



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Caroline Pelagio Maués Casagrande

Comparação tridimensional dos movimentos ortodônticos de rotação, inclinação e angulação planejados e obtidos em dentes anteriores com alinhadores transparentes: um estudo retrospectivo

Rio de Janeiro

2023

Caroline Pelagio Maués Casagrande

**Comparação tridimensional dos movimentos ortodônticos de rotação,
inclinação e angulação planejados e obtidos em dentes anteriores com
alinhadores transparentes: um estudo retrospectivo**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ortodontia.

Orientadores: Prof. Dr. Felipe de Assis Ribeiro Carvalho
Prof.^a Dra. Cátia Cardoso Abdo Quintão

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

C334 Casagrande, Caroline Pelagio Maués.
Comparação tridimensional dos movimentos ortodônticos de rotação, inclinação e angulação planejados e obtidos em dentes anteriores com alinhadores transparentes: um estudo retrospectivo / Caroline Pelagio Maués Casagrande. – 2023.
64 f.

Orientadores: Felipe de Assis Ribeiro Carvalho, Cátia Cardoso Abdo Quintão.

Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia.

1. Aparelhos ortodônticos removíveis. 2. Movimentação dentária. 3. Má oclusão. 4. Estudos retrospectivos. I. Carvalho, Felipe de Assis Ribeiro. II. Quintão, Cátia Cardoso Abdo. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. IV. Título.

CDU
616.314

Kárin Paz CRB/7 6287

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

Assinatura

Data

Caroline Pelagio Maués Casagrande

Comparação tridimensional dos movimentos ortodônticos de rotação, inclinação e angulação planejados e obtidos em dentes anteriores com alinhadores transparentes: um estudo retrospectivo

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ortodontia.

Aprovada em 4 de maio de 2023.

Orientadores:

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

Prof.^a Dra. Cátia Cardoso Abdo Quintão
Faculdade de Odontologia - UERJ

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Cláudia Trindade Mattos
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.^a Dra. Rhita Cristina Cunha Almeida
Faculdade de Odontologia - UERJ

Prof. Dr. Klaus Barretto dos Santos Lopes Batista
Faculdade de Odontologia - UERJ

Prof.^a Dra. Nathália Barbosa Palomares
Faculdade de Odontologia – UERJ

Rio de Janeiro

2023

DEDICATÓRIA

Ao meu amado Marquinho, com gratidão pela compreensão, apoio, amizade,
amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força, garra, entusiasmo e iluminar meus pensamentos.

Ao meu amado marido Marquinho, que de todas as formas me motivou, auxiliou e apoiou, por me mostrar e lembrar o significado de amor, por ter me presenteado com nossa cadelinha Tesla que veio, no meio da pandemia, nos trazer tanta alegria e amor.

Aos meus avós Manuel e Maria do Rosário (*in memoriam*), por terem sido presentes em minha vida, por me remeterem boas memórias, por me permitirem sentir um amor e admiração tão grande. A saudade ainda dói.

À minha querida mãe Teresa, pela compreensão, pelo amor incondicional, pelo apoio, confiança e torcida.

À minha irmã Fernanda, minha melhor amiga, que torce por mim, vibra e divide comigo qualquer situação que em dupla se torna mais leve. Ao meu cunhado Rafael, por amar e cuidar da minha irmã, fico tranquila em vê-la ao seu lado.

Ao meu pai Walter e meu irmão Waltinho, pela minha vida, por me permitirem ser quem eu sou hoje, por me apoiarem e torcerem por mim. A Jania, Otávio, Isa, por aumentarem a família e alegrarem a vida do meu pai.

À minha sogra/mãe Veronica, meu sogro/pai Marcão e meu cunhado Caio, o apoio de vocês tornou tudo mais leve. Vocês são a família que escolhi ter por perto para sempre!

À minha psicoterapeuta Maria Angela, por me ajudar a organizar meus pensamentos me lembrar bons sentimentos e permitir dar conta pelo menos parcialmente de tudo e todos que precisam de mim.

À minha tia Isabel e meu primo Rafael, pelo apoio e cuidados com minha mãe, por torcerem por mim.

À minha tia Valéria, pelo entusiasmo com meu doutorado, por me apoiar, alegrar e ser alguém com quem podemos contar.

Aos meus queridos amigos de infância e faculdade, Thais, Gabriel, Marina, Luiza, Fernandinha, Mariana, Natasha, Priscila, Lucas, Luciana, David, Allan, Tayane pelo apoio e palavras de motivação. Pela compreensão em momentos de ausência e por estarem sempre por perto quando eu precisava.

Aos amigos que a Petrobrás e Macaé me trouxeram pelo apoio e força em momentos que a saudade e a distância pesaram. Pelas palavras de incentivo, pelo apoio e por fazerem minha mudança se tornar mais alegre.

À minha grande amiga Deise que me auxiliou na metodologia deste estudo não medindo esforços e que mesmo em outro continente abraçou esta pesquisa e embarcou neste estudo ao meu lado!

Ao meu querido amigo e tutor Rizomar, obrigada por sempre torcer por mim e me aconselhar, obrigada pelas preocupações de pai, pelo carinho.

Aos meus orientadores Felipe e Cátia, cada um com seu jeito se complementam em me orientar. Muito obrigada por me tornarem quem eu sou e fazerem parte do meu crescimento pessoal e profissional. Devo muito a vocês.

A todos os membros oficiais da minha banca examinadora, Rhita, Klaus, José Augusto em especial aos professores externos Claudia e Lincoln e aos professores suplentes Cristiane, Nathália e Tatiana pela gentileza em aceitar o convite e pelo tempo dispendido em prol deste trabalho.

Aos meus colegas de Mestrado e Doutorado: David, Luciana, Isabela, Gustavo, Arthur, Luisa, Bruno, Mariana, Marian, Veronica, Livinha, Sergio, que compartilham as alegrias e dificuldades da pesquisa e da vida acadêmica. Obrigada pelos momentos e parceria!

Às alunas Paula Miranda, Mirley, Andressa, Dafne, Camila e Kenia, que me permitiram iniciar a orientação confiando a mim seus trabalhos de TCC, dissertação e monografia. Foi e está sendo um prazer enorme compartilhar esse momento com vocês. Obrigada pela confiança! Em especial à Paulinha que abraçou meu trabalho e validou a metodologia deste estudo sempre com disponibilidade, competência e amizade! Sou sua fã!

À professora Flavia, que é uma das minhas grandes inspirações, pela indicação de livros que me tocaram a alma e me fizeram alguém melhor, por compartilhar comigo o laboratório da graduação e me ensinar tanto.

À professora Rhita, que abraçou minha ideia e me confiou uma aluna de graduação a qual pude auxiliar e orientar desde o início do trabalho, me ensinando e “puxando minha orelha” quando necessário. Pelo convite em falar para a graduação sobre gerenciador de referências, por torcer sempre por mim e estar ao meu lado. Aprendi e aprendo demais com você.

Ao professor José Augusto, pelas infinitas oportunidades de publicação, por confiar a mim a documentação de seus pacientes, abraçar minhas ideias de pesquisa, me ligar, me apoiar e estar por perto.

À professora Cris, pela delicadeza e palavras amigas em todo o processo, desde a minha especialização. Pelo apoio e carinho.

Ao professor Klaus, por ser meu grande exemplo de pesquisador, pelos ensinamentos compartilhados, pela paciência e disponibilidade de sempre.

Ao professor Jonas e todo seu time Capelli que é um grande orgulho para todos nós! Obrigada pelas oportunidades e ensinamentos durante minha trajetória na UERJ. Orgulho enorme ser sua aluna.

A todos os professores do departamento de Ortodontia da UERJ, que permanecem ou que já passaram por lá e deixaram um pouquinho de si, professores Álvaro, Ione, Flávio, Vera, Humberto, e tantos outros que me encham de orgulho e inspiração.

À todas as professoras do departamento de Odontopediatria, em especial professora Vera Soviero e Tatiana Fidalgo que dividiram a clínica da graduação comigo, compartilhando tantos ensinamentos.

A todos os professores e palestrante que são inspiração e me estimulam a seguir estudando, me empolgam e me fazem vibrar.

A todos os alunos de graduação da faculdade de Odontologia da UERJ, em especial a turminha 2016.2 e ao aluno Paulo Belo que me convidou para palestrar na jornada acadêmica da UERJ. Foi uma experiência incrível e uma honra compartilhar esse momento com vocês.

Aos funcionários da UERJ da Ortodontia Fernanda e Isabel, pela alegria, simpatia, pelo apoio e torcida. À Denise, ao Pablo e a Ane pela agilidade em resposta aos e-mails, pela ajuda e pronta resolução.

A todos os alunos de especialização que tive a oportunidade de ensinar, compartilhar momentos e aprender. Em especial à querida Ingrid Balbino, ex-aluna de especialização da OrtoUERJ que nos deixou tão precocemente enquanto buscava seus sonhos. Quando eu soube da notícia eu estava de cama, com Covid. Você me lembrou que a vida passa rápido, que somos insignificantes perante a imensidão deste mundo e os planos de Deus. Minha gratidão pelos momentos compartilhados na UERJ, pela alegria de sempre pelas mensagens com dúvidas, pelo seu caminho ter cruzado o meu

À aluna de especialização e mestrado Maria Fernanda, por acreditar em meu trabalho, por me convidar para coordenar um curso de especialização ao seu lado e permitir minha realização profissional ao entrar em uma sala de aula. Está sendo incrível aprender e crescer ao seu lado!

À Tati Araújo que além de professora se tornou uma grande amiga, pelas oportunidades de aulas, publicação, por confiar em meu trabalho e compartilhar comigo diversas oportunidades, inclusive a publicação do meu primeiro capítulo de livro. Cada ligação sua é uma imensa alegria. Obrigada por tanto!

À querida Nathália Palomares, que é exemplo de profissional, compromisso, cuidado para com o paciente, que fez a revisão prévia deste trabalho com tanto carinho. Uma amiga que dividiu comigo o convívio com minha avó, que me lembra bons momentos e entrou na minha vida para ficar. Sem palavras para descrever o carinho.

Ao professor David Normando pelo carinho e paciência em ler essa tese, por suas considerações e ensinamentos. Por ser exemplo de profissional e pessoa.

À empresa Smart Aligner e a todos os colegas que tive a oportunidade de conhecer nesta empresa, em especial ao Leo e ao Diogo, ortodontistas que dividiram o dia comigo. À Anninha sempre parceira e prestativa, à Rebecca, Fabinho, Isa, Anna Carol: aprendi e aprendo muito com todos vocês.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

O maior perigo para a maioria de nós não está em definir o nosso objetivo muito alto e ficarmos aquém, está na definição do nosso objetivo muito baixo, e alcançarmos a meta.

Michelangelo

RESUMO

CASAGRANDE, Caroline Pelagio Maués. *Comparação tridimensional dos movimentos ortodônticos de rotação, inclinação e angulação planejados e obtidos em dentes anteriores com alinhadores transparentes: um estudo retrospectivo*. 2023. 64 f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Os alinhadores ortodônticos transparentes removíveis estão sendo cada vez mais utilizados e diversas novas fabricantes estão surgindo no mercado mundial. Logo, é importante avaliar o grau de acurácia da movimentação obtida por esses dispositivos. Objetivou-se comparar tridimensionalmente os movimentos ortodônticos de rotação, inclinação e angulação planejados em relação aos movimentos efetivamente obtidos em dentes anteriores com alinhadores transparentes de uma fabricante brasileira (Smart Aligner®). O valor determinado pelo cálculo amostral foi atingido e a metodologia foi aplicada em 28 pacientes. Pôde-se observar que para movimentos de angulação na arcada superior, o erro médio entre o planejado e o obtido de cada grupo variou de 5,04° a 7,62°; na arcada inferior, de 5,63° a 7,47°. Para movimentos de rotação na arcada superior, variou de 4,5° a 6,63° e na inferior, de 5,84° a 6,56°. Para movimentos de inclinação, na arcada superior variou de 2,81° a 3,01° e na inferior, de 2,55° a 3,58°. Através do Teste de Kuskal-Wallis com correção de Bonferroni, para comparação dos movimentos realizados, pôde-se detectar que houve diferença estatisticamente significativa entre os movimentos planejados e os efetivamente obtidos nesta amostra. Quando foi realizada a avaliação par a par (entre o planejado *versus* resultado obtido), observou-se diferença estatisticamente significativa somente na comparação de inclinação com rotação e entre inclinação e angulação. Não houve diferença significativa quando comparada a angulação com a rotação. Pode-se concluir que há diferença entre os movimentos ortodônticos de rotação, inclinação e angulação planejados e os obtidos, através de alinhadores transparentes. Dentre os movimentos estudados, a inclinação foi o movimento que apresentou maior acurácia.

Palavras-chave: Aparelhos Ortodônticos Removíveis. Movimentação Dentária.

Má oclusão. Alinhadores estéticos transparentes. Imagem tridimensional assistida por computador.

ABSTRACT

CASAGRANDE, Caroline Pelagio Maués. *Three-dimensional evaluation of orthodontic rotation, vestibulolingual tip and mesiodistal tip planned and achieved in anterior teeth with clear aligners: a retrospective study*. 2023. 64 f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023

Removable transparent aligners are increasingly being used, and due to its popularity new companies are emerging in the market. Therefore, it is important to evaluate the movement accuracy of these devices. The aim of this study was to compare digitally planned orthodontic movements of rotation, vestibulolingual tip, and mesiodistal tip with the clinical movements obtained in anterior teeth using transparent orthodontic aligners from a Brazilian manufacturer (Smart Aligner®) in a three-dimensional manner. The sample size was calculated and the methodology was applied to 28 patients. It could be observed that for mesiodistal tip movements in the upper arch, the average error between the planned and obtained movements of each group ranged from 5.04° to 7.62°; in the lower arch, from 5.63° to 7.47°. For rotation movements in the upper arch, it ranged from 4.5° to 6.63°, and in the lower arch, from 5.84° to 6.56°. For vestibulolingual tip movements, in the upper arch it ranged from 2.81° to 3.01°, and in the lower arch from 2.55° to 3.58°. Using the Kruskal-Wallis test with Bonferroni correction to compare the movements performed, a statistically significant difference was detected between the planned and actually achieved movements in this sample. When comparing what was simulated with the obtained results, a statistically significant difference was observed only when comparing vestibulolingual tip with rotation and vestibulolingual tip with mesiodistal tip. There was no significant difference when comparing mesiodistal tip with rotation. It can be concluded that there is a difference between planned and obtained movements of rotation, vestibulolingual tip, and mesiodistal tip using transparent aligners. Despite the high average discrepancy between planned and obtained movements, the standard deviation showed a similar order of magnitude, indicating both positive and negative results. Among the movements studied, vestibulolingual tip was the movement that showed the most accurate results.

Keywords: Orthodontic Appliances, Removable. Tooth Movement Techniques. Malocclusion. Imaging, three-dimensional. Clear Aligner.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Ilustração do Alinhamento Manual sendo realizado	34
Figura 2 –	Ilustração do Alinhamento Global sendo realizado	35
Figura 3 –	Alinhamento dos dentes individualizados aos modelos	36
Figura 4 –	Alinhamento dos modelos Inicial e Final inferiores através do Alinhamento Global de dentes posteriores.....	36
Figura 5 –	Criação das estruturas para aferição dos movimentos	38
Figura 6 –	Modelo Inicial e Final do elemento 11, combinados para avaliação dos resultados	39
Figura 7 –	Aferição dos Resultados	40
Figura 8 –	Resultados da Validação da Metodologia	43
Figura 9 –	Mediana da discrepância entre o movimento planejado e o obtido para cada grupo de dentes superiores	44
Figura 10 –	Mediana da discrepância entre o movimento planejado e o obtido para cada grupo de dentes inferiores	44
Figura 11 -	Box plot com o resultado de todos os grupos de dentes	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Descrição dos movimentos e os respectivos planos para sua avaliação	40
Tabela 2 –	Análise descritiva dos valores planejados no software OrthoAnalyzer	45
Tabela 3 –	Medianas, desvios interquartil e resultado do teste de Kruskal Wallis com o poder de cada comparação para todos os movimentos	46
Tabela 4 –	Comparação par a par (planejado vs resultado obtido)	46
Tabela 5 –	Medianas, desvios interquartil e resultado do teste de Kruskal Wallis com o poder de cada comparação para todos os movimentos.....	47
Tabela 6 –	Resultados das comparações par a par dos grupos dentários que mostraram diferença estatisticamente significativa – Correção Bonferroni	49

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	REVISÃO DA LITERATURA	17
1.1	Histórico dos alinhadores transparentes	17
1.2	Acurácia dos movimentos com alinhadores ortodônticos	19
1.2.1	<u>Rotação</u>	19
1.2.1.1	<u>Incisivos</u>	20
1.2.1.2	Caninos	20
1.2.1.3	Pré-molares	21
1.2.1.4	Molares.....	21
1.2.2	<u>Angulação</u>	22
1.2.3	<u>Inclinação vestibulolingual</u>	22
1.2.4	<u>Extrusão</u>	23
1.2.5	<u>Intrusão</u>	24
1.2.6	<u>Expansão</u>	24
1.2.7	<u>Torque</u>	25
1.3	Fatores determinantes na acurácia da movimentação com alinhadores transparentes	25
1.4	Percepção da movimentação dentária	26
1.5	Metodologias de quantificação de previsibilidade dos movimentos ...	27
2	PROPOSIÇÃO	29
3	MATERIAL E MÉTODO	30
3.1	Aspectos éticos	30
3.2	Cálculo amostral	30
3.3	Sujeitos da pesquisa	30
3.3.1	<u>Critérios de inclusão</u>	31
3.3.2	<u>Critérios de exclusão</u>	31
3.4	Empresa Smart Aligner	32
3.5	Metodologia	33
3.5.1	<u>Validação da metodologia</u>	33
3.6	Aplicação da metodologia	33

3.6.1	<u>Sobreposição dentária Inicial</u>	34
3.6.2	<u>Sobreposição T1 e T2</u>	36
3.6.3	<u>Estruturas para aferição</u>	37
3.6.4	<u>Combinando T1 e T2</u>	39
3.7	Análise estatística	40
4	RESULTADOS	42
4.1	Validação da metodologia	42
4.2	Aplicação da metodologia	43
5	DISCUSSÃO	50
	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	57

INTRODUÇÃO

Desde a década de 1990, tem sido notório o aumento do número de pacientes que buscam alternativas de tratamento ortodôntico que permitam alcançar a estética e função ideais de forma discreta, rápida e sem perda na sua qualidade de vida ¹. Isso provocou um aumento na procura por tratamento com alinhadores ortodônticos transparentes removíveis.

O primeiro sistema a utilizar tecnologia CAD/CAM (*computer-aided design and computer-aided manufacturing*)² para a confecção de alinhadores ortodônticos, foi desenvolvido e lançado em 1999 pela fabricante *Align Technology*[®] (Santa Clara, Califórnia, EUA). Desta forma, tornou-se possível a confecção de aparelhos estéticos e removíveis nos quais os movimentos dos dentes podem ser simulados através do *software* próprio da empresa, objetivando-se atingir a oclusão final desejada.³

Embora inicialmente o alvo desse tipo de tratamento tenha sido somente casos com baixa complexidade, a opção de um tratamento ortodôntico sem a necessidade da utilização de bráquetes tornou-se cada vez mais atrativa ³ e com o desenvolvimento dos métodos de planejamento, de novos materiais e a evolução do processo de manufatura, o uso de alinhadores transparentes popularizou-se e sua indicação ampliou-se de casos simples para casos mais complexos.⁴⁻⁶

Além disso, devido às suas inúmeras vantagens⁷⁻⁹, e ao poderoso *marketing* da indústria, a expectativa e demanda dos pacientes por este aparelho aumentaram de forma exponencial. Porém, ainda existem inúmeras especulações com relação à eficiência do sistema, à qualidade dos resultados finais obtidos e ao que é factível ou não de atingir através deste tipo de dispositivo.¹⁰

Após 10 anos de exclusividade da *Align Technology* no mercado mundial, ocorreu a quebra de patente do produto pioneiro e diversos outros sistemas similares foram desenvolvidos a partir dessa tecnologia¹¹, inclusive alinhadores fabricados no Brasil com menores custos de produção e logística mais favorável, pois dispensa a importação.

Associado a isso, a necessidade de desvinculação de empresas, tem levado cada vez mais ortodontistas a produzir seus próprios alinhadores, fazendo com que

informações referentes à biomecânica e aos resultados dos tratamentos com alinhadores seja de grande interesse ao ortodontista.

Para avaliar a qualidade do tratamento com alinhadores, diferentes estudos e metodologias foram executados, incluindo o sistema objetivo de classificação do *American Board of Orthodontics (Board)*¹², escores de avaliação por pares^{13,14} e outros critérios oclusais^{15,16}. Os métodos para avaliação utilizados nos estudos atuais foram relativamente simples, com diversas limitações e não evidenciaram a especificidade dos movimentos em profundidade de detalhes.

Uma revisão sistemática publicada em 2020¹⁷ concluiu que o nível de evidência científica da eficácia da terapia com alinhadores varia de baixo a moderado. Detectou-se que refinamentos adicionais¹⁸ foram necessários em praticamente todos os casos para superar a limitada previsibilidade dos alinhadores transparentes, ratificando a necessidade de estudos que avaliem a eficiência dos movimentos ortodônticos realizados com alinhadores e descrevam onde poderia estar a deficiência observada.

Múltiplos fatores (como a quantidade de ativação, material utilizado e a espessura das placas) influenciam nas propriedades de distribuição de força em aparelhos termoplásticos, o que resulta em diferentes extensões de movimentos obtidos com o uso dos diferentes fabricantes de alinhadores disponíveis no mercado. Todavia, a maioria dos estudos publicados avaliaram apenas os alinhadores do sistema *Invisalign*[®] (produzido pela *Align Technology*), os quais podem apresentar características diferentes dos de outras fabricantes existentes no mercado¹⁴.

Por isso, o objetivo deste estudo foi determinar a eficácia dos movimentos de rotação, inclinação e angulação dos dentes anteriores superiores e inferiores obtidos com alinhadores ortodônticos transparentes removíveis de uma fabricante brasileira, através de uma metodologia tridimensional.

1 REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Histórico dos alinhadores transparentes

Em 1945, Kesling¹⁹ introduziu o conceito de aparelhos ortodônticos transparentes para alinhar dentes apinhados. A ideia seria justamente movimentar os dentes sem a necessidade de bráquetes, bandas ou fios e ainda utilizar o mesmo dispositivo como contenção. Este autor salientava que a indicação de seu aparelho seria para casos de baixa complexidade, recidivas, finalização após o uso de aparelhagem fixa ou como aparelho de contenção. Todavia, pôde prever que movimentos dentários mais complexos poderiam ser realizados com uma série de alinhadores, ainda que reconhecesse as limitações da tecnologia disponível na época. Ele descreveu como seria a confecção do aparelho: as arcadas superior e inferior do paciente precisariam ser moldadas para que um *setup* (simulação ortodôntica diagnóstica) em cera fosse realizado e o aparelho seria confeccionado sobre o mesmo, mostrando similaridade ao que é realizado atualmente. O material do aparelho deveria ser flexível, permitindo assim que os dentes fossem levados para a posição idealizada no planejamento.¹⁹

Em 1950, os sistemas CAD/CAM (*computer aided design/computer aided manufacturing*) foram desenvolvidos com o intuito de integrar o processo de *design* e fabricação de produtos através do uso de um *software* especializado. Isso permite uma maior eficiência e precisão na criação de produtos, reduzindo o tempo e os custos envolvidos. O termo CAD-CAM refere-se ao desenho de uma estrutura em um computador (*computer aided design*) seguido da sua confecção por uma máquina de fresagem/impressora 3D (*computer aided manufacturing*). Sua introdução na Odontologia teve início no final da década de 70, início da década de 80, mas só se tornou amplamente utilizado na prática clínica no final dos anos 1990 e início dos anos 2000. Isso representou uma associação de sucesso entre a evolução da informática e da engenharia para as necessidades da Odontologia²⁰.

O primeiro sistema CAD/CAM comercializado para Odontologia foi o sistema CEREC (*Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics*), desenvolvido pela

empresa alemã *Sirona Dental Systems*[®] em 1985²¹. O sistema CEREC permitia que os dentistas realizassem restaurações dentárias de cerâmica em uma única sessão, usando um scanner intraoral para digitalizar o dente preparado e um *software* CAD/CAM para criar a restauração dentária. A restauração era então usinada em um bloco de cerâmica e cimentada no dente do paciente, tudo em uma única consulta. Desde então, outras empresas desenvolveram sistemas CAD/CAM para Odontologia, como o sistema E4D, da *Dentsply Sirona*, e o sistema Planmeca FIT, da Planmeca²¹.

Não há um consenso sobre qual foi o primeiro sistema CAD/CAM a ser comercializado para Ortodontia. Nesta área, o sistema CAD/CAM tem sido utilizado através do escaneamento das arcadas dentárias, obtendo-se um modelo tridimensional que será utilizado em um *software* para confecção de um *setup* virtual (CAD) seguido da utilização de uma impressora 3D para produção de modelos (CAM) que serão plastificados e então obtidos os alinhadores em material flexível. Embora haja semelhança em relação à produção de alinhadores proposta por Kesling¹⁹, enfatizou-se que os objetivos principais da evolução para a tecnologia CAD/CAM são a automatização de um processo manual, a padronização dos processos de fabricação e redução dos custos de produção²².

Um dos sistemas CAD/CAM mais utilizados na Ortodontia, para confecção de alinhadores, é o sistema *Invisalign*, desenvolvido pela *Align Technology*[®] em 1997², A empresa utiliza tecnologia de escaneamento 3D e *software* CAD/CAM próprio para criar alinhadores personalizados para cada paciente. Os alinhadores são fabricados a partir de uma impressora 3D e são trocados a cada duas semanas, movendo gradualmente os dentes do paciente para a posição correta³.

Com o passar do tempo, ocorreu a popularização da tecnologia CAD/CAM, o aumento da disponibilidade e acessibilidade do escaneamento digital, de impressoras 3D e de *softwares* para *setup* virtual. Isso permitiu que diversas outras empresas iniciassem a produção de alinhadores ortodônticos, inclusive no Brasil.

Um estudo de 2022 evidenciou a existência de mais de 75 fabricantes de alinhadores²³. Desde 1998, que foi o ano que a primeira empresa de alinhadores surgiu, até 2020, este setor teve um grande crescimento.²³ Associado a isso, vem crescendo o número de ortodontistas que trabalham produzindo seus próprios alinhadores denominados alinhadores “*in office*”. Ademais, existe a opção de

solicitar para empresas a execução de somente uma determinada etapa da produção. Por exemplo, o ortodontista que realiza o *setup* virtual, mas solicita que a empresa imprima os modelos para confecção dos alinhadores.

O mercado de alinhadores transparentes tem crescido e a perspectiva de aumento foi de US\$ 3,1 bilhões para 2021 e estimada em US\$ 11,6 bilhões para 2027, com uma taxa composta de crescimento anual de 13%, o que demonstrou a continuidade dessa tendência de crescimento.

1.2 **Acurácia dos movimentos com alinhadores ortodônticos**

A acurácia é definida como a proximidade entre o valor obtido experimentalmente e o valor verdadeiro na medição de uma grandeza física. Avaliar a acurácia do que foi planejado no *setup* virtual e o que foi realmente obtido clinicamente é de extrema importância.

Sabe-se que a acurácia do movimento realizado com os alinhadores irá variar de acordo com diversos fatores, dentre eles: o tipo de movimento que será realizado, o dente que será movimentado e a magnitude do movimento.

1.2.1 Rotação

Com relação ao movimento de rotação, os estudos mostram que a acurácia varia principalmente de acordo com a anatomia do dente que se deseja rotacionar. Dentes com coroas arredondadas tem potencial de apresentar menor previsibilidade para este movimento⁹.

1.2.1.1 Incisivos

Com relação aos incisivos centrais superiores, o trabalho de Kravitz e colaboradores⁹ detectou 54,2% de previsibilidade para o movimento de rotação, com o movimento planejado variando de 5-15 graus em uma amostra que utilizou alinhadores da marca *Invisalign*[®] e *attachments* de acordo com a prescrição do dentista. Já o trabalho de Lombardo e colaboradores²⁴ mostrou uma previsibilidade de 61,5% para o mesmo movimento e grupo de dentes com um média de 11 graus planejados, utilizando alinhadores da marca F22 Aligners[®] (Sweden & Martina, Due Carrare, Itália). O trabalho de Charalampakis e colaboradores¹⁰ mostrou uma previsibilidade de 57,24%, mesmo com uma média de planejamento menor de rotação (5 graus) utilizando alinhadores *Invisalign*[®].

Para incisivos laterais superiores, pode-se observar que o trabalho de Kravitz e colaboradores⁹ mostrou uma previsibilidade de 43,4% e o trabalho de Charalampakis e colaboradores¹⁰, de 66,15%, considerando um giro de 9 graus.

Com relação aos incisivos inferiores, o trabalho de Kravitz e colaboradores⁹ encontrou 48,8% de previsibilidade para centrais e 51,6% para laterais, com o movimento variando de 5-15 graus. Já o trabalho de Lombardo e colaboradores²⁴ mostrou uma previsibilidade de 67% para o mesmo movimento em incisivos, com um média de 11 graus. O trabalho de Charalampakis e colaboradores¹⁰ mostrou uma previsibilidade de 75,62% para incisivos inferiores.

Apesar de evidencia baixa a moderada, a revisão sistemática publicada em 2021 por Koletsi e colaboradores indicou que os incisivos inferiores apresentaram a maior precisão percentual para o movimento rotacional²⁵.

1.2.1.2 Caninos

O trabalho de Kravitz e colaboradores⁹ avaliou os caninos superiores e observou 32,2% de previsibilidade, já o trabalho de Lombardo e colaboradores²⁴ reportou uma previsibilidade da rotação de caninos de 62,3%. Observa-se ainda que

rotações acima de 15° diminuem significativamente a precisão da rotação em caninos superiores. O trabalho de Charalampakis e colaboradores¹⁰ evidenciou 56,62% de previsibilidade.

Para caninos inferiores, Kravitz e colaboradores⁹ mostraram uma previsibilidade de 29,1%; no trabalho de Lombardo e colaboradores²⁴ de 54,2%; e no trabalho de Charalampakis e colaboradores¹⁰ de 70,81% para uma média de 13° de movimentação.

1.2.1.3 Pré-molares

No trabalho de Lombardo e colaboradores²⁴ observou-se uma previsibilidade de 54% para pré-molares superiores e de 82,7% para pré-molares inferiores. No trabalho de Charalampakis e colaboradores¹⁰, os pré-molares superiores tiveram a menor discrepância (0,9°) entre o que foi planejado e o que foi alcançado. Entretanto, nesse trabalho a rotação realizada foi de apenas 4°, o que justificou a alta previsibilidade. O trabalho de Simon e colaboradores²⁶ avaliou giros maiores que 10° e 15° em pré-molares e pôde mostrar que rotações maiores do que 15° apresentam previsibilidade de 24%, significativamente inferior do a de rotações entre 10° e 15° (43%). Além disso, o mesmo trabalho evidenciou que um estagiamento menor do que 1,5° obteve previsibilidade de 41,8%, enquanto o mesmo movimento com estagiamento maior do que 1,5° diminuiu a previsibilidade para 23,2%.

1.2.1.4 Molares

Avaliando-se molares, o trabalho de Lombardo e colaboradores²⁴, obteve a previsibilidade de 78% para superiores e 85,4% para inferiores. Salienta-se, entretanto, que as rotações planejadas foram pequenas (7,2° e 4,6° respectivamente).

1.2.2 Angulação

No estudo de Lombardo e colaboradores²⁴ foi encontrada uma acurácia do movimento de angulação para incisivos centrais de 76,7%, quando uma movimentação de 6° foi planejada; para caninos de 78,3%, quando uma movimentação de 5° foi planejada; para pré-molares, de 70,6%, quando uma movimentação de 5° foi planejada; e para molares, de 93,4%, quando uma angulação de 4° foi planejada, na arcada superior. Já na arcada inferior, para incisivos centrais o movimento de angulação obteve acurácia de 87,7%, quando uma movimentação de 4° foi planejada; para caninos, de 86,7%, quando uma movimentação de 5° foi planejada; para pré-molares, de 96,7%, quando uma movimentação de 5° foi planejada; e para molares, de 61,8%, quando uma angulação de 6° foi planejada.

O trabalho de Kravitz e colaboradores demonstrou que a acurácia do movimento de angulação para incisivos centrais foi de 38,6%, para incisivos laterais de 43,1%, para caninos de 35,5%, na arcada superior. Já na arcada inferior, encontrou-se acurácia para incisivos centrais de 39,6%, para incisivos laterais de 48,6% e para caninos, de 26,9%.

1.2.3 Inclinação vestibulolingual

A inclinação é um dos movimentos mais previsíveis para ser realizado com os alinhadores²⁷.

O estudo de Lombardo²⁴ e colaboradores demonstrou uma acurácia de 64,5% quando uma inclinação (em média) de 9° foi planejada para incisivos superiores. Para caninos superiores, foi de 54%, quando uma inclinação (em média) de 5° foi planejada. Para pré-molares, houve uma previsibilidade de 69,6% quando uma inclinação (em média) de 5° foi planejada. Para molares, de 52,5% quando uma inclinação (em média) de 4° foi planejada.

Já o estudo de Kravitz⁹ e colaboradores separou o movimento de inclinação em vestibular e lingual. Seu estudo demonstrou que a inclinação lingual dos incisivos centrais superiores apresentou uma previsibilidade de 50,5% enquanto a inclinação vestibular apresentou 26,9%. Para incisivos laterais superiores, de 57,6% e 35,4% respectivamente. Para os caninos superiores, de 38,3% para vestibular e 52,3% para lingual. Já para os incisivos centrais inferiores pode-se observar uma previsibilidade de 56,8% para lingual enquanto a inclinação vestibular apresenta 39,2%. Para os caninos inferiores, 44,8% para vestibular e 42,5% para lingual.

O estudo de Jiang e colaboradores²⁸ utilizou a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) para avaliar a inclinação pura, inclinação controlada, translação e torque dos incisivos. Observou-se uma previsibilidade de 72,48% para o movimento de inclinação pura, o qual foi o movimento mais previsível avaliado.

1.2.4 Extrusão

A extrusão é um dos movimentos com menor previsibilidade quando se utiliza alinhadores. Isso ocorre porque o alinhador apresenta maior dificuldade em tracionar o dente.

O trabalho de Kravitz e colaboradores⁹, mostrou que nos movimentos de extrusão (média de 0,56 mm) para incisivo central, incisivo lateral e canino superiores foi obtida uma acurácia de 18,3%, 28,4% e 49,9% respectivamente. Já para os dentes inferiores, observou-se 24,5% para incisivos centrais, 28,4% para incisivos laterais e 30,4% para caninos.

O trabalho de Haouili e colaboradores²⁷ mostrou que incisivos superiores realizaram 55% do que foi planejado enquanto os molares superiores e inferiores realizaram apenas 40%, sugerindo que a extrusão é mais previsível para dentes anteriores do que para posteriores.²⁷

1.2.5 Intrusão

Segundo Kravitz e colaboradores⁹ para o movimento de intrusão, incisivos centrais superiores apresentam acurácia de 44,7%, incisivos laterais superiores de 32,5%, caninos superiores de 40%, incisivos centrais inferiores de 46,6%, incisivos laterais inferiores de 40% e caninos inferiores de 39,5%. Com relação ao movimento em molares, o estudo de Haouili e colaboradores²⁷ demonstrou um acurácia de 51%.

Attachments de ancoragem nos dentes adjacentes são fundamentais para o sucesso do movimento de intrusão.²⁷

1.2.6 Expansão

O trabalho de Vidal-Bernárdez e colaboradores²⁹ avaliou a previsibilidade do movimento de expansão nas arcadas superior e inferior. A avaliação foi feita de forma linear na qual a distância da cúspide de caninos e pré-molares foi medida no modelo digital inicial e final em ambas as arcadas, assim como a inclinação do primeiro molar superior. Os movimentos foram divididos em leve, moderado e severo. Este estudo mostrou que os alinhadores do sistema *Invisalign*[®] (material *SmartTrack*[®]), ofereceram alto grau de previsibilidade para o movimento de expansão, tanto na arcada superior quanto na inferior, o que já havia sido demonstrado em outros estudos.^{24,27,30}

O trabalho de Zhou e colaboradores³¹ avaliou o movimento de expansão no arco superior e pôde concluir que apesar dos alinhadores proporcionarem o aumento da largura do arco, o movimento resultante é o de inclinação, pois o movimento de corpo foi mais difícil de ser obtido através dos alinhadores ortodônticos.

1.2.7 Torque

O estudo de Jiang e colaboradores²⁸ observou que o torque apresentou 35,21% de previsibilidade e que o movimento radicular labial foi significativamente mais previsível do que o movimento radicular lingual. O movimento labial dos incisivos inferiores foi significativamente mais responsivo do que o dos incisivos superiores, concordando com o estudo de Gaddam e colaboradores.³²

Segundo Jiang e colaboradores a baixa previsibilidade associada ao movimento de torque não é um resultado surpreendente pois o movimento radicular é um movimento difícil de ser alcançado. Essa descoberta sugere que os alinhadores transparentes compartilham o mesmo princípio biomecânico do movimento dentário que os outros aparelhos ortodônticos. Porém, as propriedades do material dos alinhadores transparentes provavelmente podem ser responsáveis por sua incapacidade de aplicar o controle radicular, dada a elasticidade da margem gengival do alinhador, a qual apresenta maior dificuldade em aplicar forças nesta região²⁸.

1.3 **Fatores determinantes na acurácia da movimentação com alinhadores transparentes**

Para que o alinhador consiga expressar todo o movimento planejado no *setup* virtual, diversos fatores são importantes como: o recorte do alinhador, o material utilizado para confecção da placa, a cooperação do paciente e a utilização de *attachments*³³.

O trabalho de Gao e colaboradores³⁴ observou que recortes localizados entre 3-4 mm acima da margem gengival obtiveram uma maior previsibilidade do movimento de inclinação, quando comparado com alinhadores que apresentavam um recorte acima da margem gengival, entre 0-1 mm. Além disso, os autores também avaliaram a espessura da placa utilizada para realização da movimentação e observaram que, para o movimento de inclinação vestibulo-lingual, a espessura de

0,75 mm foi significativamente superior aos movimentos produzidos pelo material de 0,5 mm de espessura e que não houve diferença entre a espessura do alinhador de 0,5 e 0,625 mm, nem entre os aparelhos de 0,625 e 0,75 mm³⁴.

Na primeira consulta, a cooperação e a disciplina do paciente devem ser avaliadas, visto que a utilização do aparelho, por 20-22 horas por dia, é fundamental para o sucesso do tratamento e, muitas vezes, o paciente chega ao consultório com a ilusão de que a utilização dos alinhadores se dá apenas no período noturno³⁵.

A utilização de *attachments* potencializa as movimentações com alinhadores, visto que aumenta o contato do dente com o plástico³⁶. Dessa forma a opção de não utilizar *attachments* compromete a movimentação planejada no *setup* virtual. O artigo de Karras e colaboradores avaliou a eficácia de *attachments* otimizados e convencionais dos alinhadores *Invisalign*[®] e pôde observar que os convencionais podem ser tão efetivos quanto os otimizados³⁵.

1.4 Percepção da movimentação dentária

Ao avaliar o grau de alinhamento/desalinhamento de uma arcada dentária, deve-se levar em consideração, não apenas valores quantitativos, como também a percepção do ortodontista com relação a esta condição.

Assim, para definir um método que avalie movimentos de translação e rotação, previamente é necessário definir quais valores são detectados pelo ortodontista, para definir a margem de erro aceitável desta metodologia.

O trabalho de Alqahtani e colaboradores³⁷ teve o objetivo de determinar em qual nível de apinhamento dentário ortodontistas e leigos começam a perceber que o alinhamento dentário se afasta do ideal. Os autores utilizaram o índice de Little para a avaliação e puderam observar que quando a quantidade do índice de irregularidade de Little (LII) atingiu 1 mm para um incisivo central inferior, o grupo de ortodontistas indicou tratamento ortodôntico.

O índice de irregularidade de Little é um método quantitativo de avaliação de apinhamento mandibular muito utilizado. A técnica envolve a medição do deslocamento linear dos pontos de contato anatômicos adjacentes dos incisivos

inferiores em um modelo de gesso inferior com o auxílio de um paquímetro. A soma das cinco medidas representa o valor do índice de irregularidade do caso.³⁸ Através do valor obtido pode-se classificar: 0 alinhamento perfeito; 1-3 irregularidade mínima; 4-6 irregularidade moderada; 7-9 irregularidade severa; 10 irregularidade muito severa.

Já o estudo de Grünheid e colaboradores³⁹ demonstrou que uma discrepância marginal de 0,5 mm equivale a um desvio de 2° para um molar de tamanho médio quando utiliza-se o sistema de classificação de modelo *American Board of Orthodontics* para avaliação. Dessa forma, diferenças de 0,5 mm ou mais nas direções méso-distal, vestibulo-lingual e oclusal-gengival e diferenças de 2° ou mais na angulação, inclinação e rotação foram consideradas clinicamente relevantes.

1.5 Metodologias de quantificação de previsibilidade dos movimentos

O trabalho de Kravitz e colaboradores⁹ avaliou os movimentos de expansão, contração, intrusão, extrusão, angulação, inclinação e rotação em uma amostra de 32 pacientes. Para avaliação, foi utilizado o *software ToothMeasure*[®], próprio da *Align Technology*[®] e a sobreposição dos modelos foi realizada em pré-molares e molares nos quais não havia sido planejado movimento.

O trabalho de Kassas e colaboradores¹⁵ analisou uma amostra ampla de 425 casos tratados com *Invisalign*[®], porém utilizou o método de avaliação do *Board Americano*, focado principalmente na avaliação do posicionamento final da oclusão, que não foca prioritariamente na movimentação individual dos dentes⁴⁰.

No trabalho de Huanca Ghislazon⁴¹, apesar de utilizar um sistema de coordenadas individual para cada dente, a metodologia não foi descrita com exatidão, e mostrou um único plano utilizado como referência para todos os dentes, o que pode alterar os resultados obtidos.

O estudo de Charalampakis e colaboradores¹⁰ avaliou 20 pacientes utilizando os molares como referência para a sobreposição dos modelos 3D. No entanto, os autores relataram que esses dentes sofreram movimentos mínimos nos três planos

do espaço, o que pode ter sido um fator de confusão para a interpretação dos resultados observados.

O trabalho de Vidal-Bernárdez e colaboradores²⁹ avaliou a previsibilidade da expansão realizada com os alinhadores. Para esta avaliação foram utilizadas medidas lineares, nas quais pontos eram marcados e as distâncias comparadas.

No trabalho de Karras e colaboradores, dentro dos movimentos rotacionais, apenas o movimento de rotação em caninos e pré-molares foi avaliado. Apesar do ângulo ser calculado automaticamente pelo *software*, a avaliação foi realizada através de marcações manuais, nas cúspides nos dentes³⁵.

Apesar do trabalho de Jiang e colaboradores utilizar TCFC para realizar suas avaliações, o que permite uma sobreposição mais confiável em estruturas ósseas, o estudo avaliou apenas um plano do espaço (sagital), uma movimentação (inclinação) e apenas incisivos²⁸.

O estudo de Gaddam e colaboradores avaliou o movimento de torque. Porém realizou a sobreposição em molares que tiveram movimentos, utilizou um único plano para aferição em todos os dentes e ainda utilizou o ângulo inter-incisal para avaliação do torque³².

2 PROPOSIÇÃO

Objetivo geral:

Avaliar tridimensionalmente a acurácia dos movimentos de rotação, inclinação e angulação obtidos em dentes anteriores superiores e inferiores, com a utilização de alinhadores ortodônticos de uma fabricante brasileira.

Objetivos específicos:

- a) Validar uma metodologia para aferição de movimentos ortodônticos de angulação, rotação e inclinação em modelos tridimensionais.
- b) Avaliar se há diferença na acurácia entre os movimentos de rotação, inclinação e angulação.
- c) Avaliar se há diferença na acurácia de acordo com o grupo de dente movimentado.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Aspectos éticos

Este trabalho foi submetido à aprovação do comitê de ética em pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto pela Plataforma Brasil e foi aprovado sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 25310819.7.0000.5259 (**ANEXO** - Aprovação do Comitê de Ética).

3.2 Cálculo amostral

O cálculo amostral foi realizado para cada grupo de dentes (incisivos centrais superiores, incisivos laterais superiores, caninos superiores, incisivos centrais inferiores, incisivos laterais inferiores, caninos inferiores) através do aplicativo “Cálculo amostral” da Faculdade de Odontologia de Bauru Universidade de São Paulo⁴². Utilizou-se o desvio padrão da diferença obtido a partir do resultado de um estudo piloto, realizado previamente, com 96 dentes.

Considerou-se um poder de 80%, nível de significância de 5%, diferença mínima a ser detectada de 2 graus em uma comparação de duas médias pareadas.

3.3 Sujeitos da pesquisa

O presente trabalho caracterizou-se como estudo clínico retrospectivo. A amostra foi coletada entre 2017 e 2019 e foi composta por 279 dentes anteriores (155 superiores e 124 inferiores) medidos a partir dos modelos virtuais de 28 pacientes (23 do sexo feminino e 5 do sexo masculino). Todos os pacientes foram tratados com alinhadores transparentes de uma marca de alinhadores brasileira, a

Smart Aligner[®] (Rio de Janeiro, Brasil) e os modelos avaliados foram os referentes ao planejamento virtual (T1) e o modelo virtual enviado para o refinamento do caso (T2).

3.3.1 Critérios de inclusão

- Pacientes adultos (18 anos ou mais) tratados com alinhadores transparentes da fabricante brasileira;
- Pacientes que possuíam o modelo 3D do planejamento virtual (T1), e do resultado obtido (T2), no formato. STL;
- Casos em que as movimentações de molares não tenham sido planejadas;
- Movimentações realizadas dentro dos limites de previsibilidade estabelecidos pela empresa: (rotações de até 30°; inclinação de até 15°; angulação de até 10 °; extrusão de até 1mm; intrusão de até 1,5 mm; mesialização/distalização de até 1,5 mm).

3.3.2 Critérios de exclusão

- Presença de áreas edêntulas;
- Presença de implantes ou de contenção fixa;
- Restaurações dentárias após ou durante o tratamento;
- Presença de dentes supranumerários;
- Casos em que o dentista e/ou paciente se recusem a aceitar o protocolo de *attachments* sugerido pela empresa.

3.4 Empresa Smart Aligner

A empresa Smart Aligner, se encontra sediada no Brasil, Rio de Janeiro e surgiu em 2012. Inicialmente, eram oferecidos serviços de laboratório de prótese confeccionados a partir da tecnologia CAD/CAM. Neste momento a empresa era chamada de *Smart Lab*. Logo em seguida, a empresa aumentou seu portfólio de serviços expandindo para outras especialidades passando a ser denominada de Smart Solutions 3D (Smart Solutions 3D, Rio de Janeiro, Brasil). Neste momento, a empresa possuía um setor responsável por implante, cirurgia, periodontia, estética e ortodontia (que era focado na produção de alinhadores).

Em dezembro de 2019 a prestação de serviços da Smart Solutions 3D se tornou restrita à sua linha de alinhadores, alterando assim seu nome para Smart Aligner (Smart Aligner, Rio de Janeiro, Brasil), e focando na produção e desenvolvimento de alinhadores transparentes.

A Smart Aligner utiliza o *software OrthoAnalyzer* (3Shape, Copenhague, Dinamarca) para realizar os planejamentos virtuais. O *software* é fornecido pela empresa 3Shape (3Shape, Copenhague, Dinamarca) e recebe atualizações periódicas. Além disso, a empresa utilizava, no período no qual a amostra foi coletada, a espessura de 0,75mm para confecção de seus alinhadores, contornando os dentes na realização do recorte das placas que era realizado de forma manual.

Além de ser uma empresa reconhecida no mercado brasileiro, a empresa disponibiliza um programa de apoio à pesquisa no qual alunos de pós-graduação e pesquisadores podem solicitar parcerias para o desenvolvimento de seus trabalhos de pesquisa.

3.5 Metodologia

3.5.1 Validação da metodologia

Para avaliar a confiabilidade do método, de análise tridimensional, utilizado neste estudo, selecionou-se uma amostra de oito modelos digitais, nos quais foram simulados movimentos aleatórios em dentes anteriores usando o programa *OrthoAnalyzer*. Em seguida, os modelos foram importados para o *software Geomagic Qualify*. Neste *software*, o método foi realizado de canino a canino em ambas as arcadas, por dois examinadores cegados e calibrados. Após 15 dias, os examinadores repetiram as medidas, permitindo avaliação da confiabilidade inter e intraexaminadores. Foi realizada uma comparação entre os valores angulares dos movimentos encontrados pelos examinadores usando o método proposto e os valores simulados previamente no *software OrthoAnalyzer*. Realizou-se análise descritiva e três comparações usando o teste de Bland-Altman para avaliar a concordância.

3.6 Aplicação da metodologia

Para avaliar se o planejado no *setup* virtual no programa *OrthoAnalyzer* (3Shape, Copenhagen, Dinamarca) foi alcançado clinicamente utilizou-se o programa *Geomagic Qualify 2013 (Raindrop Geomagic Inc, Cary, NC, EUA)*. Para isso, comparou-se o planejamento virtual (T1) com o escaneamento final (T2) do paciente. O T2 representava o modelo virtual do paciente enviado à empresa para realização do refinamento. Os valores aferidos deveriam ser próximos de zero, indicando que o que havia sido planejado, tinha sido atingido.

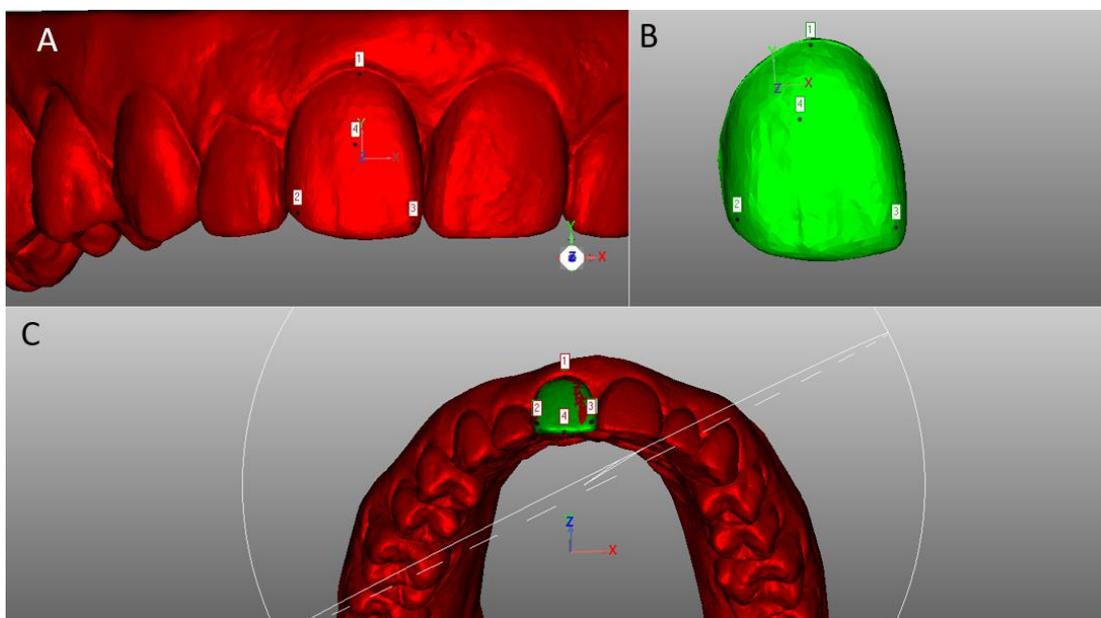
Foram selecionados os modelos digitalizados em formato *.STL* do planejamento virtual (T1), do modelo final do tratamento (T2) e os modelos dos

dentes recortados, gerados automaticamente pelo *software Ortho Analyzer* quando realizado o planejamento virtual do paciente.

3.6.1 Sobreposição dentária Inicial

A primeira etapa foi sobrepor os modelos individuais dos 6 dentes anteriores na arcada dos modelos T1. Para isso, inicialmente, foram selecionados o modelo superior (T1) e o dente em questão, e foi utilizada a ferramenta “**Alinhamento manual**” (Figura 1) que faz uso da marcação de pontos de registro em comum nos dois modelos. O dente individual foi definido como “**Flutuante**”, e a arcada foi definida como “**Fixa**”, visto que esta última foi a referência de posição. Foram marcados 4 pontos, distribuídos entre as faces vestibular, lingual e incisal, e feito o registro de alinhamento.

Figura 1 - Ilustração do Alinhamento Manual sendo realizado



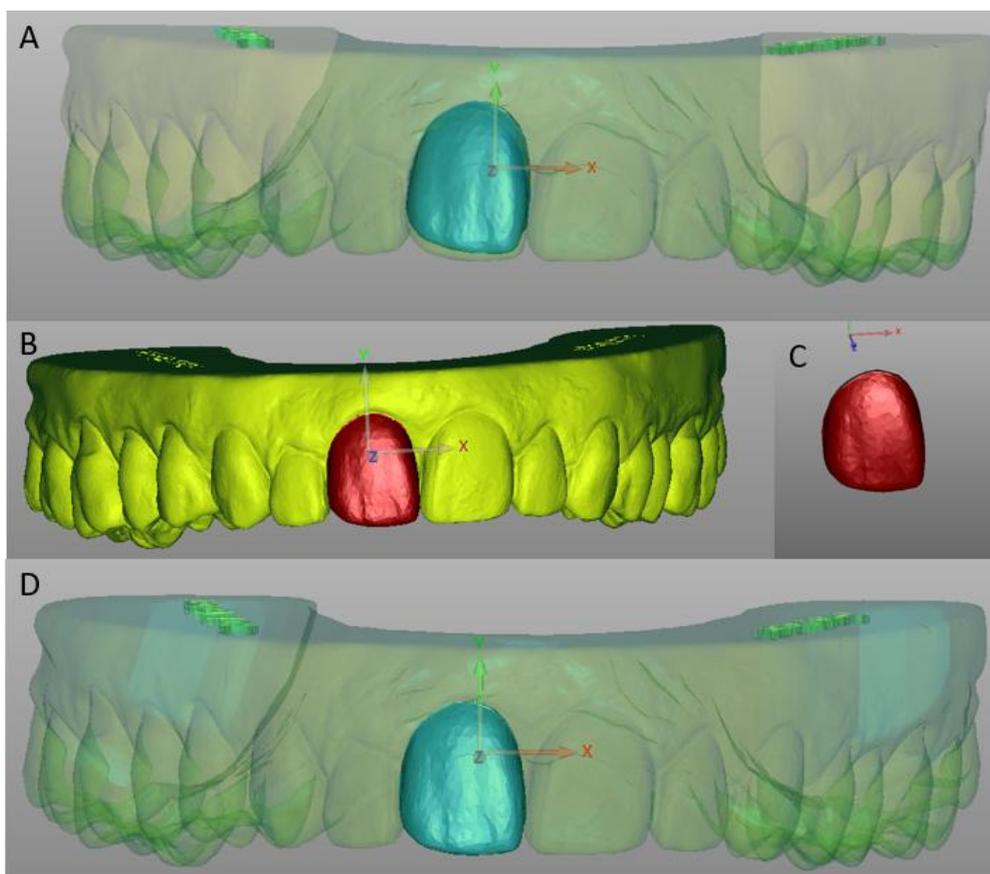
Legenda: A: Modelo inicial (vermelho), com a marcação dos pontos. B: Dente recortado (verde) com a marcação dos pontos. C: Modelos sobrepostos.

Fonte: O autor, 2023.

Em seguida, foi feito um novo alinhamento através da ferramenta “**Alinhamento Global**” (Figura 2). Para tal, tanto no modelo superior (T1) como no

dente individual em questão, foi circundada e selecionada toda a coroa do dente, sem selecionar gengiva, através da ferramenta de “**Seleção Polilinha**”, pelo modo de “**Selecionar Apenas Visível**”. Após a seleção das coroas nos dois modelos, ambos foram selecionados juntos e foi aplicado o “**Alinhamento Global**”.

Figura 2 - Ilustração do Alinhamento Global sendo realizado



Legenda: A: Modelos iniciais (amarelo transparente) e dente recortado inicial (azul) em posições espaciais distintas. B: Seleção do elemento 11 no modelo inicial. C: Seleção do dente inicial recortado e D: Modelos inicial (amarelo transparente) e dente recortado inicial (azul) sobrepostos.

Fonte: O autor, 2023.

Assim, após os 2 alinhamentos, o dente individual ficou superposto no modelo da arcada inicial, na posição inicial deste dente na arcada. Ambos os processos de alinhamento foram feitos em todos os dentes individualmente, nas arcadas superior e inferior (Figura 3).

Figura 3 - Alinhamento dos dentes individualizados aos modelos



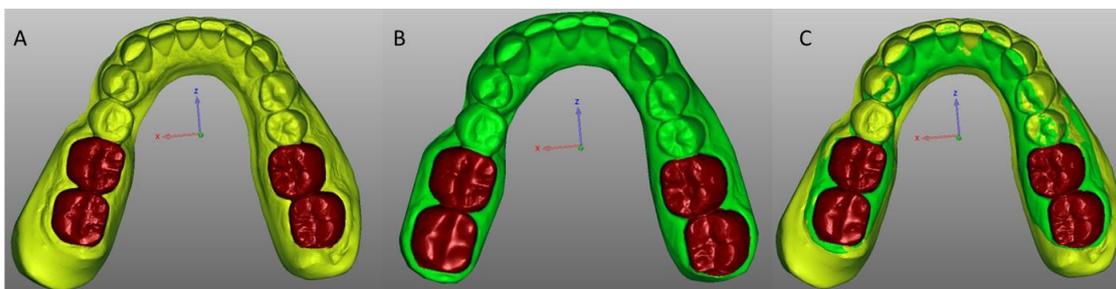
Legenda: A: Modelos individualizados dos dentes (roxo), selecionados ao mesmo tempo para visualização. B: Modelos iniciais das arcadas(amarelo). C: Modelo inicial em semi-transparência e dentes em roxo na posição inicial.

Fonte: O autor, 2023.

3.6.2 Sobreposição T1 e T2

A segunda etapa foi o alinhamento dos modelos T1 e T2 através da ferramenta “**Alinhamento Global**” (Figura 4). Para este fim, foi usada a ferramenta de “**Seleção De Polilinha**” pelo modo “**Selecionar Através**”.

Figura 4 - Alinhamento dos modelos Inicial e Final inferiores através do Alinhamento Global de dentes posteriores.



Legenda: Em (A) Modelo inicial (amarelo) com os molares selecionados. Em (B) Modelo final (verde) com os molares selecionados. Em (C) modelo inicial e final superpostos.

Fonte: O autor, 2023.

A região escolhida para sobrepor os modelos foi região de molares, visto que não havia sido planejada movimentação posterior. Utilizou-se o modelo T1 como referência e o modelo T2 como teste. Em seguida o “**Alinhamento Global**” foi aplicado (Figura 4). O processo foi repetido para a arcada superior.

3.6.3 Estruturas para aferição

A terceira etapa foi a criação das estruturas para aferição dos movimentos. Como visto anteriormente, para a avaliação do ângulo diedro seria necessária a criação de planos.

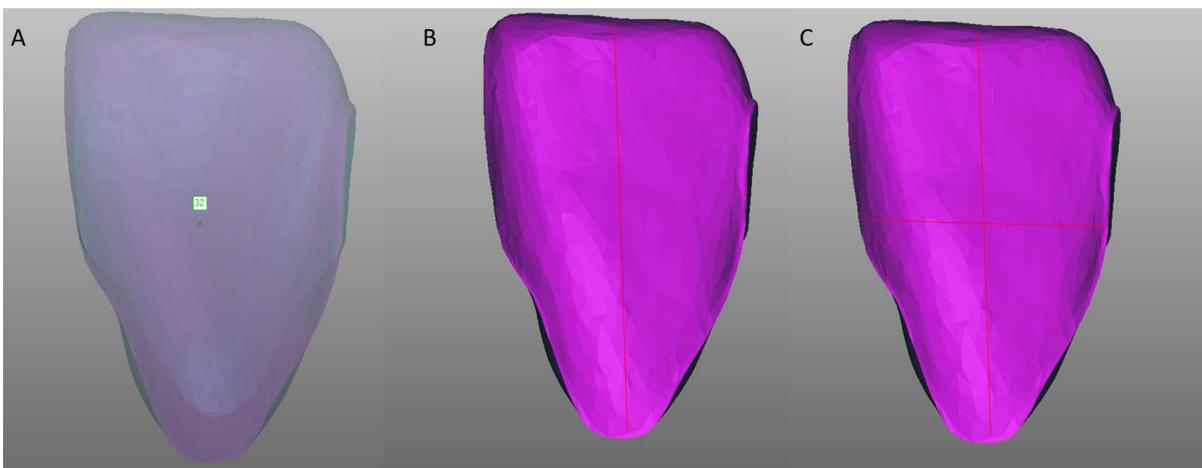
Em cada dente inicial foi criado:

1. O ponto centróide – que foi utilizado como uma referência fixa para criação das linhas de referência e dos planos de avaliação (Figura 5 A);
2. Linhas de referência - Uma paralela e outra perpendicular ao longo eixo do dente (Figura 5 B e C);
3. Planos de avaliação – que seriam a estrutura de avaliação propriamente dita e foram nomeados de acordo com a parte do dente que separam: Plano MD, que separa as partes mesial e distal, Plano SI, que separa as partes superior e inferior, e Plano VL, que separa as partes vestibular e lingual) e posteriormente um outro plano, Sreal (plano que separa as partes superior e inferior e é perpendicular aos planos MD e VL).

O ponto centróide foi criado automaticamente através da ferramenta **“Características > Ponto > Centro”**.

Para a criação das linhas de referência foi utilizada a ferramenta **“Polígonos > Cortar > Cortar Com Folha”**. Para a criação da linha paralela ao longo eixo do dente foi feita uma linha do zênite gengival à incisal, passando pelo centroide. Em seguida, foi feita uma linha da extremidade distal à mesial perpendicular ao longo eixo, passando na altura do centroide.

Figura 5 - Criação das estruturas para aferição dos movimentos



Legenda: A: Ponto centróide. B: Linha paralela ao longo eixo do dente. C: Linhas perpendicular e paralela ao longo eixo do dente.

Fonte: O autor, 2023.

Para criação do plano MD foi utilizada a ferramenta **“Características > Plano > 3 Pontos”**. Foram marcados 3 pontos em cima da linha vertical que foi criada paralela ao longo eixo do dente.

Para criação do plano SI, foi utilizada a mesma ferramenta utilizada anteriormente, e foram marcados 3 pontos em cima da linha horizontal que foi criada perpendicular ao longo eixo do dente.

O plano VL foi criado a partir do centróide, utilizando a ferramenta **“Características > Plano > Perpendicular Através De Ponto”**, e utilizando os planos MD e SI como referência.

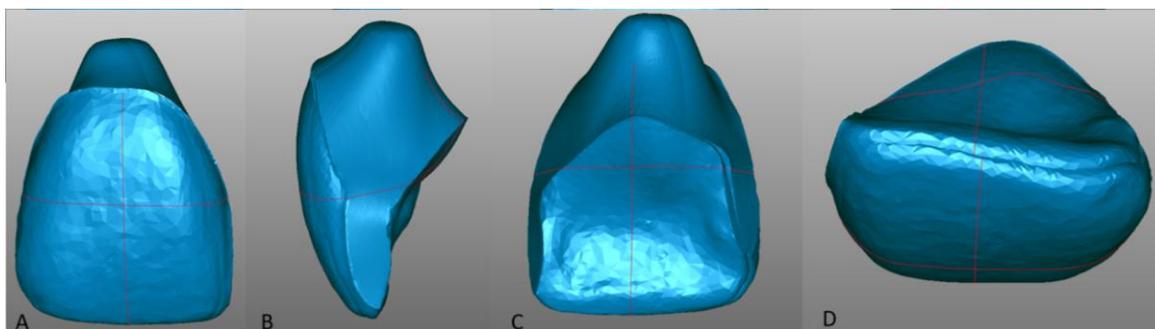
Em seguida, foi criado o plano SIreal, também a partir do centróide e através da mesma ferramenta, porém utilizando como referência os planos MD e V. Por conseguinte, o plano SI foi apagado. Foi utilizado o plano SIreal para garantir que os 3 planos usados nas análises (MD, VL e SIreal) fossem perpendiculares entre si, permitindo então que as medidas geradas entre eles se tornassem mais fiéis. Obteve-se assim, os modelos individualizados iniciais de cada dente com os planos necessários para a análise. Para permitir a comparação entre T1 e T2 de cada dente, foram criados modelos T2 a partir da cópia dos modelos de T1, levando-os, já com as estruturas para aferição, para a posição de T2. Para isso, cada cópia foi criada através da opção **“Duplicar”**, gerando um modelo com os pontos, linhas e planos já confeccionados, sendo nomeado como modelo **“Final”** do dente individualizado em questão. O modelo individualizado final foi alinhado à arcada final

através das ferramentas “**Alinhamento Manual**” e “**Alinhamento Global**” pela ferramenta de “**Seleção De Polilinha**”, da mesma forma como foi realizado na etapa 1. Assim, foi gerado um modelo individualizado Final, com a posição do dente referente à arcada final, já com os planos feitos, permitindo ver a diferença de posição dos modelos individualizados dos dois tempos.

3.6.4 Combinando T1 e T2

Na quinta etapa, os modelos inicial e final de cada dente foram combinados, permitindo que as medições pudessem ser realizadas. Isso teve que ser feito pois não é possível medir os ângulos entre os planos de 2 objetos diferentes, então foi necessário transformar os modelos Inicial e Final em um único objeto (Figura 6), com seus respectivos planos. Isso foi feito através da ferramenta “**Polígonos > Combinar**”.

Figura 6 - Modelo Inicial e Final do elemento 11, combinados para avaliação dos resultados

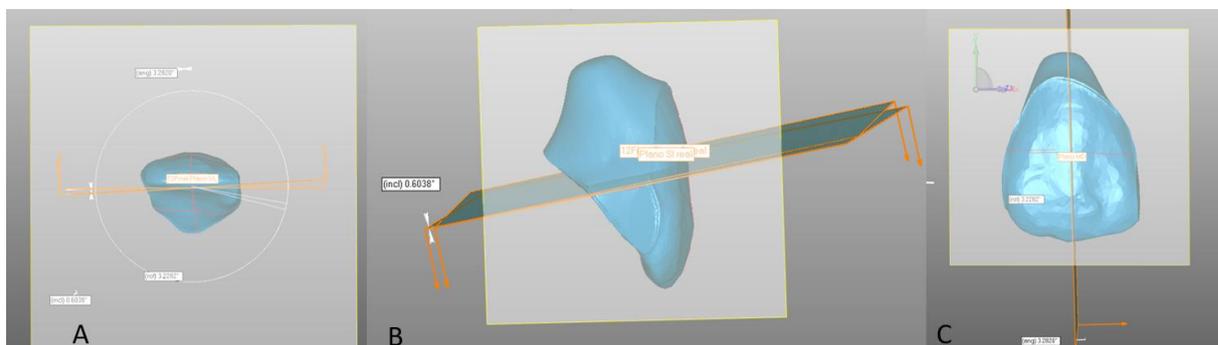


Legenda: Em A - vista frontal, B - vista lateral, C - vista posterior e D - vista oclusal.

Fonte: O autor, 2023.

Por fim, na sexta e última etapa foi realizada a análise quantitativa angular dos movimentos. Para cada movimento (Angulação, Rotação e Inclinação) foi medido o ângulo entre um determinado plano nos modelos Inicial e Final. Assim, foram medidos os ângulos formados entre: os planos MD Inicial e Final para avaliar a Angulação; os planos VL Inicial e Final para avaliar a Rotação; e os planos SI Inicial e Final para avaliar a Inclinação.

Figura 7 - Aferição dos Resultados.



Legenda: Em A, aferição da rotação com o plano VL inicial e final (plano de referência SI); Em B, aferição da inclinação com o plano SI inicial e final (plano de referência MD) e Em C, aferição da angulação com o plano MD inicial e final (plano de referência VL)

Fonte: O autor, 2023.

Além disso, em cada movimento analisado foi definido um plano para projeção dos planos que foram avaliados, permitindo a mensuração angular entre eles (Tabela 1). Para isso, foi utilizada a ferramenta “**Análise > Dimensões 3D > Dimensões 3D**” e na área dos modelos foram selecionados os planos utilizados para mensurar a angulação entre os planos.

Tabela 1- Descrição dos movimentos e os respectivos planos para sua avaliação.

Legenda: MD* mesiodistal; VL* vestibulolingual; SIreal Superior/inferior real.

Movimento avaliado	Plano de avaliação	Referência para projeção
Angulação	Plano MD	Plano VL
Rotação	Plano VL	Plano SIreal
Inclinação	Plano SIreal	Plano MD

3.7 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o programa *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS®) para Windows, versão 23.0 (IBM, Armonk, Nova Iorque, EUA). Cada movimento dentário foi avaliado separadamente. Em seguida, os dentes foram agrupados com seu contralateral, para reduzir o número de variáveis. Foram formados 18 grupos, de acordo com o dente e o tipo de movimento analisados: 1- incisivos centrais superiores angulação (ICSA); 2- incisivos centrais superiores

rotação (ICSR); 3- incisivos centrais superiores Inclinação (ICSI); 4- Incisivos laterais superiores angulação (ILSA); 5- incisivos laterais superiores rotação (ILSR); 6- incisivos laterais superiores Inclinação (ILSI); 7- caninos superiores angulação (CSA); 8- caninos superiores rotação (CSR); 9 - caninos superiores inclinação (CSI); 10- incisivos centrais inferiores angulação (ICIA); 11- incisivos centrais inferiores rotação (ICIR); 12- incisivos centrais inferiores inclinação (ICII); 13- incisivos laterais inferiores angulação (ILIA); 14- incisivos laterais inferiores rotação (ILIR); 15 - incisivos laterais inferiores inclinação (ILII); 16- caninos inferiores angulação (CIA); 17- caninos inferiores rotação (CIR); 18- caninos inferiores inclinação (CII).

A direção do movimento não foi considerada, não houve distinção entre deslocamentos labiais e linguais, bem como rotações no sentido horário e anti-horário.

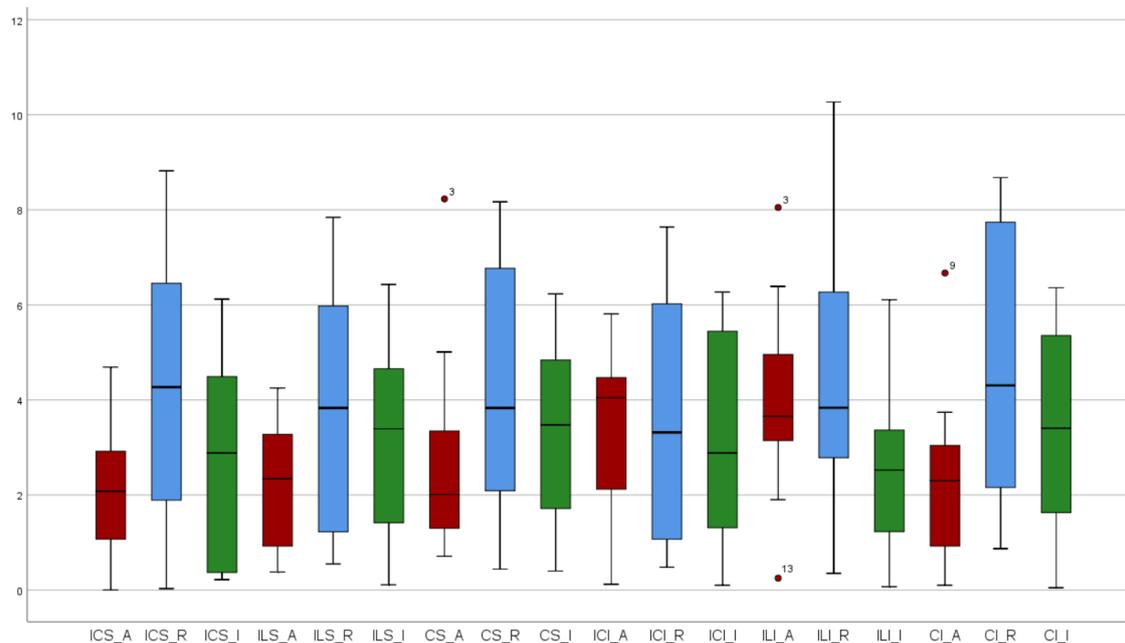
Foi realizado o teste de Normalidade da amostra utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Foi realizada análise descritiva dos dados e o teste de Kruskal-Wallis com correção de Bonferroni, para avaliar se havia diferença estatisticamente significativa entre os resultados. Por fim, foi realizada a comparação por pares para verificar em quais grupos de dentes havia diferença significativa.

4 RESULTADOS

4.1 Validação da metodologia

Como resultado da validação da metodologia, observou-se que um grupo de dentes apresentou boa concordância, com nenhuma das diferenças médias maior que 0,53, e a maioria inferior a 0,38. A angulação apresentou o maior IC, seguida pela inclinação e rotação. O limite de concordância de 95% mostrou concordância geral boa, com diferença menor que 5 graus (Figura 8). A angulação apresentou os maiores valores, seguida da rotação e inclinação. De todas as análises de angulação, canino superior e incisivo lateral inferior foram os dentes com menos concordância neste movimento, seguidos de incisivo lateral superior. Nas análises de rotação, os dentes com melhor concordância foram os caninos superiores. Nas análises de inclinação, todos os limites foram menores do que 5 graus. Todas as medianas se encontram abaixo de 5 graus. A inclinação foi o movimento com melhor concordância, seguido pela rotação, e, por fim, a angulação. Dessa forma, o método proposto mostrou-se reprodutível e preciso em medidas tridimensionais para movimentos angulares de inclinação, rotação e angulação.

Figura 8 - Resultados da Validação da Metodologia



Legenda: Incisivo Central Superior (ICS); Incisivo Lateral Superior (ILS); Canino Superior (CS); Incisivo Central Inferior (ICI); Incisivo Lateral Inferior (ILI); Canino Inferior (CI); Angulação(A); Rotação(R); Inclinação(I). Em vermelho os resultados da angulação, azul da rotação e em verde da inclinação.

Fonte: O autor, 2023.

4.2 Aplicação da metodologia

O cálculo amostral determinou a necessidade de 18 dentes por grupo de movimentação. Este valor foi alcançado em todos os grupos. Inicialmente foram selecionados 30 pacientes, dos quais 26 tiveram sua arcada superior avaliada, e 21 a arcada inferior. Previamente à realização das análises, um paciente foi excluído devido à inclusão da movimentação de molares. Outro, por apresentar contração no modelo final. Um modelo inferior foi excluído por apresentar contenção fixa e o tratamento da arcada superior de um paciente foi excluído, pois o mesmo realizou restaurações para o escaneamento final. Dessa forma, a amostra foi composta por um total de 28 pacientes.

Foi verificado que a amostra não apresentava variáveis com distribuição normal. Realizou-se então testes estatísticos não paramétricos. Foram calculados as medianas, os desvios interquartílicos e os valores máximos e mínimos. Pode-se

observar que a mediana da discrepância entre o movimento planejado e o obtido de cada grupo, para angulação na arcada superior variou de 5,01° a 7,30° e na arcada inferior de 5,12° a 6,32°. Para rotação na arcada superior, de 4,38° a 5,27° e na inferior de 5,15° a 5,66°. Para inclinação na arcada superior, de 1,98° a 2,55° e na inferior de 1,97° a 3,40° (Figura 9 e Figura 10).

Figura 9 - Mediana da discrepância entre o movimento planejado e o obtido para cada grupo de dentes superiores.

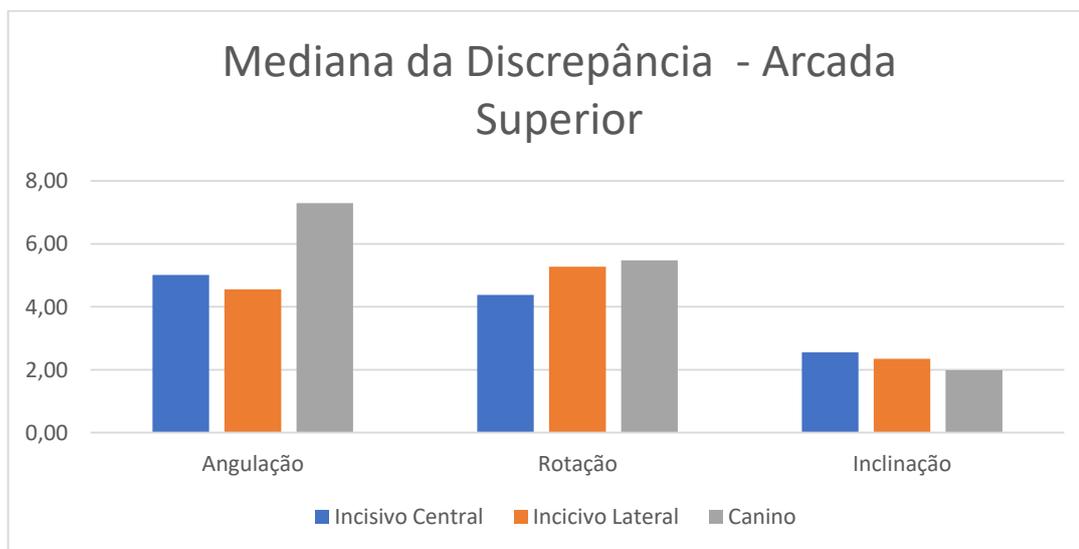
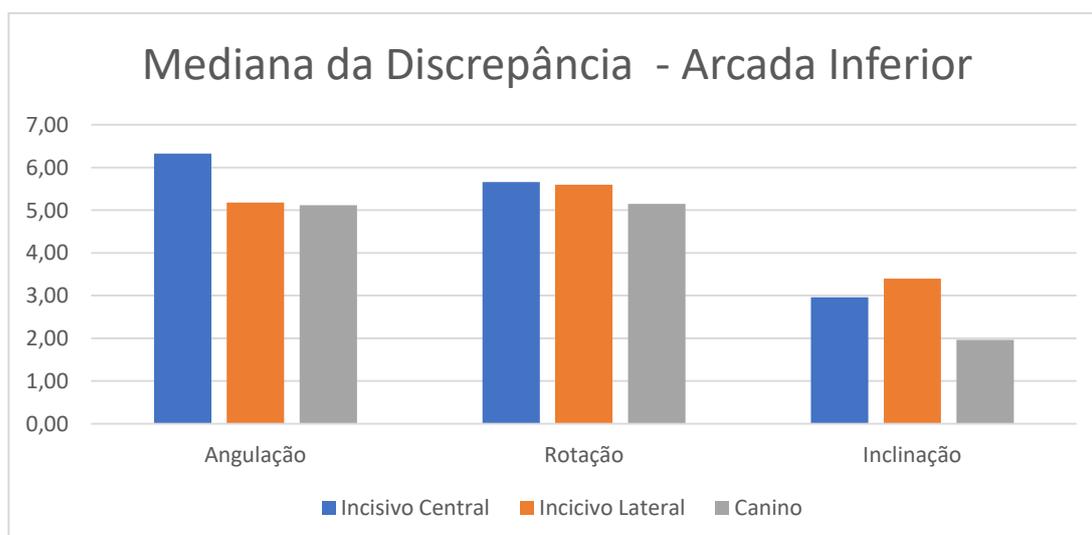


Figura 10 - Mediana da discrepância entre o movimento planejado e o obtido para cada grupo de dentes inferiores.



Na Tabela 2 pode-se analisar a média, a mediana, os valores mínimo e máximo dos movimentos planejados para cada grupo de dentes.

Tabela 2 - Análise descritiva dos valores planejados no *software OrthoAnalyzer*.

Movimento	Arcada	Dente	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Angulação	Superior	Incisivo central	2,6	2,0	0,2	7,2
		Incisivo lateral	0,7	0,9	0,2	1,0
		Canino	0,6	0,6	0,5	0,6
	Inferior	Incisivo central	1,9	1,2	0,1	5,0
		Incisivo lateral	4,8	4,8	4	5,6
		Canino	1,2	1,2	0,1	2,4
Rotação	Superior	Incisivo central	7,4	6,9	1,3	19,1
		Incisivo lateral	9,1	8,5	0,2	21
		Canino	9,1	7,7	0,7	27,5
	Inferior	Incisivo central	8,9	7,6	0,8	30,0
		Incisivo lateral	10,9	9,3	1	30
		Canino	9,6	9,9	0,8	25
inclinação	Superior	Incisivo central	3,2	2,6	0,1	10
		Incisivo lateral	3,4	2,4	0,5	11,0
		Canino	2,1	1,8	0,1	5
	Inferior	Incisivo central	3,7	3,9	0,1	8,0
		Incisivo lateral	2,9	2	0,2	7,2
		Canino	3,2	2,3	1,0	7,0

Utilizou-se o teste de Kuskal-Wallis com correção de Bonferroni, para verificar se havia diferença entre as discrepâncias de rotação, inclinação e rotação. Pôde-se observar que houve diferença estatisticamente significativa entre as discrepâncias (Tabela 3) dos diferentes movimentos realizados (planejado *versus* obtido).

Tabela 3 - Medianas, desvios interquartil e resultado do teste de Kruskal Wallis com o poder de cada comparação para todos os movimentos.

Discrepância Total (Planejado vs resultado obtido)			
Parâmetros	Angulação	Rotação	Inclinação
Mediana	5,18	5,03	2,44
Desvio interquartil	5,53	5,09	2,67
N	169	212	247
Teste t, (p-valor)	<0.001		

Legenda: N* número de dentes

A correção de Bonferroni permitiu identificar as diferenças das discrepâncias entre os diferentes movimentos realizados par a par. Observou-se diferença estatisticamente significativa entre a inclinação com a angulação ($p < 0,001$) e inclinação e rotação ($p < 0,001$) (Tabela 4), sem diferença quando se compara a angulação com a rotação.

Tabela 4 - Comparação par a par (planejado vs resultado obtido).

	Comparação par a par (planejado versus resultado obtido)	
	erro padrão	p-valor ajustado
Inclinação - Rotação	16,98	<0.001
Inclinação - Angulação	18,12	<0.001
Angulação - Rotação	18,71	1

O teste de Kruskal-Wallis com correção de Bonferroni também foi realizado para comparação entre os 18 grupos de dentes com as respectivas movimentações: incisivos centrais superiores angulação (ICSA), incisivos centrais superiores rotação (ICSR), incisivos centrais superiores inclinação (ICSI), incisivos laterais superiores angulação (ILSA), incisivos laterais superiores rotação (ILSR), incisivos laterais superiores Inclinação (ILSI), caninos superiores angulação (CSA), caninos superiores rotação (CSR), caninos superiores inclinação (CSI), incisivos centrais inferiores angulação (ICIA), incisivos centrais inferiores rotação (ICIR), incisivos centrais inferiores inclinação (ICII), incisivos laterais inferiores angulação (ILIA), incisivos laterais inferiores rotação (ILIR), incisivos laterais inferiores inclinação (ILII), caninos inferiores angulação (CIA), caninos inferiores rotação (CIR), caninos

inferiores inclinação (CII). Pôde-se observar que há diferença significativa entre os grupos (Tabela 5).

Tabela 5 - Medianas, desvios interquartil e resultado do teste de Kruskal Wallis com o poder de cada comparação para todos os movimentos.

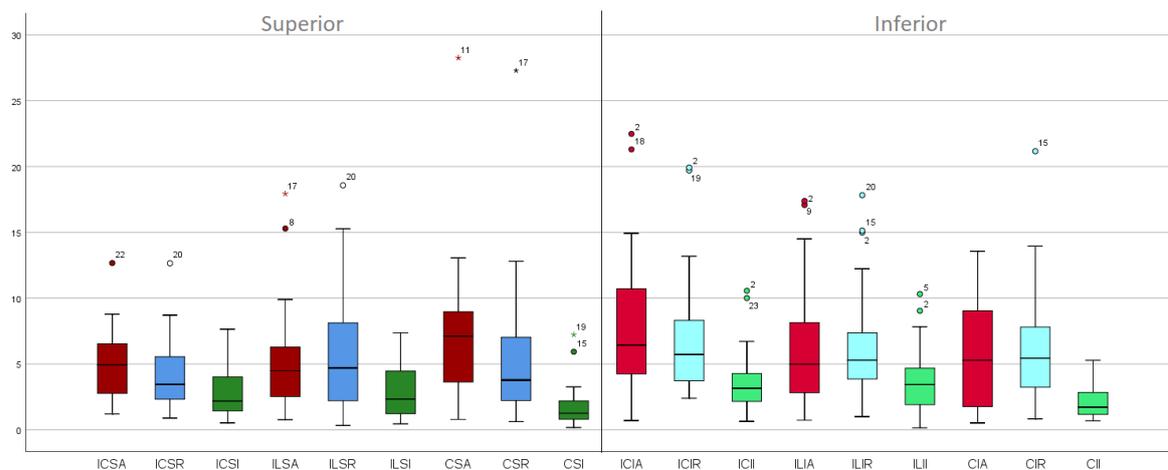
Discrepância Total (Planejado versus resultado obtido) por grupo de dentes				
Parâmetros	Mediana	Desvio interquartil	N	Teste t, (p-valor)
ICSA	4,93	4,33	35	<0.001
ICSR	3,45	3,4	39	<0.001
ICSI	2,18	2,72	46	<0.001
ILSA	4,5	4,75	32	<0.001
ILSR	4,7	7,01	39	<0.001
ILSI	2,33	3,34	44	<0.001
CSA	7,11	5,71	27	<0.001
CSR	3,77	6,12	38	<0.001
CSI	1,26	1,65	44	<0.001
ICIA	6,43	6,75	28	<0.001
ICIR	5,66	4,32	32	<0.001
ICII	3,15	2,32	41	<0.001
ILIA	4,98	6,09	24	<0.001
ILIR	5,29	4,1	33	<0.001
ILII	3,44	3,27	37	<0.001
CIA	5,28	7,89	23	<0.001
CIR	5,44	5,3	31	<0.001
CII	1,72	1,78	35	<0.001

Legenda: N* número de dentes.

Na Figura 11, pode-se observar os resultados obtidos para cada grupo de dentes com as diferentes movimentações.

A comparação por pares foi realizada para identificar entre quais grupos há diferença. Na Tabela 6, pode-se observar os resultados que apresentaram diferença estatisticamente significativa quando comparados.

Figura 11 - Box plot com o resultado de todos os grupos de dentes.



Legenda: Cores mais escuras representam arcada superior e mais claras representam a arcada inferior. Em vermelho angulação, azul rotação e verde inclinação

Tabela 6 - Resultados das comparações par a par dos grupos dentários que mostraram diferença estatisticamente significativa – Correção Bonferroni

Grupo de dentes comparados	Erro padrão	p-valor ajustado
ICSI-CIR	42,160	0,008
ICSI-CSA	43,986	0,001
ICSI-CSR	39,772	0,005
ICSI-ICIA	43,488	0,000
ICSI-ICIR	41,764	0,001
ICSI-ILIR	41,390	0,000
ICSI-ILSR	39,492	0,002
ILSI-CIR	42,544	0,024
ILSI-CSA	44,354	0,002
ILSI-CSR	40,179	0,018
ILSI-ICIA	43,861	0,001
ILSI-ICIR	42,152	0,005
ILSI-ILIR	41,781	0,001
ILSI-ILSR	39,902	0,008
CSI-CIR	42,544	0,007
CSI-CSA	44,354	0,001
CSI-CSR	40,179	0,005
CSI-ICIA	43,861	0,000
CSI-ICIR	42,152	0,001
CSI-ICSA	41,093	0,049
CSI-ILIR	41,781	0,000
CSI-ILSA	42,152	0,044
CSI-ILSR	39,902	0,002
ICII-CSA	44,967	0,033
ICII-ICIA	44,480	0,016
ICII-ILIR	42,431	0,025
CII-CIR	44,748	0,002
CII-CSA	46,472	0,000
CII-CSR	42,506	0,002
CII-ICIA	46,001	0,000
CII-ICIR	44,375	0,000
CII-ICSA	43,370	0,016
CII-ILIA	48,084	0,017
CII-ILIR	44,023	0,000
CII-ILSA	44,375	0,015
CII-ILSR	42,244	0,001

5 DISCUSSÃO

Sabe-se que diferenças nas propriedades do material dos alinhadores, espessura, processo de produção, precisão do modelo e posição da margem do alinhador têm efeito nos níveis de força e previsibilidade dos movimentos. Por conta disso, diferentes resultados podem ser esperados quando se avalia sistemas distintos de alinhadores. Somado a isso, pode-se observar que atualizações nas tecnologias de alinhadores transparentes, como “*precision cuts*” (cortes no alinhadores que permitem a inserção de elásticos intraorais), “*bite ramps*” (rampas de mordida incorporadas na região anterior do alinhador superior, para permitir desocclusão posterior) e *attachments* otimizados (dispositivos de retenção confeccionados sob medida para a largura, longo eixo e contorno de cada dente), possivelmente resultam em maior precisão para o movimento dentário^{36,43,44}.

Dessa forma, o presente estudo torna-se relevante visto que a maioria dos estudos disponíveis na literatura avaliaram apenas o alinhador *Invisalign*[®] da fabricante *Align Technology*[®]. Mais estudos que avaliem os alinhadores transparentes de fabricantes brasileiras permitiriam aos ortodontistas que possuem consultório no Brasil, a opção de utilizar com mais segurança um produto nacional com menor custo de produção, um prazo mais curto para entrega ao consultório, além de estimular o mercado interno do país^{17,24}.

Além disso, cada vez mais os profissionais buscam independência das empresas de alinhadores, buscando assim a produção de seus próprios alinhadores “*in office*”. Dessa forma, este estudo vem mostrar os resultados esperados através de uma marca de alinhadores brasileira que utiliza um *software* de planejamento virtual conhecido e disponível para compra por qualquer profissional, além de ser uma empresa que segue uma linha de movimentação e utilização de *attachments* descrito na literatura³⁶.

Para realização do cálculo amostral deste estudo, utilizou-se a diferença mínima a ser detectada de 2 graus. Esse valor foi escolhido utilizando-se como referência o estudo de Grunheid e colaboradores³⁹, que definiu que diferenças maiores que 0,5 mm para medições lineares e dois graus para medições angulares seriam consideradas clinicamente relevantes, utilizando esses valores também em seu trabalho.

A revisão sistemática publicada por Koletsi e colaboradores²⁵, com o intuito de avaliar a previsibilidade de movimentos rotacionais realizados com alinhadores, evidenciou que além da previsibilidade para rotação em dentes anteriores ser baixa, não existe evidência científica forte o suficiente para corroborar esta afirmação, evidenciando a necessidade de mais estudos. No presente estudo, pôde-se observar que a discrepância média entre o que havia sido planejado e o resultado obtido para rotação foi de 6,07° com uma média dos movimentos planejados de 9,07°. Observa-se que a discrepância está muito próxima dos valores planejados, indicando uma baixa previsibilidade.

Quando se compara o movimento de rotação entre os grupos de dente avaliados neste estudo, observa-se que o incisivo central superior foi o grupo que apresentou a menor discrepância média (entre o que foi planejado e o que foi obtido com os alinhadores), seguido do incisivo central inferior. O estudo de Kravitz e colaboradores⁹ também encontrou um valor maior de previsibilidade para o movimento de rotação em incisivo central superior (54,2%) quando comparado a previsibilidade do incisivo lateral superior (43,4%). Já para o mesmo movimento em caninos superiores e inferiores o autor observou precisões baixas, 32,2% e 29,1% respectivamente, quando comparadas aos incisivos.

Já a revisão sistemática publicada em 2021 por Koletsi e colaboradores²⁵ sugeriu que os incisivos inferiores apresentam maior precisão percentual para o movimento rotacional. Entretanto, o autor ponderou que os estudos avaliados apresentaram evidências de qualidade de baixa a moderada.

Em relação ao movimento de inclinação, o presente estudo sugere que este foi o movimento que apresentou a menor discrepância média entre o que foi planejado e o que foi obtido após a utilização dos alinhadores (1,98° a 2,55° na arcada superior e 1,97° a 3,40° na inferior, com uma média de movimentação de 4,91°). Esse dado também foi detectado no estudo de Haouili e colaboradores²⁷ que demonstrou que a inclinação é um dos movimentos mais previsíveis realizados com alinhadores transparentes *Invisalign*[®].

Para angulação, o estudo de Kravitz e colaboradores⁹ demonstrou que a maior precisão foi alcançada pelos incisivos laterais inferiores (48,6%) e superiores (43,1%) seguidos dos incisivos centrais inferiores (39,6%) e superiores (38,6%) e por fim dos caninos superiores (35,5%) e inferiores que tiveram a menor precisão (26,9%) para o movimento de angulação. A angulação dos caninos (26,9%) também

foi considerada particularmente baixa em precisão⁹. No presente estudo, a discrepância média entre o planejado e o real obtido para o movimento de angulação, obteve melhores resultados para o incisivo central superior (5,04° com uma média de movimentação de 2,6°), seguido do canino inferior (5,63° com uma média de movimentação de 3,4°) e incisivo lateral superior (6,03° com uma movimentação com uma média de movimentação de 7,4°)

Os alinhadores movem os dentes através de pressão, ao invés de tensão/tração, como nos aparelhos fixos convencionais⁴⁵. Dessa forma, quanto maior a área de contato o alinhador tiver para pressionar o dente, mais previsível será a movimentação proposta. Assim, sugere-se que a inclinação apresenta maior previsibilidade devido as faces vestibular e palatina, nas quais a força deve ser aplicada para a execução do movimento de inclinação, serem maiores. Para o movimento de angulação mésiodistal, a aplicação da força incidir na interproximal. Além da área menor dessa face dentária, o contato interproximal entre os dentes adjacentes geram a necessidade de *attachments* para a aplicação da força e aumento da previsibilidade. Nesta amostra, foram utilizados os *attachments* sugeridos pela empresa, e foram excluídos os casos no qual o dentista ou paciente se recusou a utilizar o protocolo sugerido.

Com relação ao recorte do alinhador, o trabalho de Gao e colaboradores³⁴ observou que recortes localizados entre 3-4 mm acima da margem gengival obtiveram uma maior previsibilidade do movimento de inclinação quando comparado com alinhadores que apresentavam um recorte acima da margem gengival entre 0-1 mm. Os alinhadores da marca *Invisalign*[®] apresentam seu recorte ao nível da margem gengival. Os alinhadores produzidos pela marca brasileira avaliada neste estudo também utilizam seu recorte ao nível da margem gengival.

Com relação a espessura da placa utilizada para realização da movimentação o estudo de Gao e colaboradores³⁴ demonstrou que, para o movimento de inclinação vestibulo-lingual, a espessura de 0,75 mm foi significativamente superior aos movimentos produzidos pelo material de 0,5 mm de espessura e que não houve diferença entre a espessura do alinhador de 0,5 e 0,625 mm, nem entre os aparelhos de 0,625 e 0,75 mm. A marca avaliada neste estudo utilizou a espessura de 0,75 mm para confecção de seus alinhadores, o que pode ter influenciado positivamente nos resultados obtidos neste estudo.

Uma questão importante a ser comentada quando pensamos na eficácia do tratamento com alinhadores é a cooperação do paciente. O recomendado é que o aparelho seja utilizado de 20-22 horas por dia.³⁵ Por ser retrospectivo, o presente estudo não realizou um controle de colaboração do paciente. Para tentar minimizar esse viés, este estudo incluiu somente indivíduos adultos, com o objetivo de aumentar o potencial de colaboração do paciente.

A satisfação do paciente com o resultado final do tratamento deveria ser considerada em um estudo prospectivo. Entender as expectativas do paciente e conseguir atingi-las é fundamental para o sucesso independente do grau de discrepância quantitativo do erro entre o que foi planejado e o que foi obtido.

Outra questão importante a ser comentada é que os modelos analisados neste estudo foram provenientes de casos no qual o refinamento foi solicitado. Dessa forma, é esperado que resultados menos satisfatórios tenham sido observados, visto que todos os planejamentos da amostra não alcançaram clinicamente o que havia sido simulado inicialmente no *software*. A amostra foi selecionada desta forma devido à dificuldade de obtenção de modelos virtuais finais pós-tratamento.

Além disso, por ser um estudo retrospectivo, podem ter sido planejadas movimentações conjugadas, envolvendo mais de um tipo de movimento para cada dente, o que influencia no resultado individual de cada movimentação planejada. Associado a isso, também podem ter sido planejadas movimentações em dentes adjacentes o que, por ação e reação, pode ter influenciado nos resultados obtidos neste estudo. Apesar de ser um viés para os resultados, as duas situações simulam o que ocorre normalmente quando um tratamento com alinhadores transparentes é solicitado. Dificilmente uma única movimentação em dentes que não sejam adjacentes será solicitada.

As sobrecorreções não foram controladas neste estudo. Apesar de muitos clínicos solicitarem sobrecorreções por saber que isso aumenta a previsibilidade dos movimentos, não houve um controle dos casos nas quais essa sobrecorreção foi solicitada. Porém, foi avaliada a posição final prevista do dente comparando-a com o posicionamento inicial. Portanto, mesmo movimentos com baixa precisão podem ter alcançado a posição desejada do dente.

Com relação à metodologia de avaliação, apesar de muitos trabalhos terem se proposto a estudar e avaliar os resultados obtidos com alinhadores, a maioria

utiliza uma metodologia linear que realiza marcação de pontos, possibilitando erros do operador, além de subestimar os resultados possíveis de uma avaliação tridimensional^{12,13,15,46,47}. Dessa forma, uma análise tridimensional para cada dente, que avalie o ângulo diedro resultante das movimentações dentárias tornou-se necessária e por isso, um método de avaliação tridimensional foi validado e utilizado neste estudo.

Este estudo utilizou os molares que não foram movimentados como elementos fixos para realização da sobreposição e posterior avaliação dos resultados. Apesar de diversos estudos terem realizado as análises dessa forma^{9,35,48}, sabe-se que as rugas palatinas seriam as estruturas ideais para esta sobreposição⁴⁹ e avaliação, por serem estruturas fixas que não sofrem movimentação apesar de movimentações dentárias. Porém, muitas vezes os escaneamentos intraorais dos pacientes são realizados sem as rugas, e utilizar uma metodologia que dependesse das mesmas seria um fator limitante tanto para o tamanho amostral, quanto para a comparação deste estudo com estudos futuros.

Uma opção às rugas, seria a utilização de TCFC para a avaliação, o que permite uma sobreposição mais confiável em estruturas ósseas²⁸ que não sofrem modificação. Porém, deve-se considerar a dificuldade de se obter uma amostra de pacientes tratados com alinhadores, na qual seja solicitado o exame tomográfico inicial e final para a avaliação, principalmente por questões éticas, visto que a TCFC envolve doses de radiação X.

Como desvantagem, pode-se citar que a utilização dos molares como estruturas para sobreposição limita a avaliação de casos nos quais os molares foram movimentados. Isso se torna um problema, visto que cada vez mais, casos complexos vêm sendo tratados com alinhadores transparentes e a avaliação desses resultados se torna necessária para a compreensão e avaliação dos resultados.

Apesar desta metodologia ser necessária e avaliar de forma tridimensional cada dente, o tempo necessário para sua conclusão é alto (cerca de 5 horas, por paciente, a depender da familiaridade do operador com o processo e com o *software*). Assim, o possível desenvolvimento de um *software* automatizado, o qual possibilite a realização de algumas etapas dessa metodologia de forma automática se faz necessário para que sua utilização se torne presente na prática clínica.

Sabe-se que “*Machine learning*” é um ramo da inteligência artificial que revela padrões nos dados de forma automática e, posteriormente, aplica os mesmos

padrões detectados para previsões futura de dados e/ou tomada de decisão. Apesar de estar iniciando na Odontologia, e em especial na Ortodontia, observa-se um grande potencial para sua utilização, além de alguns estudos já estarem associando a inteligência artificial a avaliação de resultados nesta área. O estudo de Liu e colaboradores⁵⁰ publicado em 2021 explorou as possibilidades da aplicação da inteligência artificial em Odontologia, demonstrando aplicações que já estão sendo utilizadas e tentando prever aplicações futuras diante das possibilidades desta tecnologia. O estudo de Chen e colaboradores⁵¹, por exemplo, utilizou “*Machine learning*” para segmentação automática da maxila, mostrando como essa tecnologia pode otimizar a avaliação. Dessa forma, espera-se que este trabalho possa auxiliar e servir como parâmetro inicial para desenvolvimento de *softwares* automatizados.

Por fim, diante da crescente utilização de alinhadores transparentes, da perspectiva de aumento deste tipo de tratamento para os próximos anos e da carência de estudos que utilizem alinhadores brasileiros, sugere-se a realização de mais ensaios clínicos randomizados, pesquisas prospectivas e revisões sistemáticas para avaliação dos resultados obtidos através de alinhadores produzidos por fabricantes brasileiros.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que:

- Existe grande variação em relação à eficácia do tratamento com alinhadores de marca brasileira nos movimentos de angulação, inclinação e rotação;
- A metodologia utilizada neste estudo foi validada e possui boa confiabilidade, podendo ser utilizada em outros estudos;
- A inclinação foi o movimento que apresentou melhores resultados com relação a previsibilidade;
- Para o movimento de angulação, melhores resultados foram obtidos com o incisivo lateral superior (4,56), incisivo central superior (5,01), canino inferior (5,12), incisivo lateral inferior (5,18), incisivo central inferior (6,32), canino superior (7,30), respectivamente.
- Para o movimento de inclinação, melhores resultados foram obtidos com o canino inferior (1,97), canino superior (1,98), incisivo lateral superior (2,35), incisivo central superior (2,55), incisivo central inferior (2,96) e incisivo lateral inferior (3,40), respectivamente.
- Para o movimento de rotação, melhores resultados foram obtidos com o incisivo central superior (4,38), canino inferior (5,15), incisivo lateral superior (5,27), canino superior (5,48), incisivo lateral inferior (5,60), e incisivo central inferior (5,66), respectivamente.
- Apesar da discrepância média ter sido alta entre o movimento planejado e obtido, o desvio-padrão apresentou uma ordem de grandeza similar, indicando que ocorreram resultados tanto positivos quanto negativos.

REFERÊNCIAS

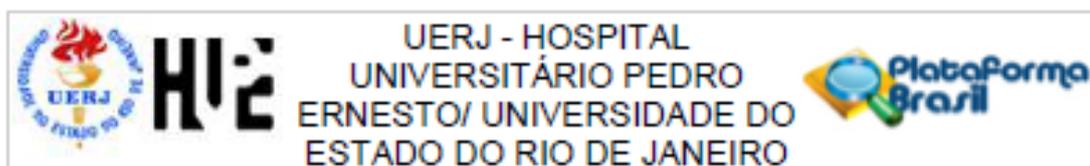
1. Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135(3):276-e1.
2. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: part I. *J Orthod*. 2004;31(1):62–70.
3. Wong BH. Invisalign a to z. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2002;121(5):540–1.
4. Boyd RL. Esthetic orthodontic treatment using the invisalign appliance for moderate to complex malocclusions. *J Dent Educ*. 2008;72(8):948–67.
5. Boyd RL. Surgical-orthodontic treatment of two skeletal Class III patients with Invisalign and fixed appliances. *J Clin Orthod JCO*. 2005;39(4):245.
6. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Treatment of anterior open bite with the Invisalign system. *J Clin Orthod*. 2010;44(8):501–7.
7. Bollen A-M, Cunha-Cruz J, Bakko DW, Huang GJ, Hujoel PP. The effects of orthodontic therapy on periodontal health: a systematic review of controlled evidence. *J Am Dent Assoc*. 2008;139(4):413–22.
8. Levrini L, Mangano A, Montanari P, Margherini S, Caprioglio A, Abbate GM. Periodontal health status in patients treated with the Invisalign® system and fixed orthodontic appliances: a 3 months clinical and microbiological evaluation. *Eur J Dent*. 2015;9(3):404.
9. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135(1):27–35.
10. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2018;154(1):47–54.
11. Hennessy J, Al-Awadhi EA. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *J Orthod*. 2016;43(1):68–76.
12. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005;128(3):292–8.
13. Clements KM, Bollen A-M, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: dental improvements. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2003;124(5):502–8.
14. Bollen A-M, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: ability to complete treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2003;124(5):496–501.
15. Kassas W, Al-Jewair T, Preston CB, Tabbaa S. Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO Model Grading System. *J World Fed Orthod*. 2013;2(2):e61–4.
16. Krieger E, Seiferth J, Saric I, Jung BA, Wehrbein H. Accuracy of invisalign® treatments in the anterior tooth region. *J Orofac Orthop der Kieferorthopädie*. 2011;72(2):141–9.
17. 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 Craniofacial Res.* 2020;23(2):133–42.
18. Arqub SA, Banankhah S, Sharma R, Godoy LDC, Kuo C-L, Ahmed M, et al. Association between initial complexity, frequency of refinements, treatment duration, and outcome in Invisalign orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2022;
 19. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Oral Surg.* 1945;31(6):297–304.
 20. Hennessy J, Al-Awadhi EA. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *J Orthod.* 2016;43(1):68–76.
 21. Kayatt FE. *Aplicação dos Sistemas CAD/CAM na Odontologia.* Elsevier Brasil; 2013.
 22. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Oral Surg.* 1945;31(6):297–304.
 23. Shi C, Feng Y, Hsiao Y-C, Smith J, Jin C, Farella M, et al. Clear aligners brands and marketing claims: An overview of available information on the web. *Australas Orthod J.* 2022;38(2):252–62.
 24. Lombardo L, Arreghini A, Ramina F, Ghislanzoni LTH, Siciliani G. Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. *Prog Orthod.* 2017;18(1):1–12.
 25. Koletsi D, Iliadi A, Eliades T. Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *J Orthod.* 2021;48(3):277–87.
 26. 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(1):1–7.
 27. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2020;158(3):420–5.
 28. Jiang T, Jiang Y-N, Chu F-T, Lu P-J, Tang G-H. A cone-beam computed tomographic study evaluating the efficacy of incisor movement with clear aligners: Assessment of incisor pure tipping, controlled tipping, translation, and torque. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2021;159(5):635–43.
 29. Vidal-Bernárdez M-L, Vilches-Arenas Á, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Solano-Mendoza B. Efficacy and predictability of maxillary and mandibular expansion with the Invisalign® system. *J Clin Exp Dent.* 2021;13(7):e669.
 30. Houle J-P, Piedade L, Todescan Jr R, Pinheiro FHSL. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod.* 2017;87(1):19–24.
 31. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthod.* 2020;90(1):23–30.
 32. Gaddam R, Freer E, Kerr B, Weir T. Reliability of torque expression by the Invisalign appliance: A retrospective study. *Australas Orthod J.* 2021;37(1):3–13.
 33. Bowman SJ. Improving the predictability of clear aligners. In: *Seminars in orthodontics.* Elsevier; 2017. bl 65–75.
 34. Gao L, Wichelhaus A. Forces and moments delivered by the PET-G aligner to a maxillary central incisor for palatal tipping and intrusion. *Angle Orthod.* 2017;87(4):534–41.
 35. Karras T, Singh M, Karkazis E, Liu D, Nimeri G, Ahuja B. Efficacy of Invisalign attachments: A retrospective study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*

- 2021;160(2):250–8.
36. Casagrande, Pelagio Maues C, Barreto LS da C, Marassi C, Nojima4 LI, Miguel JAM. Escolha de attachment para alinhadores “ in office ” Choosing attachment for “ in office ” aligners. *Orthoscience*. 2023;15(60):108–18.
 37. Alqahtani N, Preston B, Guan G. Perception of dental professionals and lay persons to altered mandibular incisors crowding. *J World Fed Orthod*. 2012;1(2):e61–5.
 38. Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod*. 1975;68(5):554–63.
 39. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *Angle Orthod*. 2017;87(6):809–15.
 40. Nett BC, Huang GJ. Long-term posttreatment changes measured by the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005;127(4):444–50.
 41. Huanca Ghislazoni LT, Lineberger M, Cevitanes LHS, Mapelli A, Sforza C, McNamara JA. Evaluation of tip and torque on virtual study models: a validation study. *Prog Orthod*. 2013;14:19.
 42. José Roberto Pereira Lauris, José Remo Brega, André Mattiuzzo RS. Cálculo Amostral - Universidade de Bauru [Internet]. [cited 05 Mei 2022]. Available at: http://estatistica.bauru.usp.br/calculoamostral/ta_diferenca_media_dependente.php
 43. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod*. 2022;11(1):12–21.
 44. Greco M, Rombolà A. Precision bite ramps and aligners: an elective choice for deep bite treatment. *J Orthod*. 2022;49(2):213–20.
 45. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod*. 2022;11(1):12–21.
 46. Al-Balaa M, Li H, Mohamed AMA, Xia L, Liu W, Chen Y, et al. Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2021;159(3):e275–80.
 47. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign®-Behandlungen im Frontzahnbereich: Wurden die vorhergesagten Zahnbewegungen erreicht? *J Orofac Orthop*. 2012;73(5):365–76.
 48. Sachdev S, Tantidhnazet S, Saengfai NN. Accuracy of tooth movement with in-house clear aligners. *J World Fed Orthod*. 2021;10(4):177–82.
 49. Miller RJ, Kuo E, Choi W. Validation of Align Technology’s Treat IITM digital model superimposition tool and its case application. *Orthod Craniofac Res*. 2003;6:143–9.
 50. Liu J, Chen Y, Li S, Zhao Z, Wu Z. Machine learning in orthodontics: Challenges and perspectives. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30(10):1065–74.
 51. Chen S, Wang L, Li G, Wu T-H, Diachina S, Tejera B, et al. Machine learning in orthodontics: Introducing a 3D auto-segmentation and auto-landmark finder of CBCT images to assess maxillary constriction in unilateral impacted canine patients. *Angle Orthod*. 2020;90(1):77–84.
 52. Pavoni C, Lione R, Laganà G, Cozza P. Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects. *Ann Stomatol (Roma)*. 2011;2(1–2):23–7.
 53. Hansa I, Katyal V, Ferguson DJ, Vaid N. Outcomes of clear aligner treatment with and without Dental Monitoring: A retrospective cohort study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2021;159(4):453–9.

54. Dai FF, Xu TM, Shu G. Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. *Angle Orthod.* 2019;89(5):679–87.
55. Tepedino M, Paoloni V, Cozza P, Chimenti C. Movement of anterior teeth using clear aligners: a three-dimensional, retrospective evaluation. *Prog Orthod.* 2018;19(1).
56. Vasilakos G, Schilling R, Halazonetis D, Gkantidis N. Assessment of different techniques for 3D superimposition of serial digital maxillary dental casts on palatal structures. *Sci Rep.* 2017;7(1):1–11.
57. Meier B, Wiemer KB, Miethke RR. Invisalign® - Ein Patientenprofil. Auswertung einer prospektiven Befragung. *J Orofac Orthop.* 2003;64(5):352–8.
58. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *Angle Orthod.* 2017;87(6):809–15.
59. 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):247–54.
60. Choi DS, Jeong YM, Jang I, Jost-Brinkmann PG, Cha BK. Accuracy and reliability of palatal superimposition of three-dimensional digital models. *Angle Orthod.* 2010;80(4):497–503.
61. Park TJ, Lee SH, Lee KS. A method for mandibular dental arch superimposition using 3D cone beam CT and orthodontic 3D digital model. *Korean J Orthod.* 2012;42(4):169–81.
62. Larson BE, Vaubel CJ, Grünheid T. Effectiveness of computer-assisted orthodontic treatment technology to achieve predicted outcomes. *Angle Orthod.* 2013;83(4):557–62.
63. Grauer D, Proffit WR. Accuracy in tooth positioning with a fully customized lingual orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;140(3):433–43.
64. Luu NS, Nikolcheva LG, Retrouvey JM, Flores-Mir C, El-Bialy T, Carey JP, et al. Linear measurements using virtual study models: A systematic review. *Angle Orthod.* 2012;82(6):1098–106.
65. R.Lee. Invisible orthodontics market: North American market remains solid, Chinese market grows rapidly, 3D Printing [Internet]. 2022 [cited 10 Desember 2022]. bl 46–7. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-report>
66. Bräscher A-K, Zuran D, Feldmann RE, Benrath J. Patient survey on Invisalign® treatment compare the SmartTrack® material to the previous aligner material. *J Orofac Orthop der Kieferorthopädie.* 2016;77(6):432–8.
67. Arqub SA, Banankhah S, Sharma R, Godoy LDC, Kuo C-L, Ahmed M, et al. Association between initial complexity, frequency of refinements, treatment duration, and outcome in Invisalign orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2022;162(3):e141–55.

ANEXO - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PREVISIBILIDADE DA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA EM DENTES ANTERIORES COM ALINHADORES TRANSPARENTES: UMA AVALIAÇÃO

Pesquisador: Caroline Pelagio Maués Casagrande

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 25310819.7.0000.5259

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia da UERJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.706.946

Apresentação do Projeto:

Transcrição editada do conteúdo registrado no protocolo e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil.

Estudo clínico retrospectivo, no qual uma amostra de conveniência será selecionada do banco de dados da empresa Smart Solutions 3d.

O termo de consentimento livre e esclarecido será enviado aos pacientes pré selecionados para que seja realizada a autorização da utilização das

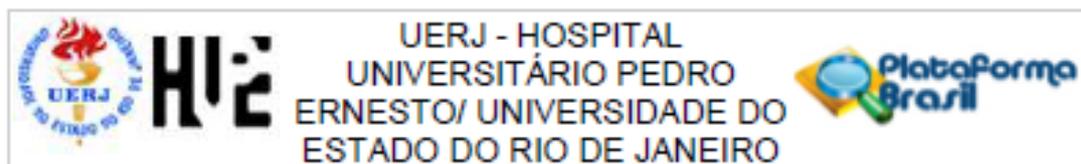
Informações referentes a: modelo virtual inicial, set up virtual, modelo virtual refinamento.

Serão selecionados pacientes tratados com alinhadores transparentes da marca que apresentem o arquivo STL do modelo inicial (T1), do

tratamento proposto realizado através de set up virtual produzido no software Ortho Analyser(T2-virtual), e o arquivo STL do resultado obtido após o

uso dos alinhadores e esteja necessitando de refinamento (T2-clínico). Serão avaliados casos em que o tratamento foi restrito aos dentes anteriores (caninos e incisivos) superiores e inferiores. Esses dentes serão comparados através da metodologia desenvolvida e validada.

Após a verificação da confiabilidade do método, serão mensuradas as rotações e translações nos 3 eixos do espaço entre T1 e T2-clínico para



Continuação do Parecer: 3.705.946

verificar a magnitude dos movimentos realizados e entre T2-virtual e T2-clínico para verificar a discrepância ocorrida entre o planejamento e o resultado obtido. Por fim os valores de magnitude de deslocamento (T1 - T2-clínico) serão correlacionados aos valores de discrepância do planejamento com o obtido (T2-virtual - T2-clínico) para investigar se movimentações mais expressivas estão sujeitas a maiores discrepâncias entre o objetivo planejado e o resultado obtido.

Objetivo da Pesquisa:

Transcrição editada do conteúdo registrado no protocolo e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil.

Objetivo Primário:

Avallar a acurácia dos alinhadores transparentes de marca nacional em realizar os movimentos de rotação, Inclinação, angulação, extrusão/intrusão, movimento mesio-distal e movimento vestibulo-lingual propostos no set up virtual.

Objetivo Secundário:

Validar uma metodologia de quantificação das rotações e translações dentárias individuais nos 3 eixos do espaço.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Prezado pesquisador: Caracteriza-se como risco direto para os participantes da pesquisa a possibilidade de desconforto ou constrangimento no momento do preenchimento dos questionários. Os pesquisadores devem se comprometer a minimizar os riscos ou desconfortos que possam vir a ser causados.

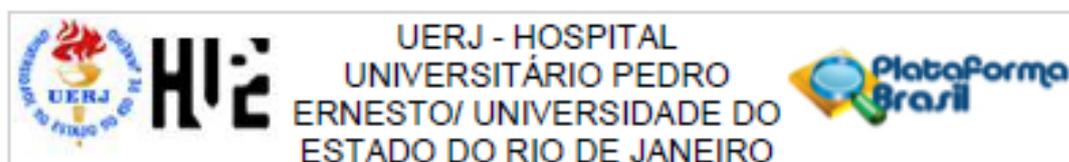
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Estudo clínico retrospectivo. A pesquisa está bem estruturada e o referencial teórico e metodológico estão explicitados, demonstrando aprofundamento e conhecimento necessários para sua realização. As referências estão adequadas e a pesquisa é exequível.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram analisados os seguintes documentos de apresentação obrigatória:

- 1) Folha de Rosto para pesquisa envolvendo seres humanos: Documento devidamente preenchido,



Continuação do Parecer: 3.705.946

datado e assinado

- 2) Projeto de Pesquisa: Adequado
- 3) Orçamento financeiro e fontes de financiamento: adequado/apresentado
- 4) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Adequado
- 5) Cronograma: Adequado
- 6) Documentos pertinentes à Inclusão do HUPE: Adequado
- 7) Currículo do pesquisador principal e demais colaboradores: anexados e conforme as normas.

Os documentos de apresentação obrigatória foram enviados a este Comitê, estando dentro das boas práticas e apresentando todos dados necessários para apreciação ética e tendo sido avaliadas as informações contidas na Plataforma Brasil e as mesmas se encontram dentro das normas vigentes e sem riscos iminentes aos participantes envolvidos de pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

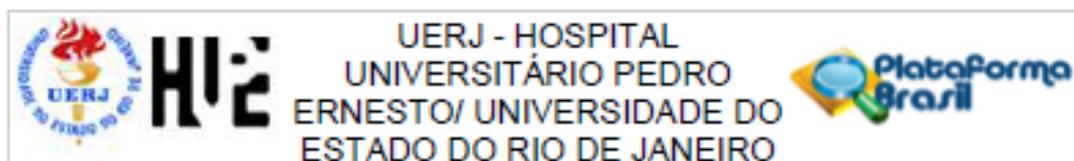
O projeto pode ser realizado da forma como está apresentado. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS nº466/2012, o projeto pode ser enquadrado na categoria – APROVADO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em consonância com a resolução CNS 466/12 e a Norma Operacional CNS 001/13, o CEP recomenda ao Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. Sª., que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) Meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1415394.pdf	21/08/2019 18:10:10		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	projetoπλαταформаBrasil.docx	21/08/2019 18:09:29	Caroline Pelagio Raick Maués	Aceito



Continuação do Parecer: 3.706.946

Investigador	projetoplatформаBrasil.docx	21/08/2019 18:09:29	Caroline Pelagio Raick Maués	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto1.pdf	19/08/2019 17:10:37	Caroline Pelagio Raick Maués	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	14/08/2019 21:09:41	Caroline Pelagio Raick Maués	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 14 de Novembro de 2019

Assinado por:
WILLE OIGMAN
(Coordenador(a))