maxila quanto na mandíbula (Tabela 2). Uma possível explicação reside no fato de que a ativação programada por alinhador pode estar dentro de uma janela biológica em que ambas as espessuras são capazes de gerar uma força supra limiar para a movimentação dentária.<sup>25</sup> Acima desse limiar, a magnitude da força pode não ser o fator limitante, mas sim a resiliência do ligamento periodontal e a precisão da adaptação do alinhador.<sup>26,27</sup> Este achado tem implicações clínicas diretas, sugerindo que a escolha por uma placa mais fina (0,50 mm), potencialmente mais confortável para o paciente, não comprometeria a eficácia do movimento de expansão.

Apesar da equivalência entre os materiais, uma observação consistente e de profunda relevância clínica foi a discrepância estatisticamente significativa entre o movimento programado e o movimento clinicamente alcançado. Esta limitação de previsibilidade não é exclusiva dos alinhadores *in-house* e tem sido amplamente documentada para sistemas comerciais.<sup>28-30</sup> Independentemente do sistema utilizado, as empresas que fabricam alinhadores fazem inúmeras alegações sobre a eficácia e previsibilidade de seus sistemas, apesar da disponibilidade limitada de evidências de alta qualidade que fundamentam essas alegações, sendo o grau de previsibilidade superestimado.<sup>31,32</sup>

Sachdev et al.<sup>33</sup> avaliaram a precisão dos movimentos dentários com alinhadores *in-house* e concluíram que os movimentos dentários obtidos foram significativamente menores do que os movimentos dentários previstos em todos os seis tipos de movimentos dentários avaliados.

Upadhyay e Arqub<sup>34</sup> relataram que a precisão geral dos movimentos com alinhadores é de cerca de 50%, exigindo múltiplos estágios de refinamento ou tratamento adicional, sendo os movimentos de raiz, rotação e extrusão posterior particularmente desafiadores. A "perda" de movimento pode ser atribuída a múltiplos fatores, incluindo a perda de *tracking* entre o alinhador e a superfície dentária, a deformação do material sob forças mastigatórias e a complexa interação entre a força aplicada e o centro de resistência do dente, que frequentemente resulta em inclinação em vez de movimento de corpo.

A seleção do laminado PETG para a confecção dos alinhadores neste estudo fundamenta-se, primordialmente, em suas propriedades mecânicas e ópticas excepcionais.<sup>7</sup> Este material apresenta camada única e está disponível em diversas espessuras, características que influenciam diretamente suas propriedades mecânicas e, por conseguinte, o desempenho clínico.<sup>4,5</sup> Para garantir a eficácia do tratamento com alinhadores, é imperativo o uso de termoplásticos capazes de promover movimentação dentária fisiológica mediante a aplicação de forças leves e constantes.<sup>8</sup> Em consonância com esta abordagem, diversos estudos precedentes também empregaram alinhadores de PETG, obtendo resultados satisfatórios.<sup>4,6,24,33</sup>

Um ponto interessante entre os resultados encontrados foi o padrão de expansão observado (Tabela 2). Esse estudo seguiu o seguinte critério para determinar a eficácia (diferença entre o resultado programado e o alcançado): elevada: < 0,5 mm; moderada: 0,5 – 1 mm e baixa: > 1 mm.<sup>33</sup> Na arcada superior, a área de maior expansão esteve localizada na região do canino, com perda da eficácia da expansão de anterior para posterior. Na arcada inferior, a área de maior expansão esteve localizada na região do canino e pré-molares. Os estudos realizados com sistema Invisalign encontraram resultados semelhantes, sendo a

expansão com alinhadores mais eficaz na região dos pré-molares, e menos eficaz na região posterior da arcada.<sup>35,36</sup> Sendo a previsibilidade para o movimento considerada razoável e a supercorreção deve ser realizada para obter os resultados esperados.<sup>35,36</sup>

Cengiz e Goymen<sup>4</sup> avaliaram a eficácia da expansão dentária em pacientes tratados com alinhadores *in-house* com diferentes espessuras, encontrando maiores ganhos transversais na região de pré-molares e menores ganhos na região de caninos, com maiores expansões para as placas de 0,75 mm.

Aragon et al.<sup>37</sup> realizaram uma revisão de escopo para avaliar a efetividade da expansão da arcada dentária no tratamento ortodôntico com alinhadores, os autores concluíram que os alinhadores ortodônticos demonstraram eficácia na expansão de arcos em adultos e crianças. No entanto, a literatura sugere uma diminuição da largura do arco em direção à região posterior, e não há evidências de ganhos esqueléticos.<sup>13,30</sup> Para fornecer evidências mais conclusivas, estudos clínicos randomizados controlados são necessários. Os achados deste estudo reforçam a necessidade de um planejamento cuidadoso e realista ao utilizar alinhadores para expansão das arcadas.

Apesar dos resultados consistentes, este estudo apresenta limitações que devem ser ponderadas. Primeiramente, o protocolo experimental avaliou um movimento de expansão limitado a sete estágios (sete alinhadores), o que, embora suficiente para testar a hipótese inicial, pode não refletir completamente o comportamento de fadiga dos materiais ou a resposta biológica cumulativa em tratamentos de grandes expansões ou de longa duração. Adicionalmente, embora o cálculo amostral tenha assegurado poder estatístico adequado, a amostra final de 22 pacientes pode ser considerada reduzida.

## 5 CONCLUSÕES

Clinicamente, a escolha entre alinhadores de 0,75 mm ou 0,5 mm não é um fator determinante para o sucesso da expansão. O fator crítico é a discrepância entre o planejamento virtual e o resultado alcançado, pois a expansão obtida é inferior à estipulada no *setup* digital em todas as regiões analisadas. Portanto, deve-se pensar em protocolos de sobrecorreção, especialmente na região de molares, onde a previsibilidade do movimento cai drasticamente em comparação à região mais anterior.

## REFERÊNCIAS

1. Cao Y, Wang ZW, Chen D, et al. The effect of space arrangement between anterior teeth on their retraction with clear aligners in first premolar extraction treatment: a finite element study. *Prog Orthod.* 2023;24(1):39. doi:10.1186/s40510-023-00484-1
2. Li N, Lei X, Cao Y, et al. The effect of increasing the gaps between the front teeth on torque and intrusion control of the incisors for anterior retraction with clear aligners: a prospective study. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):115. doi:10.1186/s12903-024-03867-w
3. Ruyi W, Zhihe Z, Yu L. [Current situation and prospect for orthodontic thermoplastic materials]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2018;36(1):87-91. doi:10.7518/hxkq.2018.01.017
4. Cengiz SM, Goymen M. The effectiveness of orthodontic treatment with clear aligners in different thicknesses. *Sci Rep.* 2025;15(1):3958. doi:10.1038/s41598-025-86345-9
5. Hahn W, Dathe H, Fialka-Fricke J, et al. Influence of thermoplastic appliance thickness on the magnitude of force delivered to a maxillary central incisor during tipping. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(1):12.e1-7; discussion 12-3. doi:10.1016/j.ajodo.2008.12.015
6. Li N, Wang C, Yang M, et al. Effects of different tooth movement patterns and aligner thicknesses on maxillary arch expansion with clear aligners: a three-dimensional finite element study. *Front Bioeng Biotechnol.* 2024;12. doi:10.3389/fbioe.2024.1424319
7. Ihssen BA, Willmann JH, Nimer A, Drescher D. Effect of in vitro aging by water immersion and thermocycling on the mechanical properties of PETG aligner material. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2019;80(6):292-303. doi:10.1007/s00056-019-00192-8
8. Delgado JI, Kehyaian P, Fernández-Blázquez JP. Thermoplastics for Clear Aligners: A Review. *Polymers (Basel). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).* 2025;17(12). doi:10.3390/polym17121681
9. Hopewell S, Chan AW, Collins GS, et al. CONSORT 2025 statement: updated guideline for reporting randomised trials. *BMJ.* 2025;389:e081123. doi:10.1136/bmj-2024-081123
10. Rocha AS, Gonçalves M, Oliveira AC, Azevedo RMS, Pinho T. Efficiency and Predictability of Coronal Maxillary Expansion Repercussion with the Aligners System: A Retrospective Study. *Dent J (Basel).* 2023;11(11):258. doi:10.3390/dj11110258
11. Topsakal KG, Gökmen Ş, Yurdakurban E, Duran GS, Görgülü S. The effect of layer thickness on the accuracy of the different in-house clear aligner attachments. *Clin Oral Investig.* 2023;27(9):5331-5341. doi:10.1007/s00784-023-05153-5
12. Alam MK, Kanwal B, Shqaidef A, et al. A Systematic Review and Network Meta-Analysis on the Impact of Various Aligner Materials and Attachments on Orthodontic Tooth Movement. *J Funct Biomater.* 2023;14(4):209. doi:10.3390/jfb14040209
13. Loberto S, Pavoni C, Fanelli S, Lugli L, Cozza P, Lione R. Predictability of expansion movements performed by clear aligners in mixed dentition in both arches: a retrospective study on digital casts. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):694. doi:10.1186/s12903-024-04435-y

14. Elshazly TM, Keilig L, Salvatori D, Chavanne P, Aldesoki M, Bourauel C. Effect of trimming line design and edge extension of orthodontic aligners on force transmission: An in vitro study. *J Dent.* 2022;125:104276. doi:10.1016/j.jdent.2022.104276
15. Nakornnoi T, Srirodjanakul W, Chintavalakorn R, Santiwong P, Sipiyaruk K. The biomechanical effects of clear aligner trimline designs and extensions on orthodontic tooth movement: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):1523. doi:10.1186/s12903-024-05274-7
16. Castroflorio T, Sedran A, Parrini S, et al. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. *Prog Orthod.* 2022;24(1):2. doi:10.1186/s40510-022-00453-0
17. Al-Nadawi M, Kravitz ND, Hansa I, Makki L, Ferguson DJ, Vaid NR. Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement. *Angle Orthod.* 2021;91(2):157-163. doi:10.2319/071520-630.1
18. Anacleto MA, Souki BQ. Superimposition of 3D maxillary digital models using open-source programa. *Dental Press J Orthod.* 2019;24(2):81-91. doi:10.1590/2177-6709.24.2.081-091.bbo
19. Stucki S, Gkantidis N. Assessment of techniques used for superimposition of maxillary and mandibular 3D surface models to evaluate tooth movement: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2020;42(5):559-570. doi:10.1093/ejo/cjz075
20. Ioshida M, Muñoz BA, Rios H, et al. Accuracy and reliability of mandibular digital model registration with use of the mucogingival junction as the reference. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2019;127(4):351-360. doi:10.1016/j.oooo.2018.10.003
21. Garib D, Miranda F, Massaro C, et al. Three-dimensional mandibular dental changes with aging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021;159(2):184-192. doi:10.1016/j.ajodo.2019.12.021
22. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological studies. *Statistical methods for medical and biological students.* Published online 1940.
23. Pandis N, Burzykowski T. Comparing prescribed and achieved treatment outcomes in digitally planned orthodontic treatment: statistical approaches. *Semin Orthod.* Published online June 2025. doi:10.1053/j.sodo.2025.06.002
24. Seo JH, Eghan-Acquah E, Kim MS, et al. Comparative Analysis of Stress in the Periodontal Ligament and Center of Rotation in the Tooth after Orthodontic Treatment Depending on Clear Aligner Thickness-Finite Element Analysis Study. *Materials (Basel).* 2021;14(2). doi:10.3390/ma14020324
25. Iliadi A, Koletsi D, Eliades T. Forces and moments generated by aligner-type appliances for orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2019;22(4):248-258. doi:10.1111/ocr.12333
26. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod.* 1984;85(4):294-307. doi:10.1016/0002-9416(84)90187-8
27. 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):454-460. doi:10.2319/050714-330.1

28. 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.* 2020;23(2):133-142. doi:10.1111/ocr.12353
29. 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;49(3):140-149. doi:10.4041/kjod.2019.49.3.140
30. Suarez O, Alvarado-Lorenzo A, Calzadilla-Suárez E, et al. Comparison of the Predictability of Dentoalveolar Expansion with Different Aligner Systems in Orthodontics: A Longitudinal Clinical Study in Adult Patients. *Applied Sciences (Switzerland).* 2025;15(16). doi:10.3390/app15169074
31. Zheng M, Liu R, Ni Z, Yu Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2017;20(3):127-133. doi:10.1111/ocr.12177
32. Muro MP, Caracciolo ACA, Patel MP, Feres MFN, Roscoe MG. Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners: A scoping review. *Int Orthod.* 2023;21(2):100755. doi:10.1016/j.ortho.2023.100755
33. Sachdev S, Tantidhnazet S, Saengfai NN. Accuracy of Tooth Movement with In-House Clear Aligners. *J World Fed Orthod.* 2021;10(4):177-182. doi:10.1016/j.ejwf.2021.08.003
34. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod.* 2022;11(1):12-21. doi:10.1016/j.ejwf.2021.11.002
35. 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(12):e0242979. doi:10.1371/journal.pone.0242979
36. Lione R, Paoloni V, Bartolommei L, et al. Maxillary arch development with Invisalign system. *Angle Orthod.* 2021;91(4):433-440. doi:10.2319/080520-687.1
37. Aragon MLS de C, Mendes Ribeiro SM, Fernandes Fagundes NC, Normando D. Effectiveness of dental arch expansion in the orthodontic treatment with clear aligners: a scoping review. *Eur J Orthod.* 2024;46(6). doi:10.1093/ejo/cjae059

## TABELAS

**Tabela 1. Avaliação tridimensional da expansão dentária com alinhadores de diferentes espessuras, comparação entre os movimentos programado e alcançado nos lados direito e esquerdo.**

Variáveis	Grupo 1 (n = 11) 0,75 mm - Direito				Grupo 2 (n = 11) Placa 0,75 mm - Esquerdo				Teste t - Valor P 1 vs. 2		Grupo 3 (n = 11) Placa 0,5 mm - Direito				Grupo 4 (n = 11) Placa 0,5 mm - Esquerdo				Teste t - Valor P 3 vs. 4	
	Programado		Alcançado		Programado		Alcançado		Progra mado	Alcanç ado	Programado		Alcançado		Programado		Alcançado		Progra mado	Alcanç ado
	Mé dia	DP	Mé dia	DP	Mé dia	DP	Mé dia	DP			Mé dia	DP	Mé dia	DP	Mé dia	DP	Mé dia	DP		
<b>Canino Maxilar</b>																				
Vestíbulo-palatino	1,04 1	0,3 12	0,49 0	0,2 35	1,03 0	0,2 18	0,41 4	0,2 25	0,910	0,326	0,94 0	0,3 13	0,37 7	0,1 90	0,94 4	0,2 94	0,29 0	0,2 89	0,970	0,369
Mésio-distal	0,36 2	0,1 85	- 0,00 5	0,1 22	0,21 2	0,2 86	0,04 8	0,2 06	0,214	0,498	0,43 1	0,2 53	0,08 3	0,2 47	0,35 8	0,2 96	- 0,04 0	0,2 51	0,591	0,235
Superior-inferior	- 0,09 6	0,3 14	0,02 4	0,1 61	- 0,00 8	0,1 36	0,03 3	0,1 35	0,289	0,871	- 0,01 6	0,2 52	0,06 1	0,1 16	- 0,07 8	0,1 24	0,04 9	0,1 27	0,456	0,710
3D	1,16 8	0,1 89	0,54 1	0,2 15	1,10 8	0,1 94	0,51 2	0,2 30	0,463	0,704	1,10 1	0,2 63	0,49 5	0,1 60	1,07 4	0,2 20	0,42 6	0,3 37	0,596	0,493
<b>1° PM Maxilar</b>																				
Vestíbulo-palatino	0,98 3	0,2 22	0,40 9	0,2 01	0,87 4	0,1 36	0,34 7	0,1 61	0,139	0,305	0,89 9	0,2 01	0,35 2	0,2 16	0,94 1	0,2 70	0,34 2	0,2 14	0,617	0,910
Mésio-distal	0,26 8	0,1 81	0,07 7	0,1 54	0,12 0	0,2 51	0,05 5	0,2 05	0,110	0,732	0,25 5	0,2 40	0,05 8	0,2 47	0,18 3	0,2 47	0,04 7	0,2 80	0,523	0,931
Superior-inferior	- 0,02 1	0,2 25	0,01 5	0,1 98	- 0,00 4	0,0 96	0,04 4	0,1 34	0,800	0,676	- 0,03 5	0,0 98	- 0,06 3	0,1 36	- 0,05 5	0,1 21	- 0,02 9	0,1 19	0,616	0,626
3D	1,06 3	0,2 07	0,50 4	0,1 24	0,91 5	0,0 95	0,44 7	0,1 58	0,051	0,312	0,97 6	0,1 81	0,49 4	0,2 13	1,00 2	0,2 41	0,50 3	0,1 94	0,739	0,915

2° PM Maxilar																				
Vestíbulo-palatino	0,86 8	0,1 61	0,32 3	0,1 76	0,75 4	0,2 17	0,31 2	0,1 52	0,260	0,859	0,92 0	0,2 01	0,31 3	0,1 55	0,83 2	0,1 81	0,30 0	0,1 63	0,210	0,791
Mésio-distal	0,08 4	0,1 53	- 0,03 3	0,2 08	- 0,12 3	0,2 85	- 0,00 3	0,1 36	0,068	0,583	0,07 9	0,2 26	0,11 2	0,2 38	0,05 5	0,2 54	0,05 6	0,2 61	0,843	0,645
Superior-inferior	- 0,01 6	0,2 23	- 0,02 1	0,2 26	- 0,04 7	0,1 81	0,00 2	0,1 26	0,667	0,778	0,00 3	0,1 10	- 0,08 3	0,1 88	- 0,03 5	0,0 90	- 0,06 4	0,1 98	0,459	0,802
3D	0,91 4	0,1 93	0,41 9	0,1 61	0,85 9	0,1 60	0,36 3	0,1 40	0,588	0,354	0,95 7	0,2 12	0,46 9	0,1 90	0,87 2	0,1 86	0,50 1	0,1 73	0,271	0,649
1° Molar Maxilar																				
Vestíbulo-palatino	0,57 5	0,1 69	0,18 4	0,1 22	0,43 1	0,2 53	0,21 1	0,1 23	0,223	0,679	0,61 7	0,2 97	0,27 5	0,1 90	0,66 1	0,2 85	0,19 5	0,1 81	0,722	0,385
Mésio-distal	0,11 3	0,2 58	- 0,05 8	0,3 20	- 0,37 5	0,2 52	- 0,10 8	0,1 86	0,115	0,663	- 0,15 0	0,2 70	- 0,06 6	0,2 29	- 0,18 9	0,2 99	- 0,07 9	0,3 27	0,733	0,919
Superior-inferior	- 0,06 1	0,2 31	0,03 3	0,2 12	0,05 4	0,1 45	0,00 4	0,1 66	0,143	0,696	0,08 7	0,1 37	0,01 3	0,1 86	0,03 6	0,1 65	- 0,03 9	0,1 54	0,415	0,407
3D	0,66 4	0,1 79	0,40 4	0,1 55	0,68 0	0,1 81	0,32 7	0,1 48	0,852	0,298	0,73 1	0,2 01	0,43 7	0,1 56	0,77 5	0,2 44	0,42 0	0,2 29	0,639	0,796
2° Molar Maxilar																				
Vestíbulo-palatino	0,46 6	0,2 44	0,14 9	0,1 20	0,26 5	0,2 27	0,24 8	0,1 67	0,147	0,205	0,44 9	0,2 66	0,16 2	0,1 37	0,45 0	0,3 10	0,21 3	0,1 51	0,996	0,259
Mésio-distal	- 0,16 0	0,1 76	- 0,21 0	0,1 86	- 0,37 9	0,2 42	- 0,14 7	0,3 19	0,118	0,607	- 0,29 6	0,2 46	- 0,05 3	0,2 15	- 0,36 8	0,4 03	- 0,15 9	0,2 91	0,673	0,456
Superior-inferior	0,05 0	0,3 80	0,24 9	0,2 12	0,17 4	0,1 60	0,11 8	0,2 96	0,332	0,151	0,22 0	0,1 98	0,11 4	0,2 14	0,20 6	0,2 34	0,09 2	0,2 78	0,808	0,806

3D	0,64 2	0,2 75	0,45 0	0,2 26	0,66 4	0,1 96	0,51 0	0,2 20	0,850	0,556	0,71 1	0,2 18	0,45 1	0,2 93	0,78 5	0,2 63	0,48 2	0,2 23	0,341	0,753
<b>Canino Mandibular</b>																				
Vestíbulo-palatino	0,83 6	0,3 83	0,46 7	0,2 62	0,75 0	0,4 11	0,37 2	0,2 17	0,410	0,164	1,08 8	0,3 44	0,38 3	0,2 54	0,91 4	0,3 76	0,28 7	0,2 57	0,222	0,105
Mésio-distal	0,29 1	0,2 72	0,13 6	0,1 10	0,40 2	0,2 55	0,12 3	0,2 54	0,163	0,866	0,25 6	0,1 57	- 0,07 9	0,1 47	0,22 4	0,3 51	0,02 6	0,2 26	0,732	0,077
Superior-inferior	0,09 9	0,1 97	- 0,09 3	0,1 92	0,05 7	0,1 70	- 0,03 5	0,1 97	0,274	0,253	0,00 8	0,1 78	0,02 4	0,1 64	0,01 4	0,1 10	- 0,00 4	0,1 17	0,731	0,451
3D	0,99 2	0,2 75	0,55 6	0,2 29	0,96 6	0,3 00	0,49 8	0,2 34	0,707	0,337	1,11 5	0,2 55	0,47 4	0,1 97	1,06 6	0,2 37	0,41 1	0,2 82	0,536	0,250
<b>1° PM Mandibular</b>																				
Vestíbulo-palatino	1,11 6	0,3 33	0,56 7	0,2 58	0,96 4	0,2 75	0,46 7	0,2 32	0,125	0,189	1,20 2	0,2 68	0,49 8	0,3 45	1,07 1	0,2 71	0,39 7	0,2 73	0,295	0,197
Mésio-distal	0,11 4	0,2 37	0,02 2	0,2 57	0,36 7	0,2 36	- 0,03 9	0,2 28	0,055	0,574	0,15 9	0,1 79	- 0,13 4	0,1 73	0,29 4	0,2 22	- 0,00 8	0,2 00	0,127	0,220
Superior-inferior	0,05 0	0,1 60	0,06 9	0,2 25	0,04 6	0,1 26	0,11 9	0,2 04	0,947	0,518	0,00 1	0,2 14	0,02 2	0,1 81	0,00 8	0,1 07	0,14 0	0,1 76	0,918	0,037
3D	1,16 0	0,3 15	0,67 1	0,2 38	1,06 4	0,2 57	0,59 2	0,2 65	0,258	0,343	1,24 3	0,2 58	0,60 0	0,2 81	1,14 7	0,2 12	0,49 7	0,2 63	0,363	0,184
<b>2° PM Mandibular</b>																				
Vestíbulo-palatino	0,87 0	0,2 24	0,43 4	0,2 61	0,84 1	0,2 18	0,35 7	0,2 58	0,525	0,171	0,93 6	0,2 28	0,28 0	0,1 79	0,77 0	0,2 17	0,27 3	0,1 62	0,180	0,904
Mésio-distal	0,05 0	0,2 19	- 0,08 4	0,2 48	0,20 6	0,2 33	- 0,12 5	0,2 34	0,138	0,715	0,04 0	0,1 54	- 0,21 6	0,2 82	0,12 0	0,2 85	- 0,06 4	0,2 63	0,385	0,253

Superior-inferior	0,10 6	0,1 89	0,05 7	0,2 71	- 0,01 9	0,1 36	- 0,06 2	0,1 03	0,055	0,171	0,00 2	0,2 22	0,00 9	0,1 85	- 0,00 4	0,0 93	0,06 9	0,1 04	0,937	0,100
3D	0,92 4	0,2 10	0,57 4	0,1 93	0,90 3	0,2 04	0,47 1	0,2 15	0,723	0,051	0,98 5	0,2 27	0,47 2	0,1 97	0,82 8	0,2 11	0,42 0	0,2 23	0,178	0,466
<b>1° Molar Mandibular</b>																				
Vestíbulo-palatino	0,61 0	0,2 74	0,26 3	0,1 78	0,74 2	0,2 44	0,26 2	0,1 57	0,282	0,977	0,54 5	0,3 04	0,21 4	0,1 26	0,53 4	0,2 29	0,18 4	0,1 56	0,943	0,582
Mésio-distal	- 0,24 9	0,2 36	- 0,21 8	0,3 52	0,15 9	0,3 02	- 0,24 1	0,2 51	0,055	0,823	- 0,18 4	0,1 75	- 0,21 2	0,3 04	0,01 1	0,2 38	- 0,17 1	0,2 60	0,068	0,760
Superior-inferior	0,08 3	0,2 18	- 0,05 2	0,1 86	0,04 4	0,1 99	- 0,05 7	0,1 68	0,053	0,918	0,00 1	0,3 18	0,01 0	0,1 79	- 0,02 3	0,1 53	0,03 7	0,1 64	0,778	0,621
3D	0,75 3	0,1 94	0,51 6	0,1 70	0,77 8	0,1 85	0,43 7	0,2 37	0,678	0,119	0,71 5	0,2 90	0,41 9	0,2 18	0,62 7	0,1 45	0,40 6	0,2 20	0,474	0,863
<b>2° Molar Mandibular</b>																				
Vestíbulo-palatino	0,36 1	0,2 12	0,19 3	0,1 45	0,56 5	0,3 21	0,19 6	0,1 70	0,077	0,965	0,39 0	0,2 51	0,15 6	0,1 15	0,41 3	0,2 21	0,24 5	0,1 95	0,851	0,181
Mésio-distal	- 0,36 7	0,2 35	- 0,32 8	0,2 74	- 0,23 4	0,3 72	- 0,29 1	0,3 10	0,373	0,649	- 0,33 5	0,2 39	- 0,36 4	0,2 34	- 0,14 8	0,3 29	- 0,10 6	0,3 08	0,059	0,069
Superior-inferior	0,11 0	0,3 31	0,02 2	0,3 04	0,08 0	0,2 24	- 0,05 9	0,3 48	0,645	0,470	0,07 4	0,3 56	0,04 5	0,2 62	0,06 8	0,2 06	0,07 0	0,3 76	0,916	0,816
3D	0,68 4	0,2 34	0,59 9	0,2 83	0,81 0	0,2 74	0,54 5	0,2 97	0,173	0,199	0,72 5	0,2 24	0,51 9	0,2 18	0,59 4	0,2 07	0,59 3	0,2 72	0,244	0,459

PM: Pré-molar.

DP: Desvio Padrão.

\* P &lt; 0,05 - Diferença estatisticamente significativa.

Deslocamento méso-distal: (+) mesialização; (-) distalização.

Deslocamento superior-inferior: (+) intrusão; (-) extrusão.

**Tabela 2. Avaliação tridimensional da expansão dentária com alinhadores de diferentes espessuras, comparação entre os movimentos programado e alcançado.**

Variáveis	Placa 0,75 mm (n = 11)							Placa 0,50 mm (n = 11)							Teste t
	Programado		Alcançado		Diferença Programa do vs. Alcançado	Teste t - Valor P Programa do vs. Alcançado	Eficácia	Programado		Alcançado		Diferença Programa do vs. Alcançado	Teste t - Valor P Programa do vs. Alcançado	Eficácia	0,75 vs. 0,5
	Média	DP	Média	DP				Média	DP	Média	DP				
<b>Canino Maxilar</b>															
Vestíbulo-palatino	1,036	0,263	0,452	0,228	0,583	< 0,001 *	43,0%	0,942	0,296	0,334	0,243	0,609	< 0,001 *	37,7%	0,116
Mésio-distal	0,287	0,247	0,022	0,167	0,266	< 0,001 *	26,1%	0,395	0,271	0,022	0,251	0,373	< 0,001 *	21,0%	0,589
Superior-inferior	-0,052	0,240	0,028	0,145	-0,080	0,122	28,1%	-0,047	0,196	0,055	0,119	-0,102	0,024 *	14,6%	0,140
3D	1,138	0,189	0,527	0,218	0,612	< 0,001 *	46,2%	1,087	0,237	0,461	0,260	0,627	< 0,001 *	41,7%	0,411
<b>1° PM Maxilar</b>															
Vestíbulo-palatino	0,929	0,188	0,378	0,181	0,550	< 0,001 *	41,3%	0,920	0,233	0,347	0,210	0,573	< 0,001 *	37,0%	0,475
Mésio-distal	0,144	0,249	0,066	0,177	0,078	0,157	39,5%	0,219	0,241	0,052	0,258	0,166	0,001 *	37,4%	0,864
Superior-inferior	-0,013	0,169	0,029	0,165	-0,042	0,388	11,7%	-0,045	0,108	-0,046	0,126	0,001	0,967	30,5%	0,162
3D	0,989	0,174	0,475	0,142	0,514	< 0,001 *	48,5%	0,989	0,208	0,498	0,199	0,491	< 0,001 *	52,5%	0,481
<b>2° PM Maxilar</b>															
Vestíbulo-palatino	0,811	0,195	0,317	0,161	0,494	< 0,001 *	40,5%	0,876	0,192	0,307	0,155	0,569	< 0,001 *	36,3%	0,489

Mésio-distal	- 0,019	0,24 7	- 0,018	0,17 2	-0,002	0,980	15,4%	0,067	0,23 5	0,084	0,24 6	-0,017	0,767	15,5%	0,987
Superior-inferior	- 0,031	0,19 9	- 0,009	0,17 9	-0,022	0,691	16,2%	- 0,016	0,10 0	- 0,073	0,18 9	0,058	0,164	16,6%	0,967
3D	0,886	0,17 5	0,391	0,15 0	0,495	<b>&lt; 0,001 *</b>	45,7%	0,915	0,19 9	0,485	0,17 8	0,430	<b>&lt; 0,001 *</b>	56,1%	0,137
<b>1° Molar Maxilar</b>															
Vestíbulo-palatino	0,503	0,22 3	0,198	0,12 0	0,305	<b>&lt; 0,001 *</b>	38,3%	0,642	0,27 9	0,235	0,18 6	0,407	<b>&lt; 0,001 *</b>	34,9%	0,685
Mésio-distal	- 0,181	0,31 8	- 0,083	0,25 7	-0,098	0,151	36,6%	- 0,169	0,27 9	- 0,072	0,27 6	-0,097	0,208	31,1%	0,713
Superior-inferior	- 0,004	0,19 7	0,019	0,18 7	-0,022	0,692	15,8%	0,062	0,15 0	- 0,013	0,16 9	0,074	0,099	22,2%	0,572
3D	0,672	0,17 6	0,365	0,15 3	0,307	<b>&lt; 0,001 *</b>	54,0%	0,753	0,21 9	0,428	0,19 1	0,325	<b>&lt; 0,001 *</b>	50,6%	0,656
<b>2° Molar Maxilar</b>															
Vestíbulo-palatino	0,366	0,25 2	0,199	0,15 1	0,167	<b>0,007 *</b>	34,6%	0,450	0,28 2	0,188	0,14 3	0,262	<b>0,001 *</b>	34,3%	0,187
Mésio-distal	- 0,319	0,26 3	- 0,179	0,25 7	-0,141	0,081	23,4%	- 0,332	0,32 8	- 0,106	0,25 5	-0,226	<b>0,005 *</b>	21,2%	0,841
Superior-inferior	0,112	0,29 1	0,183	0,26 0	-0,072	0,353	23,1%	0,213	0,21 2	0,103	0,24 3	0,110	0,085	37,6%	0,264
3D	0,653	0,23 3	0,480	0,22 0	0,174	<b>0,018 *</b>	44,0%	0,748	0,23 9	0,467	0,25 5	0,282	<b>0,001 *</b>	54,5%	0,293
<b>Canino Mandibular</b>															
Vestíbulo-palatino	0,793	0,39 0	0,419	0,24 0	0,374	<b>&lt; 0,001 *</b>	45,4%	1,001	0,36 3	0,339	0,24 9	0,662	<b>&lt; 0,001 *</b>	34,2%	0,133
Mésio-distal	0,346	0,26 4	0,129	0,19 1	0,217	<b>0,002 *</b>	29,7%	0,240	0,26 6	- 0,027	0,19 4	0,267	<b>&lt; 0,001 *</b>	26,9%	0,788
Superior-inferior	- 0,078	0,18 1	0,064	0,19 2	-0,142	<b>&lt; 0,001 *</b>	31,6%	- 0,003	0,14 5	- 0,010	0,14 0	0,007	0,865	21,9%	0,476

3D	0,979	0,28 1	0,527	0,22 8	0,453	< <b>0,001</b> *	47,6%	1,091	0,24 1	0,442	0,23 9	0,649	< <b>0,001</b> *	42,2%	0,376
<b>1° PM Mandibular</b>															
Vestíbulo-palatino	1,040	0,30 8	0,517	0,24 5	0,523	< <b>0,001</b> *	43,1%	1,137	0,27 1	0,447	0,30 8	0,690	< <b>0,001</b> *	40,8%	0,747
Mésio-distal	0,241	0,26 4	- 0,008	0,23 9	0,249	< <b>0,001</b> *	29,2%	0,226	0,20 9	- 0,071	0,19 4	0,297	< <b>0,001</b> *	6,6%	<b>0,019</b> *
Superior-inferior	- 0,048	0,14 1	- 0,094	0,21 1	0,046	0,268	29,6%	- 0,004	0,16 5	- 0,081	0,18 5	0,077	0,176	14,7%	0,240
3D	1,112	0,28 5	0,632	0,24 9	0,481	< <b>0,001</b> *	52,1%	1,195	0,23 5	0,548	0,27 1	0,647	< <b>0,001</b> *	47,0%	0,474
<b>2° PM Mandibular</b>															
Vestíbulo-palatino	0,856	0,21 6	0,396	0,25 7	0,460	< <b>0,001</b> *	39,5%	0,853	0,23 3	0,277	0,16 7	0,577	< <b>0,001</b> *	36,1%	0,679
Mésio-distal	0,128	0,23 5	- 0,105	0,23 6	0,233	<b>0,003</b> *	21,4%	0,080	0,22 7	- 0,140	0,27 7	0,220	<b>0,009</b> *	14,4%	0,521
Superior-inferior	- 0,044	0,17 3	0,002	0,20 9	-0,046	0,234	35,0%	0,001	0,16 6	- 0,039	0,15 0	0,040	0,350	19,7%	0,268
3D	0,914	0,20 2	0,522	0,20 6	0,391	< <b>0,001</b> *	52,6%	0,907	0,22 9	0,446	0,20 7	0,461	< <b>0,001</b> *	47,6%	0,440
<b>1° Molar Mandibular</b>															
Vestíbulo-palatino	0,676	0,26 2	0,262	0,16 4	0,413	< <b>0,001</b> *	34,2%	0,539	0,26 3	0,199	0,13 9	0,340	< <b>0,001</b> *	33,2%	0,881
Mésio-distal	- 0,095	0,30 8	- 0,230	0,29 9	0,135	0,102	36,5%	- 0,087	0,22 7	- 0,191	0,27 7	0,104	0,180	26,2%	0,493
Superior-inferior	- 0,044	0,20 8	0,055	0,17 3	-0,099	<b>0,044</b> *	19,6%	0,011	0,24 4	- 0,024	0,16 8	0,035	0,604	26,9%	0,545
3D	0,765	0,18 5	0,477	0,20 5	0,289	< <b>0,001</b> *	59,0%	0,671	0,22 8	0,413	0,21 4	0,258	<b>0,001</b> *	51,5%	0,379

<b>2° Molar Mandibular</b>															
Vestíbulo-palatino	0,463	0,28 5	0,195	0,15 4	0,268	< <b>0,001</b> *	32,1%	0,401	0,23 1	0,200	0,16 3	0,201	<b>0,001</b> *	30,1%	0,258
Mésio-distal	- 0,301	0,31 1	- 0,310	0,28 6	0,009	0,923	27,9%	- 0,291	0,31 7	- 0,235	0,29 8	-0,056	0,391	51,4%	0,086
Superior-inferior	- 0,095	0,27 6	0,018	0,32 2	-0,113	0,093	23,7%	- 0,071	0,28 4	- 0,057	0,31 6	-0,014	0,864	24,6%	0,944
3D	0,747	0,25 7	0,572	0,28 4	0,175	<b>0,024</b> *	44,8%	0,659	0,22 1	0,556	0,24 3	0,104	0,146	55,4%	0,230

PM: Pré-molar.

DP: Desvio Padrão.

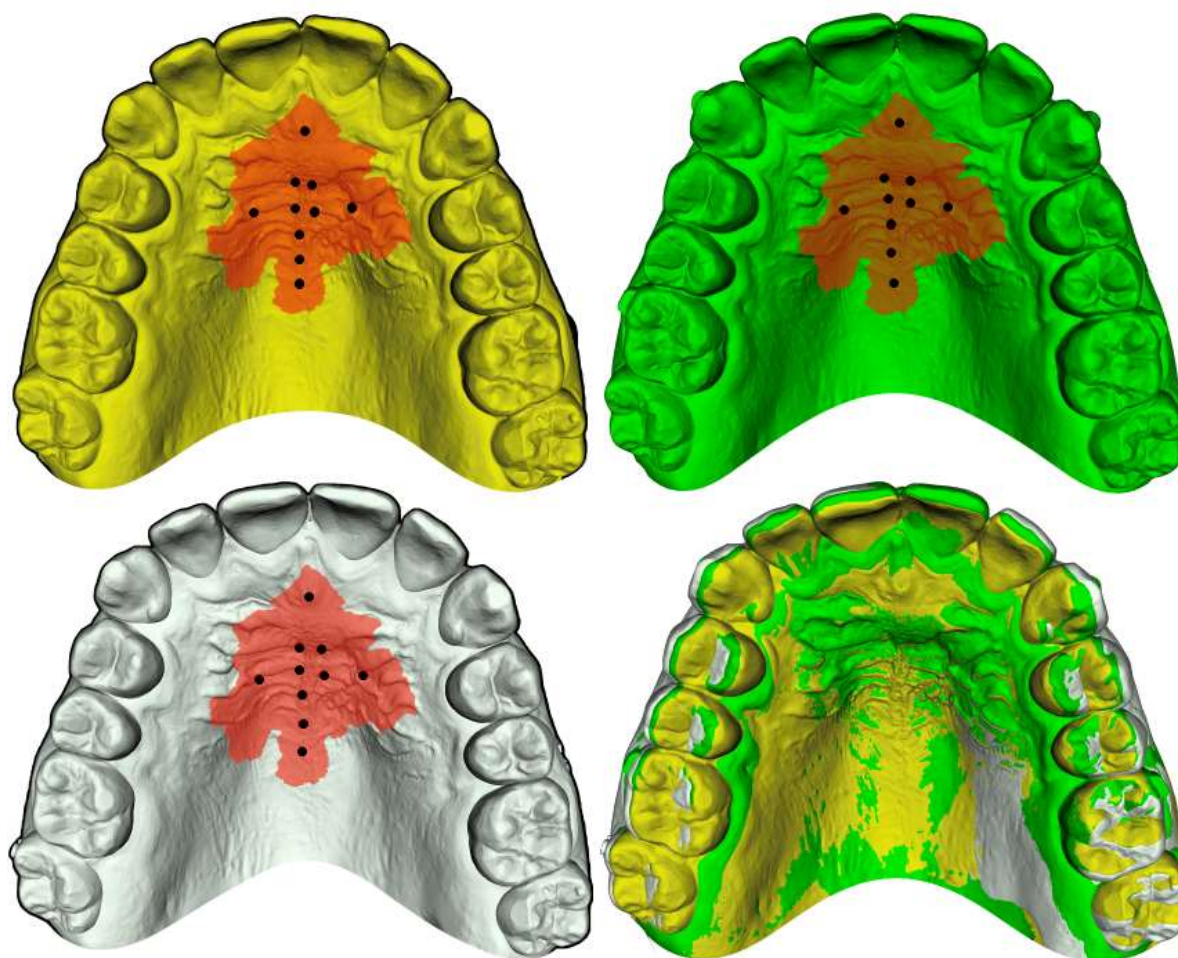
\* P < 0,05 - Diferença estatisticamente significativa.

Eficácia (diferença entre o resultado programado e o alcançado): elevada: < 0,5 mm; moderada: 0,5 – 1 mm; baixa: > 1 mm.

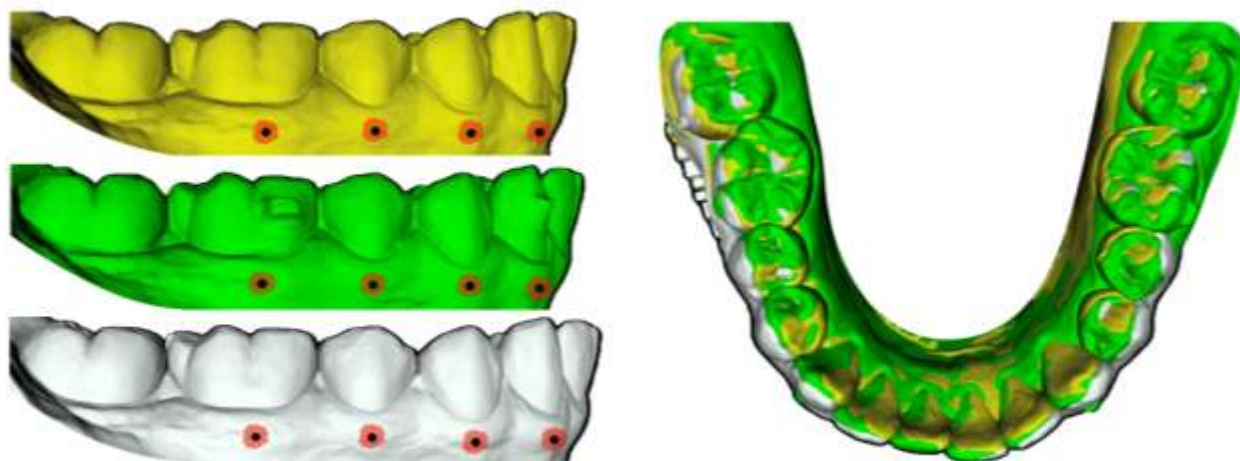
Deslocamento mésio-distal: (+) mesialização; (-) distalização.

Deslocamento superior-inferior: (+) intrusão; (-) extrusão.

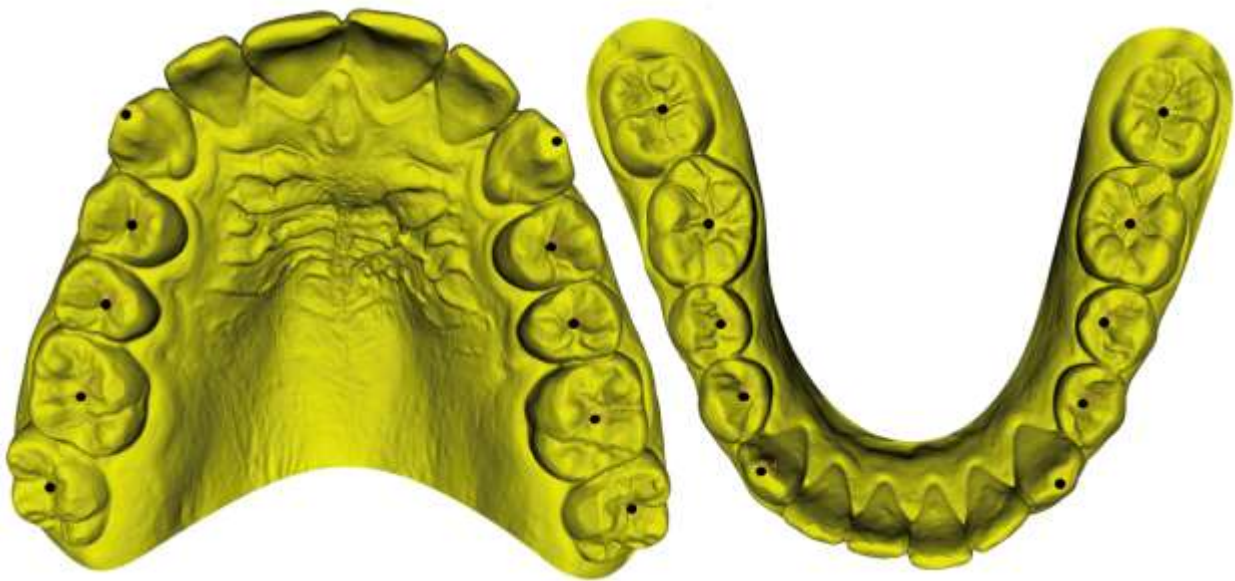
## FIGURAS



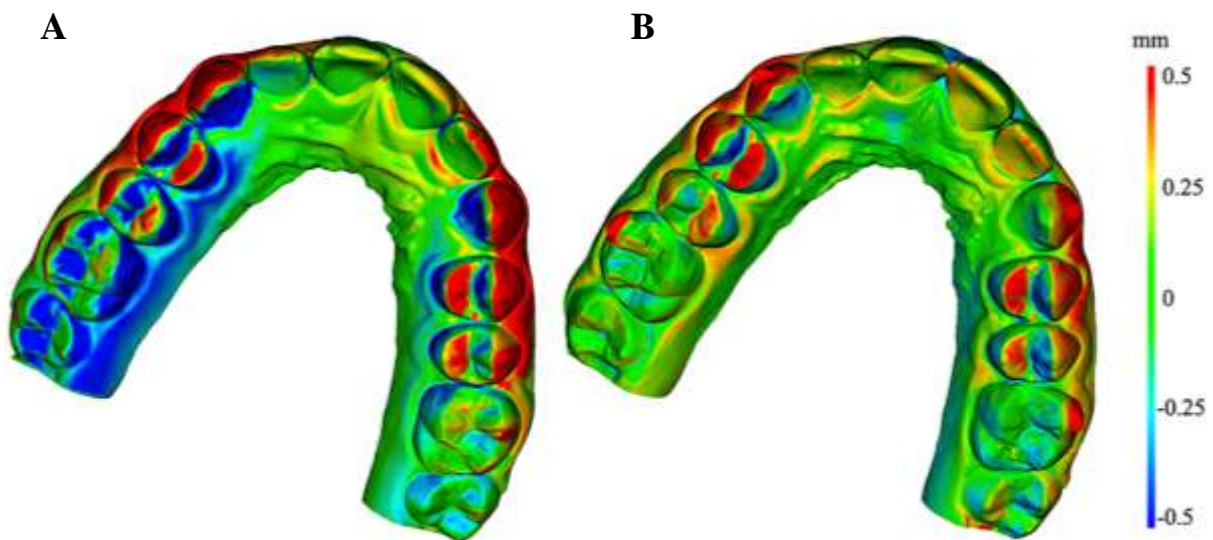
**Figura 1.** Superfícies de registro e sobreposição de modelos maxilares.



**Figura 2.** Superfícies de registro e sobreposição de modelos mandibulares.



**Figura 3.** Marcação de pontos de interesse na maxila e mandíbula para avaliar a expansão dentária.



**Figura 4.** Comparação de T0 – Inicial; T1 – Final; e AF – Programado, após movimentação de expansão dentária com AIH. Mapeamento de cores. A) Programado; B) Alcançado.

## 7 ARTIGO CIENTÍFICO 2

**AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS EFEITOS COLATERAIS NA ROTAÇÃO DE INCISIVOS REALIZADA COM ALINHADORES *IN-HOUSE*: ensaio clínico prospectivo sobre o impacto diferentes magnitudes de rotação**

Será submetido ao periódico **Orthodontics & Craniofacial Research – Qualis A3**

As normas da revista encontram-se no endereço eletrônico:

<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/16016343>

**AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS EFEITOS COLATERAIS NA ROTAÇÃO DE INCISIVOS REALIZADA COM ALINHADORES *IN-HOUSE*: ensaio clínico prospectivo sobre o impacto diferentes magnitudes de rotação**

Raiane Machado Maia<sup>1</sup>, Gabriel Maia Azevedo<sup>1</sup>, Carlo Bosoni<sup>2</sup>, Lorenzo Franchi<sup>2</sup>, Bernardo Quiroga Souki<sup>1</sup>

1 Departamento de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

2 Università degli Studi di Firenze, Florença, Italia

**Endereço para Correspondência:** Dr. Bernardo Quiroga Souki, Av. Dom José Gaspar, 500, Prédio 46/Sala 101 – Coração Eucarístico; Belo Horizonte, MG, Brazil, CEP: 30535-901, E mail: bqsouki@gmail.com

## RESUMO

**Objetivos:** Avaliar de forma tridimensional os efeitos colaterais que ocorreram nos incisivos adjacentes aos incisivos que receberam movimentação de rotação, utilizando duas magnitudes diferentes de ativações (1° / 2°) por alinhador.

**Materiais e métodos:** Ensaio clínico randomizado (n = 22; 12 – 30 anos), em pacientes nos quais foi realizada correção de giro dos incisivos superiores e inferiores por meio de oito alinhadores *in-house* (AIH) de PETG (0,75 mm) com trocas semanais sequenciais. De forma randomizada foram programadas rotações dos incisivos de 1° ou 2° por AIH. A movimentação ortodôntica foi realizada utilizando o programa *ArchForm*®. Modelos digitais (T0 - inicial, AF – *ArchForm*, e T1 - final) foram orientados, superpostos e analisados no programa 3D Slicer. Foram realizados testes t pareado para a comparação entre as posições iniciais e finais. A equivalência (TOST,  $\alpha = 0,05$ ) foi testada nas diferenças entre as posições iniciais e finais usando margens escalonadas por movimento ancoradas ao erro de medição. ICC foi empregado para avaliação da concordância e erros sistemáticos e aleatórios foram mensurados pela fórmula de Dahlberg e teste t pareado.

**Resultados:** A magnitude da rotação dentária (1° ou 2° graus por AIH) não resultou em diferenças estatisticamente significantes ( $P < 0,05$ ) nos efeitos colaterais entre os grupos para nenhum dos dentes analisados. Na maxila houve eficácia elevada para o controle de rotações colaterais; enquanto que na mandíbula houve eficácia elevada para o controle de rotações colaterais com ativação de 1°, sendo que para a ativação de 2° a eficácia para o controle de rotações colaterais variou entre os incisivos.

**Conclusões:** Na maxila, o controle de efeitos colaterais é altamente previsível, permitindo ao ortodontista utilizar ativações de até 2° com confiança. Já na mandíbula, embora a ativação de 1° ofereça excelente controle, recomenda-se cautela com ativações de 2°.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ortodontia; Técnicas de Movimentação Dentária; Aparelhos Ortodônticos Removíveis.

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento ortodôntico com alinhadores tornou-se uma modalidade terapêutica de crescente popularidade na prática clínica, impulsionando também o desenvolvimento de fluxos de trabalho *in-house*.<sup>1-4</sup> Apesar da ampla aceitação, a previsibilidade e eficácia de determinados movimentos dentários ainda permanecem desafiadoras.<sup>5-7</sup>

Movimentos de rotação, em particular, são historicamente considerados complexos de se obter com alinhadores, sendo que a previsibilidade tende a diminuir à medida que a magnitude do movimento planejado por estágio aumenta.<sup>8,9</sup>

A maior parte da literatura científica recente tem focado na eficácia e previsibilidade do movimento no dente alvo. No entanto, os impactos colaterais sobre os dentes vizinhos (especificamente, movimentos indesejados induzidos nos dentes adjacentes àqueles em movimentação ativa) permanecem como uma área pouco explorada. Não está claro se protocolos de ativação mais rápidos (maior magnitude de rotação por alinhador) exacerbam esses efeitos colaterais.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar tridimensionalmente os efeitos colaterais que ocorreram nos incisivos adjacentes aos incisivos que receberam movimentação de rotação, utilizando duas magnitudes diferentes de ativações (1° ou 2°) por alinhador.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Amostra

Este estudo faz parte de um projeto integrado (guarda-chuva), projeto no qual o cálculo amostral foi realizado pelo programa *G\*Power* (versão 3.1, Düsseldorf, Alemanha), considerando um alfa de 5%, um poder de 80% e um *effect-size* de 0,9, indicando a necessidade de uma amostra de 21 indivíduos. O tamanho do efeito (0,9) foi determinado pela eleição de um limite de tolerância clínica de 1 mm para a diferenciação dos grupos, em combinação com a informação do desvio padrão de 1,1 mm, encontrado na literatura para a principal variável analisada.<sup>11</sup> Dessa forma, o presente estudo realizou uma análise post-hoc, determinando o poder estatístico das variáveis investigadas.

O processo de seleção iniciou-se com a triagem de 40 candidatos ao tratamento ortodôntico na Clínica do Programa de Pós-Graduação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, foram selecionados 22 pacientes que atenderam aos seguintes critérios de

inclusão: 1) dentadura permanente completa, incluindo os segundos molares permanentes totalmente irrompidos; 2) necessidade de tratamento ortodôntico com discrepâncias negativas de espaço consideradas leves ( $< 4$  mm); 3) ausência de doenças sistêmicas ou uso regular de medicamentos que pudessem interferir na movimentação ortodôntica.

Os critérios de exclusão foram: 1) idade inferior a 12 anos ou superior a 30 anos; 2) terceiros molares irrompidos; 3) perdas dentárias ou doenças periodontais severas; 4) dentes com alguma anomalia de forma. A delimitação etária (12 a 30 anos) foi estratégica para mitigar variáveis de confusão associadas ao crescimento e ao envelhecimento. O limite inferior visou assegurar a dentadura permanente completa e a maturidade para colaboração com o protocolo. Já o limite superior buscou minimizar influências de fatores sistêmicos, uso crônico de medicamentos e alterações degenerativas periodontais, promovendo maior homogeneidade fisiológica na amostra.

Todos os participantes e seus responsáveis legais foram esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa e ao plano de tratamento, formalizando a participação mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A amostra final foi constituída por 22 indivíduos, sendo 14 do sexo feminino (63,6%) e 8 do sexo masculino (36,4%). A distribuição etária apresentou nove participantes (40,9%) entre 12 e 17 anos, cinco (22,7%) entre 18 e 24 anos e oito (36,4%) na faixa de 25 a 30 anos.

## **2.2 Coleta e análise de dados**

Após a obtenção da documentação inicial (fotografias intraorais e extraorais, telerradiografia lateral e radiografia panorâmica), modelos digitais em STL foram obtidos utilizando o escâner intraoral 3Shape Trios 3 (3Shape, Copenhague, Dinamarca). O planejamento da movimentação dentária foi realizado utilizando o programa *ArchForm*® (versão 2.2, San Mateo, Califórnia, EUA). Os modelos foram impressos em impressora de resina (Elegoo Saturn 4K, Elegoo, Shenzhen, China) com altura da camada de impressão de 0,06 mm,<sup>11</sup> utilizando a resina 3D Cure Basic (3D Cure, Betim, Minas Gerais, Brasil).

O planejamento das movimentações dentárias foi realizado da seguinte forma: rotação dos incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, equivalente a sete estágios (placa inicial 0 + 7 placas com movimentação ativa de 1° ou 2° por alinhador). Os pacientes foram randomizados utilizando o programa Microsoft Excel, e o planejamento foi realizado de forma que no mesmo indivíduo foi utilizado alinhador com correção de giro de 1° dos incisivos em uma arcada, e correção de giro de 2° dos incisivos na outra arcada. Destaca-se que em cada

arcada somente dois incisivos foram rotacionados, sendo que nos dois incisivos que não foram movimentados foi avaliada as possíveis repercussões colaterais. Nessa etapa todos os paciente possuíam espaços interproximais aos dentes que seriam rotacionados, que foram gerados pela expansão da primeira etapa e quando necessário foi feita redução interproximal com tira de lixa abrasiva.

Dentre os *attachments* disponíveis no *ArchForm*®, foi escolhido o com formato *Slice*, devido ao seu formato que auxilia nos movimentos de rotação dentária, além de otimizar o respectivo movimento e representar uma situação clínica do tratamento com alinhadores ortodônticos. Os *attachments* foram inseridos nos incisivos que seriam rotacionados, de modo que a sua base ficasse voltada para o lado em que aconteceria a rotação, todos com escala 1, e igualmente inseridos em todos os pacientes.

Os alinhadores ortodônticos foram confeccionados utilizando laminados plásticos PETG (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil) com espessura de 0,75 mm e a termoplastificação foi realizada utilizando a máquina de moldagem a vácuo PlastVac P7 (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil). Visando contornar a ausência de controle automatizado de temperatura e tempo da plastificadora, estabeleceu-se um protocolo de padronização: aquecimento inicial de dois minutos, seguido pela plastificação de cinco alinhadores e um intervalo de resfriamento de cinco minutos antes de reiniciar o ciclo.

O recorte dos alinhadores foi realizado manualmente com tesouras curvas (Beck Instruments, Schaumburg, Illinois, Estados Unidos), em linha reta 2 mm acima das margens gengivais. Realizado dessa forma para se obter um melhor controle biomecânico e aumento da rigidez e retenção do aparelho, resultando em uma aplicação de força mais uniforme e controlada, favorecendo assim, a expressão dos movimentos dentários.<sup>12,13</sup> Em seguida, foram realizados o acabamento, a limpeza e a embalagem dos alinhadores, garantindo que eles estivessem prontos para o uso.

Os atendimentos foram conduzidos por uma equipe de ortodontistas treinados, sob supervisão de um especialista na metodologia. A prescrição de uso foi de 22 horas diárias, com trocas a cada 7 dias, preferencialmente no período noturno. A periodicidade semanal de troca dos alinhadores foi adotada para alinhar-se à logística do atendimento clínico.

Os dados foram coletados a partir dos modelos STL gerados classificados da seguinte forma: (T0) modelos iniciais, obtidos com o escaneamento intra-oral inicial do paciente; (AF) modelos com movimentação dentária planejada, obtidos com o planejamento digital utilizando

o programa *ArchForm*®; (T1) modelos com movimentação dentária alcançada, obtidos o escaneamento intra-oral do paciente realizado ao final do tratamento.

Após exportar os arquivos STL para o programa 3D Slicer (versão CMF 3.0), a orientação do modelo foi realizada para AF, T0 e T1 usando o módulo Transforms, seguido pela sobreposição do modelo usando a ferramenta Surface Registration. Na maxila, as rugas palatinas foram usadas como estruturas de referência (Figura 1),<sup>14,15</sup> enquanto no arco mandibular a borda WALA serviu como referência (Figura 2).<sup>16,17</sup> A avaliação qualitativa das alterações foi realizada usando sobreposições e mapeamento de cores. Por fim, o módulo Q3DC foi utilizado para a análise quantitativa dos movimentos dentários tridimensionais ponto a ponto. Todas as medições foram realizadas em relação aos eixos XYZ globais do 3D Slicer após a orientação do modelo, com vestibular e superior definidos como direções positivas para  $\Delta X$  e  $\Delta Z$ , respectivamente. Os pontos de interesse para avaliação dos efeitos colaterais após a rotação dos incisivos foram: ponto distal e mesial da incisal dos dentes incisivos que não foram rotacionados (Figura 3). Inicialmente os pontos foram marcados no modelo T0 usando "Criar Novas Marcações" em "Pontos de Referência Conectados", e o mesmo procedimento foi repetido para T1.

Após a marcação dos pontos de interesse nos modelos, os movimentos dentários foram mensurados da seguinte maneira: selecionada a opção "*Calculate distance between two landmarks*". Inicialmente foram calculados os valores nos modelos T0, em que na opção "*Landmark A*" e "*Landmark B*" foram selecionados no modelo T0 e os pontos para mensuração foram escolhidos. Em seguida, foram calculados os valores nos modelos T1, em que na opção "*Landmark A*" e "*Landmark B*" foram selecionados nos modelos T1 e os mesmos pontos para mensuração foram escolhidos.

Com base nesses procedimentos, foi possível obter informações precisas sobre as alterações das posições dentárias entre o modelo inicial e final. Essa metodologia forneceu uma abordagem sistemática e confiável para a análise dos movimentos dentários, contribuindo para o estudo e aprimoramento dos tratamentos ortodônticos com AIH.

Todos os procedimentos de obtenção dos modelos digitais e processamento das imagens, além das etapas de sobreposição, marcação dos pontos e medição foram realizados pelo mesmo operador, devidamente treinado por um pesquisador *expert*, com experiência neste tipo de metodologia. A calibração do examinador e confiabilidade das medidas foram avaliadas em 10 modelos selecionados aleatoriamente. Esses modelos receberam todos os procedimentos descritos na metodologia e após um intervalo de 15 dias, os procedimentos foram repetidos e então comparados. O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) foi empregado para testar a

concordância entre as leituras (confiabilidade do método), e variou de 0,90 a 1. O teste t foi utilizado para avaliar a validade do método e a presença de erros sistemáticos. Os resultados indicaram que as duas leituras não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $P > 0,05$ ). Para avaliar os erros aleatórios, foi utilizada a fórmula de Dahlberg.<sup>18</sup>

### 2.3 Análise estatística

Os dados coletados foram analisados utilizando o programa SPSS (versão 22, IBM corp, Armonk, New York, Estados Unidos), a estatística descritiva, com média e desvio-padrão, foi apresentada em forma de tabelas. Foi estabelecido o nível de significância de 5%. Inicialmente os dados foram explorados buscando identificar os “*outliers*”, permitindo rever eventuais inconsistências de lançamento dos valores. Na sequência, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov para identificar se as variáveis contínuas apresentavam distribuição normal, e se os testes de comparação das médias seria paramétrico ou não-paramétrico. Diante da confirmação do pressuposto de normalidade as médias dos dois grupos foram comparadas utilizando o teste t pareado.

Como os movimentos colaterais ocorridos eram frequentemente pequenos, as margens de equivalência foram definidas a priori e ancoradas ao erro de medição, em vez de uma tolerância fixa de 1 mm/1°. Para evitar limiares excessivamente permissivos, uma margem relativa de  $\pm 20\%$  do valor planejado também foi aplicada; para cada desfecho, a margem operatória foi o mínimo dos limiares absoluto e relativo. As diferenças entre o planejado e o alcançado foram testadas para equivalência usando um procedimento TOST com intervalos de confiança de 90%.<sup>19</sup>

## 3 RESULTADOS

Ao longo da utilização dos oito alinhadores para a rotação dos incisivos, não foram observadas quebras, perdas ou desadaptações dos aparelhos. O ICC foi maior que 0,90 para todas as medidas. Os erros sistemáticos não foram estatisticamente significativos ( $P > 0,05$ ).

Baseando-se nos dentes avaliados e nos dados tabulados e analisados, chegou-se aos seguintes resultados a respeito da avaliação dos efeitos colaterais que ocorreram nos incisivos adjacentes aos incisivos que receberam movimentação de rotação utilizando AIH (Tabela 1):

- **A magnitude da rotação não resultou em diferença nos efeitos colaterais:** A magnitude da rotação dentária (1 grau vs. 2 graus por AIH) não resultou em diferenças estatisticamente significantes ( $P > 0,05$ ) nos efeitos colaterais entre os grupos para nenhum dos dentes analisados.
- **Na maxila houve eficácia elevada para o controle de rotações colaterais:** O estudo seguiu o seguinte critério para determinar a eficácia do controle de rotação dentária dos incisivos (diferença entre a média da posição inicial e final): elevada  $< 0,5^\circ$ , moderada  $0,5^\circ$  a  $1^\circ$ , e baixa  $> 1^\circ$ . Para a ativação de 1 grau por alinhador, a média da posição inicial e final para o incisivo lateral foi de  $2,899^\circ$  e  $2,908^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P > 0,05$ ); enquanto que para o incisivo central, a média da posição inicial e final foi de  $1,278^\circ$  e  $1,296^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P > 0,05$ ), com eficácia do controle de rotação elevada em ambos os dentes. Para a ativação de 2 graus por alinhador, a média da posição inicial e final para o incisivo lateral foi de  $2,850^\circ$  e  $2,774^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P > 0,05$ ); enquanto que para o incisivo central, a média da posição inicial e final foi de  $1,439^\circ$  e  $1,408^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P > 0,05$ ), com eficácia do controle de rotação elevada em ambos os dentes.
- **Na mandíbula houve eficácia elevada para o controle de rotações colaterais com ativação de 1:** A média da posição inicial e final para o incisivo lateral foi de  $1,722^\circ$  e  $1,711^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P > 0,05$ ); enquanto que para o incisivo central, a média da posição inicial e final foi de  $0,474^\circ$  e  $0,494^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P > 0,05$ ), com eficácia do controle de rotação elevada em ambos os dentes.
- **Na mandíbula a eficácia para o controle de rotações colaterais com ativação de 2° variou entre os incisivos:** A média da posição inicial e final para o incisivo lateral foi de  $1,540^\circ$  e  $1,431^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P < 0,05$ ), com eficácia do controle de rotação moderada; enquanto que para o incisivo central, a média da posição inicial e final foi de  $0,571^\circ$  e  $0,637^\circ$  respectivamente (valor  $P$  pareado inicial vs. final  $P > 0,05$ ), com eficácia do controle de rotação elevada.

## 4 DISCUSSÃO

O presente estudo investigou os efeitos colaterais nos incisivos adjacentes àqueles submetidos à movimentação rotacional com AIH, um tema de crescente importância clínica devido à popularização dos alinhadores, mas ainda pouco explorado na literatura científica.

O principal efeito colateral reportado nos estudos não está diretamente relacionado à indução deliberada de movimentos nos dentes adjacentes, mas sim à precisão limitada da execução do movimento planejado.<sup>20</sup> Essa discrepância entre o resultado virtual (definido no programa de planejamento) e o resultado clínico efetivamente obtido é considerada um desafio particular nos movimentos rotacionais, especialmente em dentes de morfologia circular, como caninos e pré-molares.<sup>5,21-23</sup> Sendo que a previsibilidade dos movimentos rotacionais com os alinhadores tende a diminuir com o aumento da quantidade do movimento planejado.<sup>8,9</sup>

Um dos achados centrais deste trabalho foi que a magnitude da ativação programada por alinhador (1° vs. 2°) não resultou, de forma geral, em diferenças estatisticamente significativas nos efeitos colaterais. Este resultado é clinicamente relevante, pois sugere que um protocolo de movimentação mais acelerado, dentro dos limites avaliados, não necessariamente aumenta os movimentos indesejados nos dentes adjacentes de maneira generalizada.

A análise separada por arcada revelou diferenças biomecânicas significativas entre maxila e mandíbula. Na maxila, observou-se elevada eficácia no controle de rotações colaterais independentemente da magnitude de ativação. Essa vantagem pode decorrer de fatores como a maior superfície radicular dos incisivos superiores, que favorece a ancoragem, e a morfologia coronária que proporciona maior área de contato e adaptação pelo alinhador.<sup>24</sup> Esses fatores combinados potencializam a dissipação das forças aplicadas no dente alvo, reduzindo a transmissão de momentos indesejados para dentes vizinhos.

Na mandíbula, contudo, o comportamento foi mais sensível à magnitude de ativação. Com a ativação de 1° por alinhador, a eficácia do controle colateral manteve-se elevada; porém, com a ativação de 2°, ocorreu queda na previsibilidade. Especificamente, o incisivo lateral adjacente apresentou uma rotação colateral de magnitude moderada e estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ). Esse resultado sugere que o limiar de controle biomecânico na região anterior da mandíbula é mais baixo. A combinação de coroas clínicas menores e raízes mais afiladas pode dificultar a expressão precisa do movimento planejado, levando à perda de adaptação do alinhador (*tracking*) e à manifestação de efeitos colaterais.<sup>24,25</sup> A diferença de comportamento entre o incisivo central (controle elevado) e o lateral (controle moderado) com ativação de 2° pode ser explicada pela sua posição no arco: o incisivo lateral, situado em uma

área de maior curvatura do arco, pode estar sujeito a vetores de força mais complexos quando o dente adjacente é rotacionado.

Do ponto de vista clínico, estes resultados têm implicações diretas na personalização dos protocolos de tratamento. Enquanto na maxila pode-se optar por estágios de rotação com alta previsibilidade de controle dos dentes adjacentes, na mandíbula, a mesma abordagem deve ser vista com cautela.

A metodologia empregada nesse estudo demonstrou alta confiabilidade, com excelente correlação intraclasse ( $ICC > 0,90$ ) e ausência de erros sistemáticos significativos, garantindo a validade interna dos achados. Além disso, o estudo destaca-se por não ter registrado quebras, perdas ou desadaptações dos alinhadores ao longo da pesquisa. Sobressai pelo rigor científico adotado, empregando uma metodologia adequada, consistente e bem fundamentada na literatura.<sup>14-16</sup> No entanto, apesar do rigor metodológico, o estudo avaliou apenas o curto prazo (fase inicial); estudos longitudinais são necessários para verificar a persistência desses efeitos.

## 5 CONCLUSÕES

- Protocolo na Maxila: A eficácia no controle de efeitos colaterais é robusta tanto para 1° quanto para 2°, dispensando sobrecorreções adicionais para proteção dos adjacentes.
- Protocolo na Mandíbula: O arco inferior exige planejamento diferenciado. Ativações de 1° são seguras, porém, ao optar por 2° de ativação, o ortodontista deve estar atento à eficácia moderada no incisivo lateral adjacente, o que pode demandar refinamentos posteriores ou mecânicas auxiliares de controle.

## REFERÊNCIAS

1. Sarul M, Antoszewska-Smith J, Park HS. Self-perception of smile attractiveness as a reliable predictor of increased patient compliance with an orthodontist. *Adv Clin Exp Med*. 2019;28(12):1633-1638. doi:10.17219/acem/110320
2. Wu Y, Cao L, Cong J. The periodontal status of removable appliances vs fixed appliances: A comparative meta-analysis. *Medicine*. 2020;99(50):e23165. doi:10.1097/MD.00000000000023165
3. Shokeen B, Vilorio E, Duong E, et al. The impact of fixed orthodontic appliances and clear aligners on the oral microbiome and the association with clinical parameters: A longitudinal comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022;161(5):e475-e485. doi:10.1016/j.ajodo.2021.10.015
4. Kim TW, Echarri P. Clear aligner: an efficient, esthetic, and comfortable option for an adult patient. *World J Orthod*. 2007;8(1):13-18.
5. Castroflorio T, Sedran A, Parrini S, et al. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. *Prog Orthod*. 2022;24(1):2. doi:10.1186/s40510-022-00453-0
6. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod*. 2022;11(1):12-21. doi:10.1016/j.ejwf.2021.11.002
7. Muro MP, Caracciolo ACA, Patel MP, Feres MFN, Roscoe MG. Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners: A scoping review. *Int Orthod*. 2023;21(2):100755. doi:10.1016/j.ortho.2023.100755
8. Medeiros RB, Santos RF, Mendes-Miguel JA, Rothier EKC, Mendes FM, Dominguez GC. Accuracy of Invisalign® aligners in adult patients: a retrospective study of angular tooth movements. *Dental Press J Orthod*. 2024;29(2):e2423237. doi:10.1590/2177-6709.29.2.e2423237.oar
9. Cortona A, Rossini G, Parrini S, Deregibus A, Castroflorio T. Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular round-shaped teeth: A finite element study. *Angle Orthod*. 2020;90(2):247-254. doi:10.2319/020719-86.1
10. Rocha AS, Gonçalves M, Oliveira AC, Azevedo RMS, Pinho T. Efficiency and Predictability of Coronal Maxillary Expansion Repercussion with the Aligners System: A Retrospective Study. *Dent J (Basel)*. 2023;11(11):258. doi:10.3390/dj11110258
11. Topsakal KG, Gökmen Ş, Yurdakurban E, Duran GS, Görgülü S. The effect of layer thickness on the accuracy of the different in-house clear aligner attachments. *Clin Oral Investig*. 2023;27(9):5331-5341. doi:10.1007/s00784-023-05153-5
12. Doğramacı E, Chubb D, Rossi-Fedele G. Orthodontic thermoformed retainers: a two-arm laboratory study into post-fabrication outcomes. *Aust Dent J*. 2018;63(3):347-355. doi:10.1111/adj.12610
13. Hahn W, Dathe H, Fialka-Fricke J, et al. Influence of thermoplastic appliance thickness on the magnitude of force delivered to a maxillary central incisor during tipping. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(1):12.e1-7; discussion 12-3. doi:10.1016/j.ajodo.2008.12.015
14. Elshazly TM, Keilig L, Salvatori D, Chavanne P, Aldesoki M, Bourauel C. Effect of trimming line design and edge extension of orthodontic aligners on force transmission: An in vitro study. *J Dent*. 2022;125:104276. doi:10.1016/j.jdent.2022.104276
15. Elshazly TM, Salvatori D, Elattar H, Bourauel C, Keilig L. Effect of trimming line design and edge extension of orthodontic aligners on force transmission: A 3D finite element study. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2023;140:105741. doi:10.1016/j.jmbbm.2023.105741
16. Al-Nadawi M, Kravitz ND, Hansa I, Makki L, Ferguson DJ, Vaid NR. Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement. *Angle Orthod*. 2021;91(2):157-163. doi:10.2319/071520-630.1

17. Anacleto MA, Souki BQ. Superimposition of 3D maxillary digital models using open-source programa. *Dental Press J Orthod.* 2019;24(2):81-91. doi:10.1590/2177-6709.24.2.081-091.bbo
18. Stucki S, Gkantidis N. Assessment of techniques used for superimposition of maxillary and mandibular 3D surface models to evaluate tooth movement: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2020;42(5):559-570. doi:10.1093/ejo/cjz075
19. Ioshida M, Muñoz BA, Rios H, et al. Accuracy and reliability of mandibular digital model registration with use of the mucogingival junction as the reference. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2019;127(4):351-360. doi:10.1016/j.oooo.2018.10.003
20. Garib D, Miranda F, Massaro C, et al. Three-dimensional mandibular dental changes with aging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021;159(2):184-192. doi:10.1016/j.ajodo.2019.12.021
21. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological studies. *Statistical methods for medical and biological students.* Published online 1940.
22. Pandis N, Burzykowski T. Comparing prescribed and achieved treatment outcomes in digitally planned orthodontic treatment: statistical approaches. *Semin Orthod.* Published online June 2025. doi:10.1053/j.sodo.2025.06.002
23. Bichu YM, Weir T, Zou B, Adel S, Vaid NR. Clear Aligner Therapy Concerns: Addressing Discrepancies Between Digitally Anticipated Outcomes and Clinical Ground Realities. *Turk J Orthod.* 2024;37(2):130-139. doi:10.4274/TurkJOrthod.2024.2024.4
24. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthod.* 2015;85(5):881-889. doi:10.2319/061614-436.1
25. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health.* 2014;14:68. doi:10.1186/1472-6831-14-68
26. D'Antò V, Rongo R, Casaburo SD, et al. Predictability of tooth rotations in patients treated with clear aligners. *Sci Rep.* 2024;14(1):11348. doi:10.1038/s41598-024-61594-2
27. Aminian A, Garino F, Castroflorio T, Younessian F. Biomechanics of tooth rotation in clear aligner therapy. *Semin Orthod.* Published online October 2024. doi:10.1053/j.sodo.2024.10.005
28. Wang Y, Long H, Zhao Z, et al. Expert consensus on the clinical strategies for orthodontic treatment with clear aligners. *Int J Oral Sci.* 2025;17(1):19. doi:10.1038/s41368-025-00350-2

## TABELA

**Tabela 1. Efeitos colaterais ocorridos nos incisivos adjacentes aos dentes submetidos à rotação, empregando duas magnitudes de ativação por alinhador (1° e 2°).**

Arcada	Dente	1 Grau						2 Graus						Teste t		
		Posição inicial		Posição final		Diferença Inicial vs. Final	Eficácia	Teste t - Valor P Inicial vs. Final	Posição inicial		Posição final		Diferença Inicial vs. Final	Eficácia	Teste t - Valor P Inicial vs. Final	1° vs. 2°
		Média	DP	Média	DP				Média	DP	Média	DP				
Maxila	Incisivo lateral	2,899°	0,62 3°	2,90 8°	0,62 1°	0,01°	Elevada	0,868	2,85 0°	0,35 4°	2,77 4°	0,59 9°	0,08°	Elevada	0,750	0,638
	Incisivo central	1,278°	0,90 5°	1,29 6°	0,86 0°	0,02°	Elevada	0,728	1,43 9°	0,78 4°	1,40 8°	0,78 8°	0,03°	Elevada	0,561	0,515
Mandíbula	Incisivo lateral	1,722°	0,51 2°	1,71 1°	0,38 6°	-0,01°	Elevada	0,865	1,54 0°	0,91 8°	1,43 1°	0,89 1°	0,1°	Moderada	<b>0,032 *</b>	0,213
	Incisivo central	0,474°	0,43 8°	0,49 4°	0,40 7°	0,02°	Elevada	0,599	0,57 1°	0,69 5°	0,63 7°	0,58 4°	0,07°	Elevada	0,330	0,524

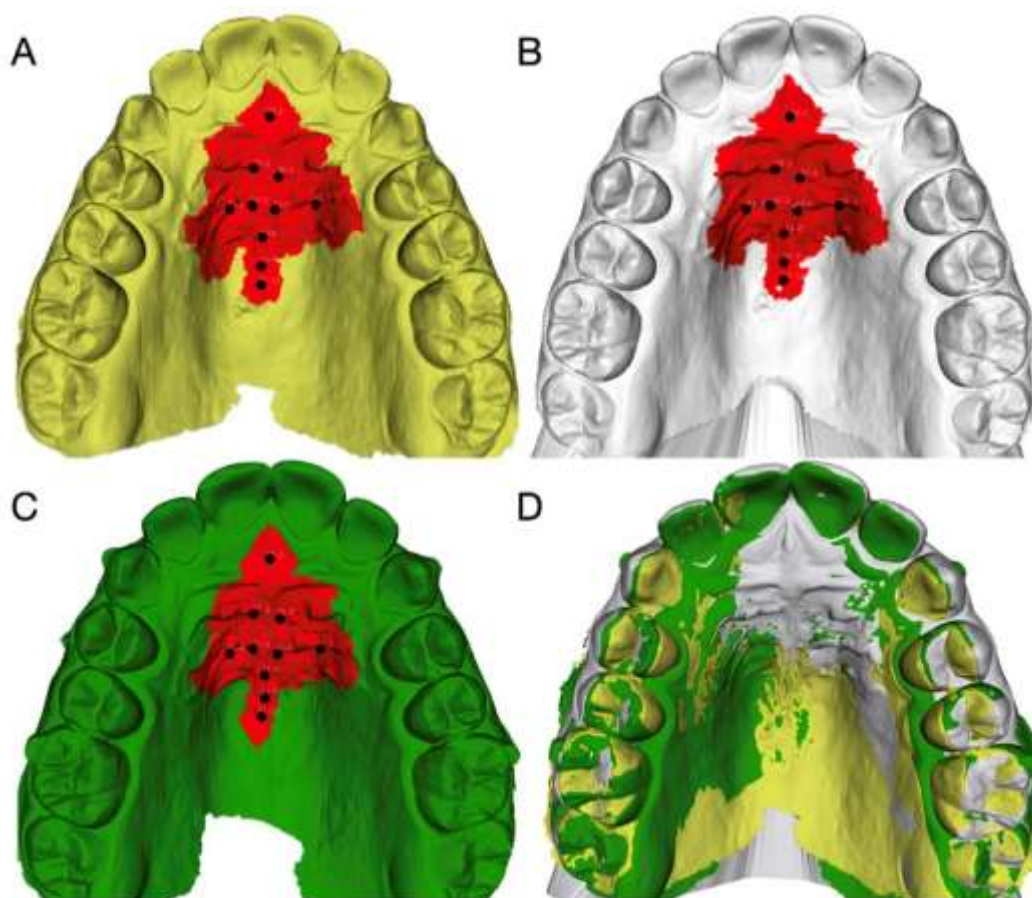
DP: Desvio Padrão.

Rotação: (+) mesial *out*; (-) mesial *in*

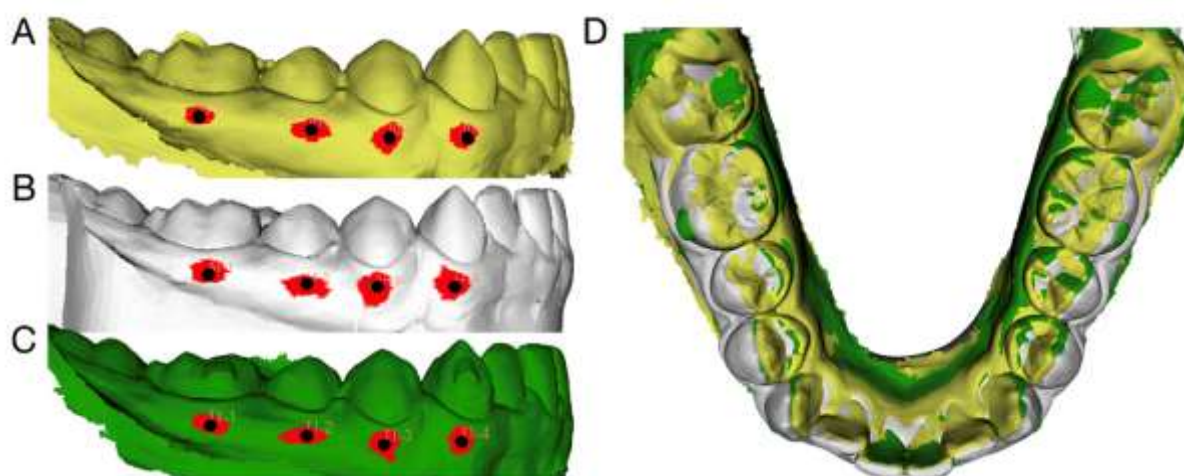
\*  $P < 0,05$  - Diferença estatisticamente significativa.

Eficácia (diferença entre a média da posição inicial e final do incisivo não rotacionado): elevada  $< 0,5^\circ$ ; moderada  $0,5^\circ$  a  $1^\circ$ ; baixa  $> 1^\circ$ .

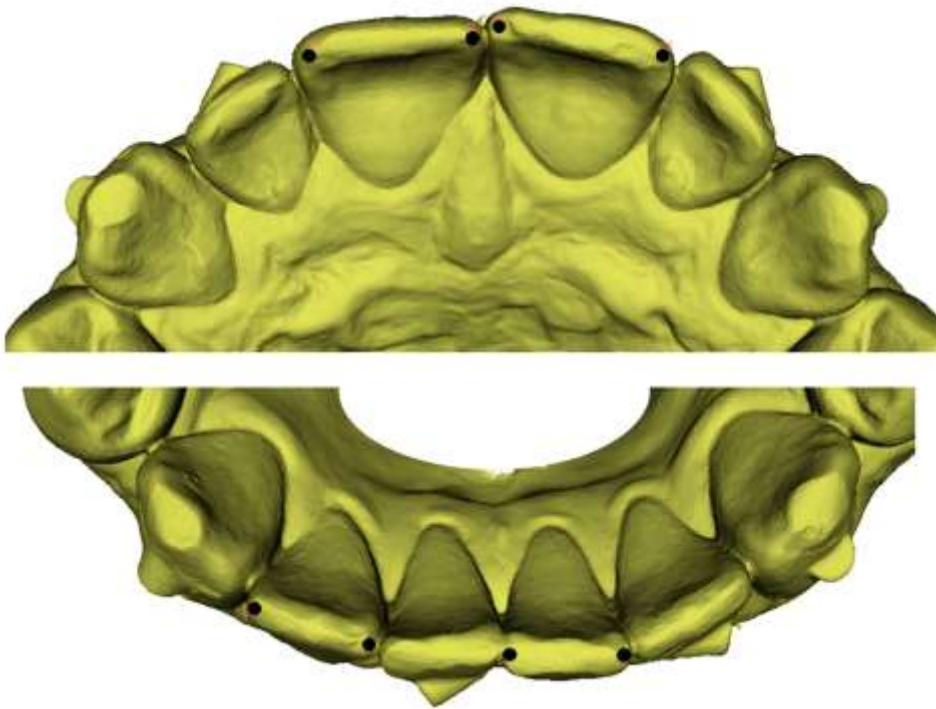
## FIGURAS



**Figura 1.** Área de registro dos modelos superiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1-Final; D) Modelos em sobreposição.



**Figura 2.** Área de registro dos modelos inferiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1-Final; D) Modelos em sobreposição.



**Figura 3.** Marcação de pontos de interesse na maxila e mandíbula para avaliar os efeitos colaterais após rotação de incisivos.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A clínica de alinhadores *in-house* foi implementada na PUC Minas em 2023, proporcionando aos alunos de graduação, mestrado e doutorado uma imersão prática nessa técnica. Essa iniciativa possibilitou novas linhas de pesquisa na área, promoveu a iniciação científica e facilitou o acesso dos pacientes a essa modalidade de tratamento.

Sob a liderança e o incentivo constante do Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki, diversos trabalhos derivados dessa experiência foram apresentados e premiados em congressos. O suporte institucional permitiu estabelecer um cronograma semanal: durante 24 meses, as manhãs de segunda-feira foram dedicadas a atendimentos clínicos e reuniões focadas no aprimoramento técnico sobre alinhadores *in-house*, impressão 3D e gestão clínica.

A realização deste estudo foi viabilizada pelo fomento da CAPES e da FIP PUC Minas, mediante a concessão de bolsas a dois doutorandos e a um aluno de graduação. Destaca-se também, a generosa doação da empresa ArchForm do programa para o planejamento dos casos, sem qualquer custo para a instituição. Os pesquisadores declaram não ter qualquer conflito de interesse com o uso dessa plataforma comercial, mas manifesta publicamente a gratidão pela concessão da licença de uso, sem ônus. Sem esse importante apoio e investimento, este estudo não poderia ter sido concretizado.

Neste contexto, os resultados da presente tese nos permitem concluir que:

- a) clinicamente, a escolha entre alinhadores de 0,75 mm ou 0,5 mm não é um fator determinante para o sucesso da expansão. O fator crítico é a discrepância entre o planejamento virtual e o resultado alcançado, pois a expansão obtida é inferior à estipulada no *setup* digital em todas as regiões analisadas.
- b) na maxila, o controle de efeitos colaterais é altamente previsível, permitindo ao ortodontista utilizar ativações de até 2° com confiança. Já na mandíbula, embora a ativação de 1° ofereça excelente controle, recomenda-se cautela com ativações de 2°.

Os dados deste estudo indicam que os alinhadores ortodônticos *in-house* possuem potencial para promover a movimentação dentária de acordo com os objetivos terapêuticos planejados. No entanto, é fundamental que o ortodontista reconheça as limitações biomecânicas desse sistema e compreenda as diferenças em relação à terapia convencional com aparelhos fixos, a fim de otimizar os resultados clínicos. Recomenda-se a continuidade da investigação

clínica, com uma amostra ampliada de pacientes, explorando diferentes tipos de laminados plásticos e formatos de attachments para aprimorar a eficácia e previsibilidade do tratamento.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDROPOULOS, A. *et al.* Chemical and mechanical characteristics of contemporary thermoplastic orthodontic materials. **Australian Orthodontic Journal**, v. 31, n. 2, p. 165–70, 2015.
- ALAM, M. K. *et al.* A Systematic Review and Network Meta-Analysis on the Impact of Various Aligner Materials and Attachments on Orthodontic Tooth Movement. **Journal of Functional Biomaterials**. v. 14, n. 4, p. 209, 2023.
- AL-NADAWI, M. *et al.* Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement. **Angle Orthodontist**, v. 91, n. 2, p. 157-163, 2021.
- ANACLETO, M. A.; SOUKI, B. Q. Superimposition of 3D maxillary digital models using open-source programa. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 24, n. 2, p. 81–91, 2019.
- BRUCOLI, M. *et al.* The use of optical scanner for the fabrication of maxillary obturator prostheses. **Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 24, n. 2, p. 157–161, 2020.
- CASTROFLORIO, T. *et al.* Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. **Progress in Orthodontics**, v. 24, n. 1, p. 2, 2022.
- CAO Y.; WANG Z. W.; CHEN D. *et al.* The effect of space arrangement between anterior teeth on their retraction with clear aligners in first premolar extraction treatment: a finite element study. **Progress in Orthodontics**, v. 24, n. 1, p. 39, 2023.
- CENGIZ, S. M.; GOYMEN, M. The effectiveness of orthodontic treatment with clear aligners in different thicknesses. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 3958, 2025.
- DAHLBERG, G. Statistical methods for medical and biological studies. **Statistical Methods for Medical and Biological Students**, 1940.
- DELGADO, J. I.; KEHYAIAN, P.; FERNÁNDEZ-BLÁZQUEZ, J. P. Thermoplastics for Clear Aligners: A Review. **Polymers**, v. 17, n. 12, p. 1681, 2025.
- DOĞRAMACI, E. J.; CHUBB, D. W. R.; ROSSI-FEDELE, G. Orthodontic thermoformed retainers: a two-arm laboratory study into post-fabrication outcomes. **Australian Dental Journal**, v. 63, n. 3, p. 347-355, 2018.
- ELKHOLY, F. *et al.* Forces and moments applied during derotation of a maxillary central incisor with thinner aligners: An in-vitro study. **American Journal Orthodontics Dentofacial Orthopedics**, v. 151, n. 2, p. 407–415, 2017.
- ELSHAZLY, T. M. *et al.* Effect of trimming line design and edge extension of orthodontic aligners on force transmission: An in vitro study. **Journal of Dentistry**, v. 125, p. 104276, 2022.

ELSHAZLY, T. M. *et al.* Effect of trimming line design and edge extension of orthodontic aligners on force transmission: A 3D finite element study. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 140, p. 105741, 2023.

FIORILLO, G. *et al.* Accuracy of clear aligners in the orthodontic rotational movement using different attachment configurations. **Orthodontics & Craniofacial Research**, v. 27, n. 6, p. 996-1003, 2024.

GARIB, D. *et al.* Three-dimensional mandibular dental changes with aging. **American Journal Orthodontics Dentofacial Orthopedics**, v. 159, n. 2, p. 184–192, 2021.

HAHN, W. *et al.* Influence of thermoplastic appliance thickness on the magnitude of force delivered to a maxillary central incisor during tipping. **American Journal Orthodontics Dentofacial Orthopedics**, v. 136, n. 1, p. 12.e1–7; discussion 12-3, 2009.

IHSSEN, B. A. *et al.* Effect of in vitro aging by water immersion and thermocycling on the mechanical properties of PETG aligner material. **Journal Orofacial Orthopedics**, v. 80, n. 6, p. 292–303, 2019.

IMBURGIA, M. *et al.* Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. **BMC Oral Health**, v. 17, n. 1, p. 92, 2017.

IOSHIDA, M. *et al.* Accuracy and reliability of mandibular digital model registration with use of the mucogingival junction as the reference. **Oral Surg Oral Med Oral Pathology Oral Radiology**, v. 127, n. 4, p. 351–360, 2019.

JEREMIAH, H. G.; BISTER, D.; NEWTON, J. T. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: a cross-sectional study. **The European Journal of Orthodontics**, v. 33, n. 5, p. 476–482, 2011.

KIM, T.; ECHARRI, P. Clear aligner: an efficient, esthetic, and comfortable option for an adult patient. **World Journal of Orthodontics**, v. 8, n. 1, p. 13–8, 2007.

LI N.; LEI X.; CAO Y. *et al.* The effect of increasing the gaps between the front teeth on torque and intrusion control of the incisors for anterior retraction with clear aligners: a prospective study. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 115, 2024.

LOBERTO, S. *et al.* Predictability of expansion movements performed by clear aligners in mixed dentition in both arches: a retrospective study on digital casts. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 694, 2024.

LOMBARDO, L. *et al.* Short-term variation in the subgingival microbiota in two groups of patients treated with clear aligners and vestibular fixed appliances: A longitudinal study. **Orthodontics & Craniofacial Research**, v. 24, n. 2, p. 251–260, 2021.

MURO, M. P.; CARACCILO, A. C. A.; PATEL, M. P.; FERES, M. F. N.; ROSCOE, M. G. Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners: A scoping review. **International Orthodontics**, v. 21, n. 2, p. 100755, 2023.

- NAKORNNOI, T. *et al.* The biomechanical effects of clear aligner trimline designs and extensions on orthodontic tooth movement: a systematic review. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 1523, 2024.
- ROCHA, A. S. *et al.* Efficiency and Predictability of Coronal Maxillary Expansion Repercussion with the Aligners System: A Retrospective Study. **Dentistry Journal**, v. 11, n. 11, p. 258, 2023.
- ROSSINI, G. *et al.* Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. **Angle Orthodontics**, v. 85, n. 5, p. 881-889, 2015.
- RUYI, W.; ZHIHE, Z.; YU, L. Current situation and prospect for orthodontic thermoplastic materials. **Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi**, v. 36, n. 1, p. 87-91, 2018.
- SARUL, M.; ANTOSZEWSKA-SMITH, J.; PARK, H. Self-perception of smile attractiveness as a reliable predictor of increased patient compliance with an orthodontist. **Advances in Clinical and Experimental Medicine**, v. 28, n. 12, p. 1633-1638, 2019.
- SHOKEEN, B. *et al.* The impact of fixed orthodontic appliances and clear aligners on the oral microbiome and the association with clinical parameters: A longitudinal comparative study. **American Journal Orthodontics Dentofacial Orthopedics**, v. 161, n. 5, p. e475-e485, 2022.
- SOUKI, B. Q. *et al.* Entrevista com Bernardo Souki. **Clinical Orthodontics**, v. 20, p. 24-58, 2021.
- SOUKI, B. Q. *et al.* Practical guide to in-house aligner fabrication – Part 1: Introduction to the system. **Orthodontic Science and Practice**, v. 16, n. 61, p. 91-108, 2023a.
- SOUKI, B. Q. *et al.* Practical guide to in-house aligner manufacturing – Part 2: Planning and Staging. **Orthodontic Science and Practice**, v. 16, n. 62, p. 119-130, 2023b.
- SOUKI, B. Q. *et al.* Practical guide for manufacturing aligners in-house-Part 3: printing models, post-processing, thermoplastification, finishing and clinical management. **Orthodontic Science and Practice**, v. 16, n. 63, p. 115-133, 2023c.
- STUCKI, S.; GKANTIDIS, N. Assessment of techniques used for superimposition of maxillary and mandibular 3D surface models to evaluate tooth movement: a systematic review. **European Journal of Orthodontics**, v. 42, n. 5, p. 559-570, 2020.
- SUESE, K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. **Dental Materials Journal**, v. 39, n. 1, p. 52-56, 2020.
- TOZLU, M.; ÖZDEMİR, F. In-house Aligners: Why We Should Fabricate Aligners in Our Clinics? **Turkish Journal of Orthodontics**, v. 34, n. 3, p. 199-201, 2021.
- WU, Y.; CAO, L.; CONG, J. The periodontal status of removable appliances vs fixed appliances: A comparative meta-analysis. **Medicine**, v. 99, n. 50, p. e23165, 2020.
- YANGIN, A. *et al.* Clear Aligner Attachments: A Comprehensive Review. **Turkish Journal of Orthodontics**, v. 38, n. 3, p. 177-189, 2025.

ZHANG, N. *et al.* Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. **Dental Materials Journal**, v. 30, n. 6, p. 954–9, 2011.

## ANEXO A - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa

	<b>PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS - PUCMG</b>	
<b>PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</b>		
<b>DADOS DO PROJETO DE PESQUISA</b>		
<b>Título da Pesquisa:</b> ASPECTOS BIOMECÂNICOS DO TRATAMENTO ORTODÔNTICO COM ALINHADORES IN-HOUSE: um ensaio clínico randomizado		
<b>Pesquisador:</b> Raiane Machado Maia		
<b>Área Temática:</b>		
<b>Versão:</b> 1		
<b>CAAE:</b> 71013023.7.0000.5137		
<b>Instituição Proponente:</b> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG		
<b>Patrocinador Principal:</b> Financiamento Próprio		
<b>DADOS DO PARECER</b>		
<b>Número do Parecer:</b> 6.259.986		
<b>Apresentação do Projeto:</b>		
<p>Trata-se de um projeto de um ensaio clínico aleatório, com o intuito de avaliar os efeitos biomecânicos decorrentes do tratamento ortodôntico com alinhadores cujo processo de fabricação é realizado pelo próprio ortodontista, denominado alinhadores in-house. Trinta participantes na fase de dentadura permanente, que atendem aos critérios de inclusão e exclusão, serão selecionados de uma lista de pacientes que já realizaram o tratamento preventivo na instituição e necessitam da fase ortodôntica corretiva para a finalização do caso. Assim, dados iniciais dos pacientes serão coletados de prontuários digitais (Programa Dolphin). Além disso, será feita uma comparação dos aspectos microbiológicos associados a higiene convencional, e alternativa, dos alinhadores.</p>		
<b>Objetivo da Pesquisa:</b>		
<b>Objetivo Primário:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar os efeitos biomecânicos decorrentes do uso de alinhadores ortodônticos in-house em uma amostra de pacientes na fase da dentadura permanente.</li> <li>• Analisar os componentes microbiológicos de alinhadores ortodônticos in-house após o seu uso por pacientes em fase de dentadura permanente.</li> </ul>		
<b>Objetivos Secundários:</b>		
<b>Endereço:</b> Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228 <b>Bairro:</b> Coração Eucarístico <b>CEP:</b> 30.535-901 <b>UF:</b> MG <b>Município:</b> BELO HORIZONTE <b>Telefone:</b> (31)3319-4517 <b>Fax:</b> (31)3319-4517 <b>E-mail:</b> cep.propgg@pucminas.br		
Página 01 de 03		



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -  
PUCMG



Continuação do Parecer: 6.259.986

- Contrastar a movimentação dentária alcançada com a movimentação dentária prevista pelo software de planejamento;
- Avaliar a eficácia e a eficiência dos movimentos dentários com alinhadores in-house;
- Comparar a eficácia e eficiência entre os diferentes tipos de movimentações dentárias; • Realizar análise microbiológica de alinhadores ortodônticos in-house após o seu uso.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: Efeitos indesejáveis são possíveis de ocorrer em qualquer estudo de pesquisa, apesar de todos os cuidados possíveis. Para minimizar os riscos, todos os pacientes serão atendidos pela mesma equipe de profissionais muito bem treinados e qualificados em dias específicos.

Benefícios: A ortodontia é muito importante para melhorar a saúde oral e alcançar o equilíbrio e harmonia entre dentes e face. As principais vantagens do tratamento com alinhadores são uma melhor estética, conforto para alimentação e higiene oral.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trabalho relevante, envolvendo técnica ortodôntica contemporânea. Atende aos requisitos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação obrigatória foram anexados e estão de acordo com as normas vigentes.

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

Diante do exposto e tendo em vista as Resoluções que norteiam a pesquisa envolvendo Seres Humanos consideramos o protocolo de pesquisa SEM PENDÊNCIAS, devendo o pesquisador realizar as orientações conforme o disposto no Parecer Consubstanciado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS n.º 466, de 2012, e na Norma Operacional n.º 001, de 2013, do CNS, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P	03/07/2023		Aceito

**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:** ocp.propgg@pucminas.br



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE  
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -  
PUCMG



Continuação do Parecer: 6.259.986

Básicas do Projeto	ETO_2169196.pdf	14:19:51		Aceito
Outros	TCUD.pdf	03/07/2023 14:19:29	Raiane Machado Maia	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Para_pais_e_responsaveis.pdf	03/07/2023 14:18:41	Raiane Machado Maia	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	03/07/2023 14:17:45	Raiane Machado Maia	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_pesquisa.pdf	03/07/2023 14:17:35	Raiane Machado Maia	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	26/06/2023 17:16:34	Raiane Machado Maia	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não


BELO HORIZONTE, 24 de Agosto de 2023

---

Assinado por:  
**CRISTIANA LEITE CARVALHO**  
(Coordenador(a))

**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

## ANEXO B - ReBEC (Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos)


Languages ▾

View Submission Summary

IRIS

Summary
Identification
Attachments
Sponsors
Health conditions
Intervention
Recruitment
Study type
Outcomes
Contacts
Summary Results
Data Sharing Plan

**Title** Aspectos biomecânicos do tratamento ortodôntico com Alinhadores: um ensaio clínico aleatorizado  
**Status** approved

Changes since last version

STEP	NAME	STATUS	UPDATED
1	Identification	✓ Complete	
2	Attachments	✓ Complete	
3	Sponsors	✓ Complete	
4	Health Conditions	✓ Complete	
5	Intervention	✓ Complete	
6	Recruitment	✓ Complete	
7	Study Type	✓ Complete	
8	Outcomes	✓ Complete	
9	Contacts	✓ Complete	
10	Summary Results	✓ Complete	
11	Data Sharing Plan	✓ Complete	

## ANEXO C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido – TALE

**Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Faculdade de Odontologia**

**Número do parecer:** 6.259.986

**Título do projeto:** Aspectos biomecânicos do tratamento ortodôntico com alinhadores *in-house*: um ensaio clínico

Prezado Senhor (a):

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que estudará os efeitos biomecânicos decorrentes do uso de alinhadores ortodônticos *in-house* e irá analisar os seus componentes microbiológicos após o uso.

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**

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que estudará os efeitos biomecânicos dos alinhadores *in-house* após tratamento ortodôntico. Esta informação não está disponível no conhecimento atual e poderá auxiliar no melhor entendimento e compreensão para tratamentos futuros. Você foi selecionado (a) por apresentar a indicação para receber este tratamento, além de atender a outros critérios essenciais para a uniformidade da pesquisa.

### **2. Procedimentos do estudo**

Para participar deste estudo solicito a sua especial colaboração. Inicialmente será feita documentação ortodôntica e escaneamento intraoral para fins de diagnóstico e planejamento. Logo em seguida, serão entregues alinhadores ortodônticos para uso diário de acordo com as orientações do seu dentista.

### **3. Ortodontia e seus benefícios**

A Ortodontia é muito importante para melhorar a saúde oral e alcançar o equilíbrio e harmonia entre dentes e face. As principais vantagens do tratamento com alinhadores são uma melhor estética, conforto para alimentação e higiene oral.

#### **4. Uso dos alinhadores**

Os resultados do tratamento com alinhadores dependem muito da cooperação do paciente. É de grande importância que o paciente siga as recomendações dos profissionais quanto ao uso e cuidados com o aparelho. O não cumprimento das recomendações pode comprometer o resultado final do tratamento. Além disso, durante o período ativo do tratamento o paciente deverá evitar faltas, uma vez que as mesmas podem atrapalhar o andamento do tratamento.

#### **5. Riscos e desconfortos**

Os riscos e/ou desconfortos envolvidos nesse estudo são: possível desconforto causado pelos alinhadores ortodônticos (causado pelo aparecimento de possíveis aftas e pequenos ferimentos e leve pressão e dor nos dentes causados pela movimentação ortodôntica). Como forma de minimizar os riscos/desconfortos adotaremos as seguintes medidas: consultas periódicas de acompanhamento para ajustes nos aparelhos e esclarecimentos de possíveis dúvidas. Além disso, o seu tratamento será realizado sempre pela mesma equipe de dentistas, que irão te acompanhar em todo o momento.

#### **6. Caráter Confidencial dos Registros**

As informações obtidas nesse estudo serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação em todas as fases da pesquisa, e quando da apresentação dos resultados em publicação científica ou educativa, uma vez que os resultados serão sempre apresentados como retrato de um grupo e não de uma pessoa. Você poderá se recusar a participar ou a responder as questões a qualquer momento, não havendo nenhum prejuízo pessoal se esta for a sua decisão. Todo material coletado durante a pesquisa ficará arquivado pelo pesquisador principal no departamento de Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

#### **8. 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. Em caso de você decidir retirar-se do estudo, favor notificar o profissional e/ou pesquisador que esteja atendendo-o.

Os resultados dessa pesquisa servirão para corrigir os dentes, deixando a sua oclusão (mordida) correta e estável ao longo dos anos. Além disso, poderão auxiliar no melhor entendimento e compreensão para tratamentos futuros.

Para todos os participantes, em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa, será observada, nos termos da lei, a responsabilidade civil.

Você receberá uma via deste termo onde constam os dados de contato do pesquisador responsável, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

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

**Nome da pesquisadora: Raiane Machado Maia**

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

**Email: [raiane\\_127@hotmail.com](mailto:raiane_127@hotmail.com)**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, que poderá ser contatado em caso de questões éticas, pelo telefone (31)3319-4517 ou e-mail [cep.proppg@pucminas.br](mailto:cep.proppg@pucminas.br)

O Comitê de Ética em Pesquisa é uma autoridade local e porta de entrada para os projetos de pesquisa que envolvem seres humanos, e tem como objetivo defender os direitos e interesses dos participantes em sua integridade e dignidade, contribuindo também para o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos.

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. Confirmando 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.

O presente termo será assinado em 02 (duas) vias de igual teor.

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome do participante (em letra de forma)

\_\_\_\_\_  
Data

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante ou representante legal

Rubrica do Pesquisador: \_\_\_\_\_

Rubrica do Participante: \_\_\_\_\_

Eu, Raiane Machado Maia, comprometo-me a cumprir todas as exigências e responsabilidades a mim conferidas neste termo e agradeço pela sua colaboração e sua confiança.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Data

## **ANEXO D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Responsáveis – TCLE**

**Número do parecer:** 6.259.986

**Título do projeto:** Aspectos biomecânicos do tratamento ortodôntico com alinhadores *in-house*: um ensaio clínico

Prezado Senhor (a):

A criança/adolescente sob sua responsabilidade está sendo convidada(o) a participar de uma pesquisa que estudará os efeitos biomecânicos decorrentes do uso de alinhadores ortodônticos *in-house* e irá analisar os seus componentes microbiológicos após o uso.

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**

A criança/adolescente está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que estudará os efeitos biomecânicos dos alinhadores *in-house* após tratamento ortodôntico. Esta informação não está disponível no conhecimento atual e poderá auxiliar no melhor entendimento e compreensão para tratamentos futuros. A criança/adolescente foi selecionada(o) por apresentar a indicação para receber este tratamento, além de atender a outros critérios essenciais para a uniformidade da pesquisa.

### **2. Procedimentos do estudo**

Para a participação da criança/adolescente neste estudo é necessária especial colaboração. Inicialmente será feita documentação ortodôntica e escaneamento intraoral para fins de diagnóstico e planejamento do paciente. Logo em seguida, serão entregues alinhadores ortodônticos para uso diário de acordo com as orientações do seu dentista.

### **3. Ortodontia e seus benefícios**

A Ortodontia é muito importante para melhorar a saúde oral e alcançar o equilíbrio e harmonia entre dentes e face. As principais vantagens do tratamento com alinhadores são uma melhor estética, conforto para alimentação e higiene oral.

### **4. Uso dos alinhadores**

Os resultados do tratamento com alinhadores dependem muito da cooperação da criança/adolescente. É de grande importância que o paciente siga as recomendações dos profissionais quanto ao uso e cuidados com o aparelho. O não cumprimento das recomendações pode comprometer o resultado final do tratamento. Além disso, durante o período ativo do tratamento o paciente deverá evitar faltas, uma vez que as mesmas podem atrapalhar o andamento do tratamento.

### **5. Riscos e desconfortos**

Os riscos e/ou desconfortos envolvidos nesse estudo são: possível desconforto causado pelos alinhadores ortodônticos (causado pelo aparecimento de possíveis aftas e pequenos ferimentos e leve pressão e dor nos dentes causados pela movimentação ortodôntica). Como forma de minimizar os riscos/desconfortos adotaremos as seguintes medidas: consultas periódicas de acompanhamento para ajustes nos aparelhos e esclarecimentos de possíveis dúvidas. Além disso, o tratamento da criança/adolescente será realizado sempre pela mesma equipe de dentistas, que irão acompanhá-la(o) a todo o momento.

### **6. Caráter Confidencial dos Registros**

As informações obtidas nesse estudo serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação em todas as fases da pesquisa, e quando da apresentação dos resultados em publicação científica ou educativa, uma vez que os resultados serão sempre apresentados como retrato de um grupo e não de uma pessoa. Você poderá recusar a participação da criança/adolescente ou a responder as questões a qualquer momento, não havendo nenhum prejuízo pessoal se esta for a sua decisão. Todo material coletado durante a pesquisa ficará arquivado pelo pesquisador principal no departamento de Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

### **8. Participação**

A participação da criança/adolescente 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. Em caso de você decidir retirar-se do estudo, favor notificar o profissional e/ou pesquisador que esteja atendendo a sua criança/adolescente.

Os resultados dessa pesquisa servirão para corrigir os dentes, deixando a oclusão (mordida) da sua criança/adolescente correta e estável ao longo dos anos. Além disso, poderão auxiliar no melhor entendimento e compreensão para tratamentos futuros.

Para todos os participantes, em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa, será observada, nos termos da lei, a responsabilidade civil.

Você receberá uma via deste termo onde constam os dados de contato do pesquisador responsável, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

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

**Nome da pesquisadora: Raiane Machado Maia**

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

**Email: [raiane\\_127@hotmail.com](mailto:raiane_127@hotmail.com)**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, que poderá ser contatado em caso de questões éticas, pelo telefone (31)3319-4517 ou e-mail [cep.proppg@pucminas.br](mailto:cep.proppg@pucminas.br)

O Comitê de Ética em Pesquisa é uma autoridade local e porta de entrada para os projetos de pesquisa que envolvem seres humanos, e tem como objetivo defender os direitos e interesses dos participantes em sua integridade e dignidade, contribuindo também para o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos.

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. Confirmando também que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para retirar a minha

criança/adolescente do estudo em qualquer momento, sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade.

O presente termo será assinado em 02 (duas) vias de igual teor.

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Nome do participante (em letra de forma)

\_\_\_\_\_

Data

\_\_\_\_\_

Assinatura do representante legal

Rubrica do Pesquisador: \_\_\_\_\_

Rubrica do Participante: \_\_\_\_\_

Eu, Raiane Machado Maia, comprometo-me a cumprir todas as exigências e responsabilidades a mim conferidas neste termo e agradeço pela sua colaboração e sua confiança.

\_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_

Data

## ANEXO E - Termo de Compromisso de Utilização de Dados – TCUD



PUC Minas

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Faculdade de Odontologia

## TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS - TCUD

Nós, Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo e Bernardo Quiroga Souki, abaixo assinado(s), pesquisador(es) envolvido(s) no projeto **Aspectos biomecânicos do tratamento ortodôntico com alinhadores *in-house*: um ensaio clínico randomizado**, nos comprometemos a manter a confidencialidade sobre os dados coletados nos arquivos de prontuários e documentações ortodônticas do departamento de Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, bem como a privacidade de seus conteúdos, conforme preconizam as Resoluções CNS nº 466/12 e CNS nº 510/16, do Ministério da Saúde. Declaramos, ainda, conhecer e cumprir os requisitos da Lei Geral de Proteção de Dados (Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018) quanto ao tratamento de dados pessoais e dados pessoais sensíveis que serão utilizados para a execução do presente projeto de pesquisa, e que o tratamento dos dados deverá ocorrer de acordo com o descrito na versão do projeto aprovada pelo CEP PUC Minas.

Belo Horizonte, 03 de Julho de 2023.

<u>Raiane Machado Maia</u>	<u>MG 14.878.201</u> RG	<u>Raiane Machado Maia</u> Assinatura
<u>Gabriel Maia Azevedo</u>	<u>MG 16.801.792</u> RG	<u>Gabriel Maia Azevedo</u> Assinatura
<u>Bernardo Quiroga Souki</u>	<u>MG 1.654.298</u> RG	<u>Bernardo Quiroga Souki</u> Assinatura

## ANEXO F - Produção intelectual durante o curso de Doutorado

### ❖ **Alinhadores *in-house*: de A a Z em 50 semanas – 2023 e 2024**

150 vídeos publicados no Instagram e canal do YouTube nos idiomas português, inglês e italiano

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Carlo Bosoni, LÍlian Dayse Fróes Tavares, Bernardo Quiroga Souki

Link do Youtube: <https://www.youtube.com/@In-housealigners>

Link do Instagram: <https://www.instagram.com/inhouse.aligners>

### ❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas - 2023**

Título: Alergia a dentifrícios: fato ou fake?

Autores: Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, LÍlian Dayse Fróes Tavares

Link: <https://blogodontologiapucminas.wordpress.com/2023/02/06/alergia-a-dentifricios-fato-ou-fake/>

### ❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas - 2023**

Título: Allergy to dentifrices: fact or fake?

Autores: Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, LÍlian Dayse Fróes Tavares

Link: <https://blogodontologiapucminas.wordpress.com/2023/07/04/allergy-to-dentifrices-fact-or-fake/>

### ❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas - 2023**

Título: Dentifrícios clareadores ou com carvão ativado funcionam?

Autores: Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, LÍlian Dayse Fróes Tavares

Link: <https://blogodontologiapucminas.wordpress.com/2023/02/06/dentifricios-clareadores-ou-com-carvao-ativado-funcionam/>

### ❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas - 2023**

Título: Do activated charcoal dentifrices and whitening dentifrices work?

Autores: Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, Lílian Dayse Fróes Tavares

Link: <https://blogodontologiapucminas.wordpress.com/2023/07/04/do-activated-charcoal-dentifrices-and-whitening-dentifrices-work/>

❖ **Participação no 54° Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria – Presencial em 2023**

❖ **Apresentação Pôster de Ortodontia no 54° Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria - 2023**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Reabsorção radicular severa do incisivo lateral superior associada a um canino ectópico: relato de caso

Autores: Raiane Machado Maia, Nathália Moraes Carvalho Barreto Brandão, Gabriel Maia Azevedo, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Apresentação Pôster de Ortodontia no 54° Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria - 2023**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Attachments ortodônticos: reprodutibilidade no posicionamento e adaptação marginal dos alinhadores in-office

Autores: Raiane Machado Maia, Nathália Moraes Carvalho Barreto Brandão, Victor de Moraes Gomes, Gabriel Maia Azevedo, Alberto Nogueira da Gama Antunes, Bernardo Quiroga Souki

**PREMIAÇÃO 2° LUGAR**

❖ **Participação na 40° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO) – Presencial em 2023**

❖ **Apresentação Painel na 40° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO) - 2023**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Avaliação da morfologia mandibular sob duas orientações distintas: tradicional e individualizada

Autores: Raiane Machado Maia e Bernardo Quiroga Souki

❖ **Resumo publicado em anais de congresso - 2023**

40° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO)

Maia RM, Souki BQ. Avaliação da Morfologia Mandibular sob duas Orientações Distintas: Tradicional E Individualizada. In: SBPqO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2023, Campinas (SP). *Brazilian Oral Research*. 2023; 37(1): 1-661.

Título: Avaliação da morfologia mandibular sob duas orientações distintas: tradicional e individualizada

Autores: Raiane Machado Maia e Bernardo Quiroga Souki

❖ **Artigo publicado - 2023**

Souki BQ, Azevedo GM, Maia RM, Tavares LDF, Bosoni C. Guia prático de fabricação de alinhadores *in-house* - Parte 1: Introdução ao sistema. *Ortho Science: Orthodontic Science And Practice*. 2023;16(61):91-108.

Autores: Bernardo Quiroga Souki, Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni

❖ **Artigo publicado - 2023**

Souki BQ, Azevedo GM, Maia RM, Tavares LDF, Bosoni C. Guia prático da fabricação de alinhadores *in-house* - Parte 2: Planejamento e Estagiamento. *Ortho Science: Orthodontic Science And Practice*. 2023;16(62):119-130.

Autores: Bernardo Quiroga Souki, Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni

❖ **Artigo publicado - 2024**

Souki BQ, Azevedo GM, Maia RM, Tavares LDF, Bosoni C. Guia prático de fabricação de alinhadores *in-house* - Parte 3: Impressão de modelos, pós-processamento, termoplastificação, acabamento e gestão clínica. *Ortho Science: Orthodontic Science And Practice*. 2024;16(63):115-133.

Autores: Bernardo Quiroga Souki, Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni

❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**

Título: Guia de higiene do aparelho ortodôntico fixo

Autores: Nathália Moraes Carvalho Barreto Brandão, Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=ICj4xFLuec4>

❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**

Título: Instalação do aparelho ortodôntico fixo

Autores: Nathália Moraes Carvalho Barreto Brandão, Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=VSkbbdfHpVA>

❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**

Título: Ortodontia digital: os avanços não param

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Carlo Bosoni, Lílian Dayse Fróes Tavares, Bernardo Quiroga Souki

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=xwuV1BQTDJM>

❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**

Título: Digital Orthodontics: fast moving advances

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Carlo Bosoni, Lílian Dayse Fróes Tavares, Bernardo Quiroga Souki

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=q4HcdFlAe8c>

❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**

Título: Ortodonzia digitale: tecnologia in rapida evoluzione

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Carlo Bosoni, Lílian Dayse Fróes Tavares, Bernardo Quiroga Souki

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=NjGTSKJA7UU>

❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**

Título: Impressoras 3D na Ortodontia

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Carlo Bosoni, Lílian Dayse Fróes Tavares, Bernardo Quiroga Souki

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=sad5CDM1wII>

- ❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**  
Título: 3D Printers in Orthodontics  
Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Carlo Bosoni, Lílian Dayse Fróes Tavares, Bernardo Quiroga Souki  
Link: <https://www.youtube.com/watch?v=ULaiNhxhQw8>
  
- ❖ **Vídeo publicado no canal do YouTube “Gotas do Conhecimento” da PUC Minas - 2024**  
Título: Stampanti 3D in Ortodontia  
Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Carlo Bosoni, Lílian Dayse Fróes Tavares, Bernardo Quiroga Souki  
Link: <https://www.youtube.com/watch?v=3j3neBNA8z0>
  
- ❖ **Artigo publicado - 2024**  
Pontes MTVM, Maia RM, da Silva LCP, Manzi FR, Lima ILA. Human diprosopus: Case report of a rare congenital abnormality. *Spec Care Dentist*. 2024;44(4):1083-1089.  
doi: 10.1111/scd.12991. Epub 2024 Mar 4. PMID: 38439051.  
Autores: Maria Teresa Vasconcelos, Raiane Machado Maia, Luís Cândido Pinto da Silva Flávio Ricardo Manzi, Izabella Lucas de Abreu Lima -
  
- ❖ **Capítulo de livro publicado - 2024**  
Livro: Ortodontia Infantil: Contemporânea e Revisada – Volume 2  
Capítulo 5 - Interceptação da má oclusão de classe III: fundamentos clínicos e científicos para o aumento da eficácia em longo prazo  
Autores: Bernardo Quiroga Souki, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Lorenzo Franchi
  
- ❖ **Participação do 55º Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria – Presencial em 2024**
  
- ❖ **Apresentação Pôster de Ortodontia no 55º Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria - 2024**  
Tipo de apresentação: Presencial  
Título: Resistência à fratura de modelos de resina ortodôntica vazada: ensaios mecânicos

Autores: Raiane Machado Maia, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, Pedro Paiva Brito, Carlos Trivellato de Carvalho Filho, Gabriel Maia Azevedo, Bernardo Quiroga Souki

### **PREMIAÇÃO 1º LUGAR**

#### ❖ **Apresentação Fórum Científico de Ortodontia no 55º Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria - 2024**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Expansão dentária com alinhadores *in-house* de PETG com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado de boca dividida

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

#### ❖ **Artigo publicado - 2024**

Brandão NMCB, Maia RM, Gomes VM, Resende C, Antunes ANDG, Souki BQ. Bonding positional accuracy of attachments and marginal adaptation of in-house aligners - A quality improvement laboratory study. *Orthod Craniofac Res.* 2024; 00:1–11.

doi: 10.1111/ocr.12843. Epub ahead of print. PMID: 39115443.

Autores: Nathália Moraes Carvalho Barreto Brandão, Victor de Moraes Gomes, Alberto Nogueira da Gama Antunes, Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

#### ❖ **Participação da 59ª Reunião da Associação Brasileira de Ensino Odontológico (ABENO) – Presencial em 2024**

#### ❖ **Apresentação Paineis Científicos ABENO - 2024**

Título: Gotas de Conhecimento em Odontologia - Vídeos Didáticos Técnico-Científicos

Tipo de apresentação: Presencial

Trabalhos técnicos/tecnológicos

Eixos temático: Incorporação de tecnologias no ensino odontológico

Autores: Raiane Machado Maia, Martinho Campolina Rebello Horta, Vânia Eloisa De Araújo Silva, Joice Dias Corrêa, Giovanna Ribeiro Souto, Rodrigo Villamarim Soares

#### ❖ **Participação da 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO) – Presencial em 2024**

❖ **Apresentação Paineis na 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO) - 2024**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Expansão dentária com alinhadores *in-house* de petg com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado piloto

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Resumo publicado em anais de congresso - 2024**

**41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO)**

Maia RM, Azevedo GM, Oliveira ASC, Calixto CSC, Rosa JCB, Castilho JF, Soares VL, Souki BQ. Expansão dentária com alinhadores *in-house* de petg com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado piloto. In: SBPqO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2024, Campinas (SP). Brazilian Oral Research. 2024; 38(2): 1-905.

Título: Expansão dentária com alinhadores *in-house* de petg com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado piloto

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Participação da 23ª Edição do Congresso OrtoSPO – Presencial em 2024**

❖ **Apresentação Paineis Digital na 23ª Edição do Congresso OrtoSPO - 2024**

Tipo de apresentação: Paineis Digital Presencial

Categoria: Pesquisa

Título: Resistência à fratura de modelos de resina ortodôntica com diferentes tipos de oclagem: ensaios mecânicos

Autores: Raiane Machado Maia, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, Pedro Paiva Brito, Carlos Trivellato de Carvalho Filho, Gabriel Maia Azevedo Bernardo Quiroga Souki

❖ **Apresentação Oral na 23ª Edição do Congresso OrtoSPO - 2024**

Tipo de apresentação: Apresentação Oral Presencial

Categoria: Pesquisa

Título: Expansão dentária com alinhadores in-house de PETG com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado de boca dividida

Autores: Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Resumo publicado em anais de congresso - 2024**

**23° Edição do Congresso OrtoSPO – Painel Digital Presencial**

Maia RM, Andrade ALCA, Brito PP, Carvalho Filho CT, Azevedo GM, Souki BQ. Resistência à fratura de modelos de resina ortodôntica com diferentes tipos de ocagem: ensaios mecânicos. In: OrtoSPO – Orto Sociedade Paulista de Ortodontia. Anhembi (SP). 2024.

Título: Resistência à fratura de modelos de resina ortodôntica com diferentes tipos de ocagem: ensaios mecânicos

Autores: Raiane Machado Maia, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, Pedro Paiva Brito, Carlos Trivellato de Carvalho Filho, Gabriel Maia Azevedo, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Resumo publicado em anais de congresso - 2024**

**23° Edição do Congresso OrtoSPO – Apresentação Oral Presencial**

Maia RM, Souki BQ. Expansão dentária com alinhadores in-house de PETG com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado de boca dividida. In: OrtoSPO – Orto Sociedade Paulista de Ortodontia. Anhembi (SP). 2024.

Título: Expansão dentária com alinhadores in-house de PETG com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado de boca dividida

Autores: Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Participação do 56° Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria – Presencial em 2025**

❖ **Apresentação Pôster de Ortodontia no 56° Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria - 2025**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Eficácia da expansão ortodôntica utilizando alinhadores *in-house* com diferentes attachments: um ensaio clínico controlado de boca dividida

Autores: Raiane Machado Maia, Ana Luiza Cabral de Ávila Andrade, Pedro Paiva Brito, Carlos Trivellato de Carvalho Filho, Gabriel Maia Azevedo, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Apresentação Fórum Científico de Ortodontia no 56º Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria - 2025**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Rotação de incisivos com alinhadores in-house utilizando 1º e 2º por estágio: um ensaio clínico randomizado

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

**PREMIACÃO 3º LUGAR**

❖ **Participação do XVII Encontro Científico da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais (FAO UFMG) – Presencial em 2025**

❖ **Apresentação Pôster no XVII Encontro Científico da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais (FAO UFMG) - 2025**

Tipo de apresentação: Presencial

Título: Eficácia da expansão ortodôntica utilizando alinhadores *in-house* com diferentes attachments: um ensaio clínico

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

**PREMIACÃO MENCÃO HONROSA**

❖ **Resumo publicado no Suplemento online da Revista Arquivos em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UFMG - 2025**

Título: Eficácia da expansão ortodôntica utilizando alinhadores *in-house* com diferentes attachments: um ensaio clínico

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Participação da 42º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO) – Remoto em 2025**

❖ **Apresentação Pannel na 42° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO) - 2025**

Tipo de apresentação: Remoto

Título: Expansão dentária com alinhadores *in-house* de PETG com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado de boca dividida

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Resumo publicado em anais de congresso - 2025**

**42° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica (SBPqO)**

Título: Expansão dentária com alinhadores *in-house* de PETG com espessuras diferentes: ensaio clínico randomizado de boca dividida

Autores: Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Clara Sette Câmara Calixto, Jaqueline Cardoso Bella Rosa, Júlia Franzot Castilho, Victor Lopes Soares, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Participação da banca examinadora do projeto de dissertação de mestrado da aluna Rayanne Cristhina Borges - 2025**

Título: Acurácia do Archform e Maestro 3D na mensuração dos contatos interproximais em comparação com a medição manual: estudo transversal.

❖ **Participação como revisora convidada de artigo científico da revista Case Reports in Pathology - 2025**

Case Reports in Pathology é uma revista de acesso aberto revisada por pares que publica relatos de casos e séries de casos com foco em patologia anatômica, imunopatologia, citopatologia, bem como anatomia forense e mórbida.

ISSN: 2090-679X (Online)

DOI: 10.1155/1479

❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas- 2025**

Título: Imagens 3D na Odontologia: mais precisão e segurança nos tratamentos

Autores: Raiane Machado Maia, Rayanne Cristina Borges, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas - 2025**

Título: Tecnologia digital como aliada da Odontologia: dia a dia na Ortodontia

Autores: Fernanda Moreira Vasconcellos, Sophia Ribeiro Melato Araújo, Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas - 2025**

Título: O papel do clínico geral na ortodontia preventiva: tratar ou encaminhar?

Autores: Ana Flávia Pinto Assunção, Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Texto publicado no Blog “Odontologia para você” da PUC Minas - 2025**

Título: Acompanhamento ortodôntico: preventivo, interceptor e corretivo. Afinal, qual a diferença?

Autores: Ana Flávia Pinto Assunção, Raiane Machado Maia, Bernardo Quiroga Souki

❖ **Artigo submetido em junho de 2025**

**Revisão em R2 em novembro de 2025**

Revista: Orthodontics & Craniofacial Research

Título: Dental arch expansion with in-house clear aligners: An exploratory prospective clinical study on torque, vertical control, and attachment configuration

Autores: Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira, Julia Franzot Castilho, Carlo Bosoni, Lorenzo Franchi, Bernardo Quiroga Souki