



**UNESP - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Odontologia de Araraquara**



Fernando César Moreira

**Utilização da tecnologia CAD/CAM no planejamento e tratamento ortodôntico
de pacientes com má-oclusão de Classe I**

Araraquara

2020



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Fernando César Moreira

**Utilização da tecnologia CAD/CAM no planejamento e tratamento ortodôntico
de pacientes com má-oclusão de Classe I**

Tese apresentado à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia de Araraquara para obtenção do título de Doutor em Odontologia, na Área de Biologia Craniofacial e Biomateriais

Orientador: Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz

Coorientador: Prof. Dr. Helder Baldi Jacob

Araraquara

2020

Moreira, Fernando César

Utilização da tecnologia CAD / CAM no planejamento e tratamento ortodôntico de pacientes com má-oclusão de Classe I / Fernando César Moreira.-- Araraquara: [s.n.], 2020 101 f.; 30 cm.

Tese (Doutorado em Odontologia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz

Coorientador: Prof. Dr. Helder Baldi Jacob

1. Ortodontia corretiva 2. Projeto auxiliado por computador 3. Modelos dentários 4. Aparelhos ortodônticos fixos 5. Tecnologia odontológica I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley C. Chiusoli Montagnoli, CRB/5646

Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

Fernando César Moreira
Utilização da tecnologia CAD/CAM no planejamento e tratamento ortodôntico
de pacientes com má-oclusão de Classe I

Comissão julgadora

Tese de Doutorado para obtenção do título de Doutor em Odontologia na Área
de Biologia Crânio-Facial e Biomateriais

Presidente e orientador: Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz

2º Examinador: Prof. Dr. Antonio Carlos Guastaldi

3º Examinador: Prof. Dr. João Roberto Gonçalves

4º Examinador: Prof.^a Dr.^a Nadia Lunardi

5º Examinador: Prof. Dr. Fabio Lourenço Romano

Araraquara, 17 de março de 2020.

DADOS CURRICULARES

Fernando César Moreira

NASCIMENTO: 01/02/1969 – IBITINGA – SÃO PAULO

FILIAÇÃO JOSÉ CELSO MOREIRA
 ROSA CAMPITELI MOREIRA

1988/1991	Curso de Graduação em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAr/Unesp
2002/2004	Aperfeiçoamento em Ortodontia - APCD Regional de São Carlos
2009/2009	Capacitação em Implantodontia Prof. Dr. Elcio Marcantonio, Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAr/Unesp
2011/2013	Especialização em Ortodontia - Centro Universitário Herminio Ometto - Uniararas - Araras - SP
2011/2014	Mestrado em Odontologia - área de concentração Ortodontia - Centro Universitário Herminio Ometto - Uniararas - Araras - SP
2016/2019	Doutorado em Odontologia - área de concentração Biologia Cranio-facial e Biomateriais - Faculdade de Odontologia de Araraquara - FOAr/Unesp.

À Deus

Pela saúde e força para lidar com as dificuldades do dia-a-dia, e permitir que a espiritualidade superior me auxilie por meio de orientações em todas as decisões de minha vida.

Aos meus pais Prof. Dr. **José Celso Moreira** e **Rosa Campiteli Moreira** que infelizmente terminaram sua jornada precocemente sob a nossa visão egoísta e materialista, mas sob a luz da divindade, cumpriram honrosamente com todas as tarefas designadas pelo pai eterno. Este estudo foi realizado a partir da base sólida de todos os ensinamentos que pude aprender enquanto convivemos juntos. O amor é eterno, sinto a presença de seus espíritos iluminados, que continuam a me auxiliar nos momentos difíceis me orientando em minha caminhada.

Dedico este estudo aos meus familiares, aos meus irmãos **José Ricardo** e **Fabiana** que sempre torceram e apoiaram para o meu sucesso e crescimento profissional. Dedico este trabalho especialmente ao meu filho **Fernando** e ao **Nicolas**, à minha esposa **Ana Paula**, que sem o apoio deles, colaboração e paciência nos momentos de ausência no lar, me apoiaram desde o início em nossos projetos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. **Luis Geraldo Vaz**, pela oportunidade e crédito que me foi concedido, sem o qual não seria possível alcançar este sonho que se tornou realidade. A nossa convivência durante estes anos possibilitou momentos de alegria e muito aprendizado, contribuiu para o meu crescimento moral e intelectual. É por esta razão que com muito orgulho e gratidão e oportunidade que me foi concedida, devolvo para a sociedade os frutos deste investimento que fizemos jus com muita dedicação e seriedade.

Ao Prof. Dr. **Helder Baldi Jacob**, coorientador desta tese de doutorado, amigo desde a época de graduação, não tenho palavras para expressar o quanto a sua dedicação, competência e seriedade foi importante para o meu amadurecimento acadêmico. A cada reunião, um direcionamento, do corte grosseiro ao aparamento das arestas, assim cada trabalho foi sendo moldado até a publicação final. Meu sincero muito obrigado, os seus ensinamentos serão levados comigo durante a minha carreira acadêmica.

Ao Prof. Dr. **Antonio Carlos Guastaldi**, a minha gratidão, pela amizade, incentivo, conselhos e dedicação na coordenação brilhante de nossas pesquisas, tenho o privilégio de a cada reunião, sempre um novo aprendizado, que levarei para toda a minha vida.

À minha esposa Dr.^a **Ana Paula Soares**, espírito incansável cuja força deu suporte aos atendimentos clínicos aos pacientes e apoio que possibilitou a execução deste estudo.

Aos colegas e amigos da pós-graduação, especialmente aos amigos orientados pelo Prof. Geraldo, **Plinio Sciasci**, **Bárbara Araújo dos Reis**, **Luís Carlos Leal Santana** e **Fernando P. Semeghini Guastaldi**. Enfim, foram tantos que passaram pela minha vida, do Oiapoque ao Chuí, e os estrangeiros, cheguei a arriscar um espanhol. Obrigado amigos, a amizade e as lembranças levamos para sempre em nossos corações.

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológico e Prótese, à funcionaria **Marta Almeida de Ponte**, por atender a todas as nossas solicitações quando foi solicitado.

Ao Departamento de Clínica Infantil, especialmente ao Prof. Dr. **Ary dos Santos Pinto** e Prof. Dr. **João Roberto Gonçalves**, pela amizade e auxílio em sugestões em nosso trabalho e por permitir o uso do escâner e das instalações do laboratório de Ortodontia.

À empresa **Aditek do Brasil** pelo suporte financeiro e doação dos materiais utilizados neste estudo, meu agradecimento em especial ao Dr. **Alexandre Gallo Lopes** e **Eduardo Lopes**, diretor Presidente da Aditek, pela amizade, parceria, suporte técnico na viabilização deste projeto.

À **Faculdade de Odontologia de Araraquara** da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, representada pela digníssima diretora Prof^a. Dr^a. **Elaine Maria Sgavioli Massucato** e pelo vice-diretor Prof. Dr. **Edson Alves de Campos**, pela oportunidade de retornar à esta renomada Universidade para o meu doutoramento.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia**, área de Biologia Crânio-Facial e Biomateriais, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, representado pelo Prof. Dr. **Joni Augusto Cirelli** pela oportunidade e conclusão do curso de Pós-Graduação em nível de Doutorado.

Ao CNPQ:

O presente trabalho foi realizado com o apoio financeiro concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – cota do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da FOAr/UNESP.

Finalmente, a todos aqueles que contribuíram de modo direto ou indiretamente na execução desta dissertação de doutorado, meus sinceros agradecimentos!

“O mundo é grande e cabe nesta janela sobre o mar. O mar é grande e cabe na cama e no colchão de amar. O amor é grande e cabe no breve espaço de beijar.”

Carlos Drumond de Andrade* (O mundo é Grande)

*Andrade CD. Amar se aprende amando: poesia de convívio e de humor. In: Andrade CD. Posfácio Fabio Cesar Alves. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

Moreira FC. Utilização da tecnologia CAD/CAM no planejamento e tratamento ortodôntico de pacientes com má-oclusão de Classe I [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

RESUMO

Os sistemas CAD/CAM têm auxiliado ortodontistas no planejamento e posicionamento de braquetes com o objetivo de minimizar os erros e melhorar a qualidade do tratamento. Este estudo teve como objetivo validar as mensurações realizadas no *software* do sistema eXceed™, avaliar a previsibilidade e as alterações dento-alveolares. A amostra foi composta por 24 adultos jovens, portadores de má-oclusão Classe I de Angle. Foram obtidas Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) antes e após o tratamento para avaliar as alterações dento-alveolares. Modelos de gesso foram obtidos por moldagens das arcadas com alginato e posteriormente digitalizados por meio de um escâner de mesa 3Shape R700 (3Shape Dental System™, Copenhagen, Dinamarca). Os modelos 3D foram convertidos em estereolitografia (.stl) pelo OrthoAnalyser™ e exportados para a plataforma eXceed™ para o planejamento e criação do *setup* virtual. Dispositivos de colagem indireta foram fabricados a partir dos modelos 3D com as informações da posição idealizada dos braquetes sobre o modelo virtual. Os pacientes foram submetidos ao tratamento ortodôntico com aparelho fixo e braquetes autoligados. Os modelos 3D dos *setups* digitais iniciais foram comparados com os modelos digitais dos casos tratados (após o completo alinhamento e nivelamento das arcadas com o fio de aço .019"x.025"). As mensurações lineares realizadas em ambos os grupos pelo *software* Geomagic® foram avaliadas empregando-se o sistema de classificação do *American Board of Orthodontics (ABO)*. O teste t de Student foi aplicado nas réplicas para avaliação do erro sistemático. O Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) e o erro do método para os erros aleatórios. Análise estatística descritiva e o teste do Qui-quadrado avaliaram se as medidas do índice do ABO de cada critério estavam dentro dos limites de concordância. Os índices do ABO em ambos os grupos foram comparados pelo teste de Wilcoxon. A análise de Bland-Altman mostrou que as diferenças de repetitividade entre os dois métodos estavam dentro dos limites de concordância. Um caso clínico foi estudado utilizando o fluxo de trabalho do eXceed™ para verificar a eficácia do sistema. O grupo dos casos tratados obtiveram índices do ABO com maiores deduções do que os do Virtual Setup, porém sem significância clínica. O *setup* criado pelo CAM/CAM foi capaz de prever o alinhamento e o nivelamento final dos dentes. A maioria das medidas intra-arco foram semelhantes e os critérios *Overjet* e Contatos Oclusais (interarco) foram os mais discrepantes. A sobreposição dos modelos 3D preditivos com os digitais dos casos finais, gerou um mapa de cores que demonstrou o desvio das arcadas superior e inferior, com variação mínima e máxima de 0,34 e 0,31 mm, respectivamente. Houve uma melhora no paralelismo entre as raízes após a finalização do tratamento. Embora não exista grupo controle, verificou-se uma discreta reabsorção radicular em cerca de 44% das raízes dentárias (<0,32 mm) e diminuição da espessura óssea significativa na região palatina dos incisivos central e caninos, porém em ambos os casos sem significância clínica.

Palavras-chave: Ortodontia Corretiva. Projeto Auxiliado por Computador. Modelos Dentários. Aparelhos Ortodônticos Fixos. Tecnologia Odontológica.

Moreira FC. Use of CAD/CAM technology in orthodontic planning and treatment of patients with Class I malocclusion [tese de doutorado]. [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

ABSTRACT

CAD/CAM systems have assisted orthodontists in planning and positioning brackets to minimize errors and improve the excellence of treatment. This study aimed to validate measurements obtained from eXceed™ system, as well as evaluate the effectiveness, and periodontal changes that occurred after the treatment. The sample consisted of 24 young adults with Angle Class I malocclusion. Cone beam computer tomography (CBCT) were obtained before and after the treatment to assess the parallelism between the dental roots and periodontal conditions. Plaster models were obtained from alginate impression and the plaster casts were digitized using a 3Shape R700 desktop scanner (3Shape Dental System™, Copenhagen, Denmark). The 3D models were converted to stereolithography (.stl) by OrthoAnalyser™ and exported to CAD/CAM platform for planning and creating the virtual setup. Indirect bonding devices were manufactured from 3D models data about ideal bracket position. All patients were treated with fixed orthodontic self-ligating brackets appliances. The 3D models of the Virtual setup were compared with the Treated occlusion (eight weeks after the completed alignment and leveling using .019"x.025" steel wire). The linear measurements were performed by the Geomagic® software in both groups using the American Board of Orthodontics grading system scores. Student's t test was carried out to the replicates to assess systematic errors. Random errors were assessed by Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and method errors. Descriptive statistical analysis and the Chi-square test evaluated whether the ABO scores measurements were within the limits of agreement of each criteria. ABO scores between both groups were analyzed by using Wilcoxon test. The Bland-Altman analysis evaluated if differences were within the limits of agreement. A clinical case was studied using the eXceed™ system workflow to verify the efficiency of the system. The group of treated cases presented more ABO scores deductions than Virtual Setup, but without clinical significance. The Virtual setup created by CAM/CAM system was able to predict the alignment and leveling of the teeth at the end of the treatment. Overjet and Occlusal Contacts (interarch) were the highest discrepant criteria and the most intra-arc measurements were similar. The superposition of the 3D predictive models with the digital final cases occlusion, generated a color map that demonstrated the deviation between upper and lower arches, with minimum and maximum ranging from 0.34 and 0.31 mm, respectively. There was an improvement in the parallelism between the roots after the final treatment. In spite of there was none control group, the CBCT evaluation showed small root resorption in almost 44% of the dental roots (<0.32 mm) and a significant decrease in bone thickness in the palatal region of the central incisors and canine, but without clinical significance.

Keywords: Orthodontics, Corrective. Computer-Aided Design. Dental Models. Orthodontic Appliances, Fixed. Technology, Dental.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Publicação 1

- Figura 1** - Seis medidas obtidas nos modelos digitais e de gesso. 30
- Figura 2** - Análise de Bland-Altman das seis mensurações dos modelos de gesso e digitais. As diferenças foram calculadas da subtração entre as réplicas dos métodos eXceed™ e manual.....32

Publicação 2

- Figura 1** - Demarcated points on the teeth for ABO-CRE.....44
- Figura 2** - Bland-Altman analysis plots repeatability of the two measurements among each ABO criteria. 48
- Figura 3** - Color map of the 24 subjects obtained by superposition of the Virtual Setup reference model and Treated Occlusion cases.....51
- Figura 4** - Average deviation results (A) and linear variation (B) between Virtual Setup and Treated Occlusion. Comparison between maxilla and mandible superimposed arch models (mm) of the each clinical case.....52
- Figura 5** - Distribution and percentage of bracket rebonding due to bonding failure on maxilla (A) and mandible (B).....52
- Figura 6** - Bland-Altman analysis plots of the each 7 ABO criteria and between Virtual Setup and Treated Occlusal final cases.....54

Publicação 3

- Figura 1** - Fotografias faciais pré-tratamento e intraoral do paciente (A-H).....63
- Figura 2** - Modelo em polímero, com os “pads” para encaixe dos braquetes (A), e dispositivos de CI com os braquetes transferidos na posição “ideal”; Aplicação do adesivo sobre a base dos braquetes (B).....65
- Figura 3** - Dispositivos de CI posicionados e fotopolimerização dos braquetes (C); Remoção das placas sobrepostas de polivinil acetato (D). 66
- Figura 4** - Aparelho ortodôntico fixo após a colagem indireta nas vistas frontal.....66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABO	American Board of Orthodontics
CAD	Computer-aided Design
CAM	Computer-aided Manufacturing
CD	Colagem Direta
CI	Colagem Indireta
Et al	E Colaboradores
EUA	Estados Unidos da América
FOAr	Faculdade de Odontologia de Araraquara
JAC	Junção Amelocementária
NAG	Navegação Axial Guiada
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
3D	Tridimensional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 O Aparelho Ortodôntico Pré-Ajustado	16
1.2 Colagem Direta vs. Colagem Indireta de Braquetes	17
1.3 Sistemas CAD/CAM na Ortodontia	18
1.4 Customização de Braquetes Ortodônticos	19
1.5 Sistema do American Board of Orthodontics	20
1.6 Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico na Ortodontia.....	21
2 PROPOSIÇÃO	23
2.1 Objetivo Geral.....	23
2.2 Objetivos Específicos	23
2.3 Hipótese Nula	23
3 PUBLICAÇÕES	24
3.1 Publicação 1	25
3.2 Publicação 2	39
3.3 Publicação 3	60
4 DISCUSSÃO.....	73
5 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A.....	83
APÊNDICE B	89
APÊNDICE C	90
APÊNDICE D	91
APÊNDICE E	92
APÊNDICE F	93

APÊNDICE G	94
ANEXO A	95
ANEXO B	99
ANEXO C	100
ANEXO D.....	101

1 INTRODUÇÃO

O aparelho ortodôntico pré-ajustado *straight-wire* (arco reto) desenvolvido por Andrews¹ na década de 70, foi um avanço significativo na Ortodontia moderna, devido à incorporação de dobras de 1ª, 2ª e 3ª ordem nos braquetes. Deste modo, as inclinações e angulações “ideais” configuradas nos braquetes, possibilitaram a diminuição da necessidade de dobras de finalização no arco ortodôntico, favorecendo a correta intercuspidação^{1,2}. Por esta razão, foi possível a obtenção de tratamentos de alta qualidade, com diminuição do número e no tempo das consultas². Contudo, devido aos erros inerentes de posicionamento de acessórios, ajustes compensatórios nos arcos ortodônticos e uso prolongado de elásticos, muitas vezes tornou-se uma necessidade obrigatória²⁻⁵. Por isto, ortodontistas raramente conseguem finalizar adequadamente um tratamento com a prescrição *straight-wire* devido às variações da morfologia dentária⁴, aos erros intrínsecos da técnica de colagem e à deficiência na mecânica ortodôntica empregada²⁻⁵.

Para sanar estas dificuldades e obter a excelência com a maximização dos resultados usando braquetes pré-ajustados, foi introduzido na Ortodontia a tecnologia de planejamento ortodôntico virtual por meio do uso *softwares*⁶. A tecnologia CAD (*Computer-aided design*) e CAM (*Computer-aided manufacturing*) tem se popularizado na Odontologia ao longo dos últimos 30 anos. O sistema eXceed™ (Roosikrantsi, Tallinn, Estônia) com uma proposta inovadora, tem se destacado no mercado com a finalidade de solucionar estas questões. No entanto, até o presente momento, não existem relatos na literatura relacionados ao emprego deste sistema em tratamentos ortodônticos utilizando-se de aparelho fixo e os efeitos produzidos sobre a raiz dentária e o osso alveolar.

1.1 O Aparelho Ortodôntico Pré-Ajustado

A proposta da técnica *straight-wire*, desenvolvido por Andrews¹, está fundamentada na filosofia em que braquetes pré-ajustados com as angulações incorporadas na base e no *slot*, permitiria a correção da posição dentária nos três planos do espaço ao final do tratamento, sem a necessidade de dobras de 1ª, 2ª e 3ª ordem⁷. Desta maneira, a instalação de um arco pré-contornado em braquetes colados numa posição “ideal”, permitiria que todos os dentes após a correção, se

movimentassem para uma posição de equilíbrio e harmonia em relação às bases ósseas⁴. Tal fato, teoricamente, diminuiria o número de consultas com um ganho adicional de tempo devido à menor necessidade de manobras necessárias na etapa de finalização^{3,8}. Sondhi⁹ (2013) verificando este problema, alertou sobre a importância da avaliação tridimensional dos dentes para a escolha da prescrição de acordo com a mecânica a ser implementada. Assim sendo, as diferentes prescrições de braquetes disponíveis no mercado, oferecidas sem a indicação correta e orientação específica sobre o correto posicionamento, parecem ter valor limitado.

1.2 Colagem Direta vs. Colagem Indireta de Braquetes

A condição *sine qua non* no êxito do tratamento ortodôntico é no âmbito do posicionamento correto dos braquetes na colagem, que deveriam levar em consideração a morfologia e a posição de cada dente na arcada. O procedimento de colagem direta (CD) é realizado de maneira imprecisa e subjetiva, cujos únicos parâmetros são a observação dos exames radiográficos, a visualização da coroa dentária e a experiência clínica¹⁰. Quando um braquete é colado numa posição que não o “ideal”, procedimentos de recolagem e implementação de dobras no fio ortodôntico serão necessários para a compensação e correção do erro.

Por esta razão, o conceito da colagem indireta (CI) foi introduzido por Silverman et al.¹¹ em 1972 com o objetivo de tornar a técnica de posicionamento de braquetes menos imprecisa¹². A técnica consistia na otimização do posicionamento de braquetes sobre os dentes de modelos de gesso ou polímero, sendo transferidos indiretamente para a boca do paciente, por meio de um guia de transferência personalizado^{7,13,14}. Os dispositivos de CI tem sido aperfeiçoados e uma melhoria ocorreu com a criação de guias individualizados para cada dente e a adição de uma placa de polímero termoplástica rígida sobre uma flexível de silicone¹⁵.

A CD e CI tem sido comparadas em estudos por diversos autores em relação à resistência de união adesiva dos braquetes ao dente^{16,17} e falhas adesivas^{18,19}, precisão no posicionamento^{13,19-22}, tempo de tratamento e laboratorial¹⁸⁻²⁰. Em geral, estes estudos não tem demonstrado diferenças entre os dois métodos^{16,19,22}, na adesividade dos braquetes ao dente¹⁸⁻²⁰ e no tempo de tratamento¹⁸. Apesar das vantagens da CI sobre a CD^{16,20}, estudos laboratoriais e clínicos demonstraram

resultados contraditórios^{13,19,20}. De fato, a CI requer maior tempo e treinamento da equipe para a etapa laboratorial, como por exemplo no posicionamento e montagem dos braquetes sobre os modelos físicos. Além disto, a técnica pode se tornar extremamente difícil quando existe má-oclusão complexa, dentes com coroa clínica curta e girovertidos, requerendo por vezes, inclusive o uso de um adesivo específico¹².

Por estas razões, a CI associada à tecnologia do sistema CAD/CAM, foi introduzida na Odontologia, com o objetivo de se obter precisão, diminuir os erros dos processos e facilitar nas etapas clínico-laboratoriais. Além disto, uma outra facilidade é a possibilidade de recolagens nos casos de quebra de acessórios, bastando seccionar o dispositivo na região indicada e utilizá-lo para a nova colagem, preservando a mesma posição no dente definida pelo *software* do sistema²³.

1.3 Sistemas CAD/CAM na Ortodontia

O sistema CAD/CAM foi introduzido na Odontologia na década de 70, a OrthoCAD™ (Cadent Inc, Fairview, NJ, EUA) foi a primeira empresa a utilizar modelos tridimensionais (3D) na Ortodontia em 1999²⁴. Em 2001, a GeoDigm inovou o mercado com o método de posicionamento virtual de braquetes por meio do *software* emodels® (GeoDigm Corp, Chanhassen, MN, EUA). O aperfeiçoamento destes sistemas permitiu a obtenção de ferramentas específicas para a análise, diagnóstico obtenção de *setups* ortodônticos com a possibilidade de visualização das fases de correção, desenho e fabricação de dispositivos ortopédicos e ortodônticos^{25,26}.

Diversos autores estudaram a precisão, eficiência e a eficácia de diferentes sistemas CAD/CAM utilizados no planejamento e tratamento ortodôntico²⁷⁻³². Os resultados divergem e parecem depender especialmente do tipo de *software* e sistema investigado, tanto quanto a metodologia utilizada no estudo³³. Os métodos de investigação convergem para a avaliação da eficácia do posicionamento de braquetes, quando se quantificam os benefícios clínicos pós-tratamento^{8,33-35}. Ortodontistas frequentemente utilizam o *setup* ortodôntico como ferramenta para a realização do planejamento ortodôntico pois permite a visualização tridimensional prévia da oclusão após o posicionamento dos braquetes ao final do tratamento e os problemas e limitações do caso³⁶. Diversos pesquisadores investigaram a precisão e eficiência dos *setups* ortodônticos obtidos destes *softwares*^{30,31,37-39}. Concluíram que o *setup* virtual pode substituir os tradicionais realizados manualmente^{37,39}, e além

disto, verificaram que a precisão do *setup* diminuiu de anterior para posterior, com os incisivos mostrando os melhores resultados³¹. No entanto, pesquisas recentes apontaram divergências na eficiência^{40,41}, na eficácia^{8,40} e nas mensurações inter e intra-examinadores relacionados principalmente à experiência com o uso de *softwares*³⁸.

Atualmente, existem no mercado diversos sistemas CAD/CAM aplicados à especialidade da Ortodontia, entre eles podemos citar o Incognito™ system (3M-Unitek, Monrovia, EUA), sistema lingual de braquetes; o Invisalign™ (Invisalign, Align Technology); o E-mothion (Ortho E-Motion, Marília, SP, Brasil); o 3M™ Clarity™ Aligners (3M Unitek, Monrovia, EUA); o ClearCorrect™ (Straumann Group, Basel, Suíça) e o Cleartek™ (Aditek, Cravinhos, SP, Brasil) para fabricação de aligners. O SureSmile™ system (Orametrix, Richardson, TX, EUA), produz arcos customizados roboticamente e posicionam braquetes virtualmente⁴²; o SmartArch® (Smart Alloys; Waterloo, ON, Canada) permite que os arcos de aço sejam programados com diferente rigidez para expressar otimizações biomecânicas e forças controladas⁴³. O Arcad™ 3D (Arcadlab, FL, EUA) e o Insignia System™ (Ormco, Orange, CA, EUA), produzem alinhadores, permitem o *setup* ortodôntico e impressão dos dispositivos de colagem indireta²; e finalmente o sistema eXceed™ (eXceed, Monrovia, Estônia), objeto de investigação deste estudo.

1.4 Customização de Braquetes Ortodônticos

A variabilidade da morfologia dentária parece ser um importante fator no alinhamento e nivelamento⁴⁴. Para se obter as metas planejadas, muitas vezes são necessários ajustes no fio de aço, porque o arco quando incorporado aos braquetes pré-ajustados *straight-wire*, colados de modo tradicional, não expressam adequadamente os movimentos dentários⁴. Por estas razões, a quantidade limitada de prescrições existentes no mercado, acrescida da falta de informação, parecem estabelecer um erro sistemático⁴⁵.

O emprego de um sistema customizado com arco ortodôntico e braquete com prescrição individualizada²³, permite maior controle sobre a biomecânica ortodôntica com maior previsibilidade²³. De acordo com diversos autores, a customização e o posicionamento virtual de braquetes melhora a precisão³⁸, diminui a necessidade de dobras no fio², reduz o tempo^{8,27,29,41} melhorando a qualidade do tratamento

ortodôntico². No entanto, Penning et al.⁴⁰ (2017) verificaram diversos problemas relacionados ao tratamento customizado, entre eles, a maior quantidade de quebras de acessórios, o maior número de consultas, tempo aumentado de planejamento e maior número de queixas por parte dos pacientes.

A criação de uma base individualizada fabricada com resina, os “*pads*”, foi uma importante inovação, obtidos pela incorporação de uma quantidade maior de resina na base no procedimento de colagem indireta. Este método permite que os braquetes sejam colados numa posição diferente daquela tradicionalmente indicada, corrigindo as angulações e inclinações da base, aumentando as possibilidades para o clínico. Por esta razão, braquetes convencionais estão disponíveis para uso na maioria dos sistemas CAD/CAM, nas mais variadas prescrições, com consequente diminuição dos custos do tratamento. O eXceed™ calcula a posição “ideal” do braquete no *setup* virtual de modo que todos os *slots* dos braquetes fiquem alinhados junto ao fio ortodôntico e depois transfere este posicionamento para o modelo inicial. A customização se dá com a criação dos *pads*, no momento da colagem indireta, com a adição de resina na base do braquete ocorre a individualização, compensando as discrepâncias da morfologia da superfície dentária.

1.5 Sistema do American Board of Orthodontics Cast/Radiograph Evaluation

Com o objetivo de estabelecer a excelência da clínica ortodôntica, diversos índices foram desenvolvidos para avaliar a eficácia e padronizar o tratamento ortodôntico, entre eles, o Eismann, 1974, 1980; Gottlieb, 1975; Berg, 1979 e o PAR Index (*Peer Assessment Rating*) de Richmond et al.⁴⁶ em 1987. No entanto, todos eles demonstraram alguma deficiência, havendo necessidade de criação de um sistema mais eficaz e confiável. O sistema do ABO *Cast / Radiograph Evaluation* (ABO-CRE) foi introduzido em 1999, com a finalidade de avaliar os casos clínicos tratados e identificar possíveis deficiências na finalização ortodôntica⁴⁷. Este sistema incluiu oito critérios para padronizar as mensurações realizadas nos modelos ao final do tratamento ortodôntico: Alinhamento, Cristas Marginais, Inclinação Vestíbulo-Lingual, Relação Oclusal, Contato Oclusal, *Overjet*, Contato Interproximal e Angulação da Raiz⁴⁸. As mensurações são realizadas em modelos de gesso por meio de uma régua desenvolvida pelos examinadores, sendo que em cada categoria, são deduzidos

pontos de cada dente, de acordo com as deficiências na finalização e o grau de discrepância desenvolvido pelo sistema⁴⁸. De acordo com o ABO, o tratamento clínico é considerado incompleto na média, acima de 27 pontos, sendo zero o tratamento perfeito. Até onde temos ciência, apenas dois *softwares* são capazes de medir e obter os índices do ABO-CRE, o OrhoCAD™ (Align Technology, San Jose, CA) e o SureSmile™ (OraMetrix, Richardson, Texas) de modo automático por meio de uma ferramenta específica do *software*. Estudos prévios têm demonstrado divergências e valores aumentados nos índices do ABO-CRE obtidos por alguns sistemas, especialmente nos critérios Alinhamento, Contatos Oclusais e *Overjet*^{2,37,49–51}.

1.6 Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico na Ortodontia

As modificações dento-alveolares em resposta à biomecânica ortodôntica podem ser mensuradas e quantificadas para se obter medidas lineares e angulares por meio de imagens provenientes da TCFC⁵². A importância e o uso da TCFC em Ortodontia é justificada como meio auxiliar no diagnóstico na identificação de reabsorção radicular e avaliação da espessura do rebordo alveolar⁵³. O resultado de movimentações ortodônticas, principalmente as de natureza compensatória podem alterar o posicionamento das raízes dentro do alvéolo^{54,55}, podendo provocar retração de gengiva, deiscências e reabsorção de raízes⁵⁶.

O objetivo do tratamento ortodôntico é corrigir o posicionamento dentário movimentando-os para regiões mais estáveis com a finalidade de propiciar maior equilíbrio oclusal⁵⁷. Estudos tem demonstrado alterações na espessura do osso alveolar com ocorrência de perda óssea^{54,58,59} e reabsorção apical após o tratamento ortodôntico^{56,60}. O paralelismo radicular tem sido avaliado em diversos estudos por meio da TCFC^{59,61}, sendo uma condição desejável ao final do tratamento, pois permite maior distribuição das forças mastigatórias dentro da base óssea. Recentemente, as imagens da TCFC foram incorporadas a *softwares* como no InVivo6® (Anatomage, San Jose, CA, EUA) e Orchestrate® (Orchestrate3D, Rialto, CA, EUA), permitindo movimentos dentários virtuais individualizados, sobreposição com modelos 3D e outras funções. Com estas possibilidades, um *setup* ortodôntico mais preciso, poderia ser gerado no próprio consultório e modelos sequenciados e alinhadores poderiam ser fabricados a baixo custo pelo próprio ortodontista⁴³. Apesar da maior aplicabilidade

de tomografias computadorizada na Ortodontia, a investigação da condição óssea periodontal após o tratamento ortodôntico utilizando sistemas com a tecnologia CAD/CAM ainda não foi completamente elucidada. A literatura não possui suporte sobre os efeitos e possíveis alterações dento-alveolares que possam vir a ocorrer após o tratamento ortodôntico. Neste estudo, pretende-se verificar as condições e alterações dento-alveolares antes e após o final do tratamento ortodôntico utilizando um sistema CAD/CAM para diagnóstico e planejamento ortodôntico.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia e precisão da tecnologia CAD/CAM, associada a colagem indireta de braquetes (CI) no tratamento ortodôntico de pacientes com má-oclusão Classe I de Angle.

2.2 Objetivos Específicos

1. Comparar o *setup* virtual ideal com a oclusão dos casos tratados ao final da fase de alinhamento e nivelamento com os fios de aço .019" x .025", por meio da aplicação do Sistema de Classificação do *American Board of Orthodontics Cast / Radiograph Evaluation*;
2. Medir a espessura óssea alveolar em cortes sagitais por meio da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), nos tempos T0 (pré-tratamento) e T1 (após a remoção completa do aparelho fixo), no incisivo central, canino, 1º pré-molar e 1º molar, todos no hemiarco superior direito;
3. Medir o nível ósseo ao nível da crista óssea alveolar e o comprimento radicular nos tempos T0 e T1 por meio da TCFC no incisivo central, canino, 1º pré-molar e 1º molar, todos no hemiarco superior direito.

2.3 Hipótese Nula

Não existem diferenças significativas entre as medidas obtidas do *setup* ortodôntico virtual ideal e o pós-alinhamento e nivelamento completo obtido com o fio .019" x .025" de aço.

3 PUBLICAÇÕES

Esta tese de doutorado produziu três artigos, sendo dois artigos científicos e um caso clínico. O artigo 1 intitulado “**Acurácia e confiabilidade de modelos digitais tridimensionais: validação do software eXceed™**” teve o objetivo de validar as medidas obtidas no software CAD/CAM utilizado neste estudo com a finalidade de suportar os resultados obtidos. O artigo 2 intitulado “**Potentialities and limitations of CAD/CAM technology on the treatment of Angle Class I malocclusion**” avaliou a precisão do sistema CAD/CAM em pacientes que receberam tratamento com aparelho ortodôntico fixo. O artigo 3 intitulado “**O uso da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia – setup ortodôntico e colagem indireta pelo sistema eXceed™**” apresentou um caso clínico de um paciente da amostra deste estudo, demonstrou o fluxo de trabalho digital do sistema eXceed™ desde o início até a finalização ortodôntica após a remoção completa do aparelho fixo.

3.1 Publicação 1*

Acurácia e confiabilidade de modelos digitais tridimensionais: validação do software eXceed™

Moreira FC¹, Vaz LG¹, English JD², Jacob HB²

¹Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara, Departamento de Materiais Odontológico e Prótese.

²The University of Texas Health Science Center at Houston School of Dentistry, Departamento de Ortodontia, Houston/TX, EUA.

*Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB. **Acurácia e confiabilidade de modelos digitais tridimensionais – validação do software eXceed™**. Orthod. Sci. Pract. 2019; 12(48):113-119.
DOI: 10.24077/2019;1248-113119

Resumo

Introdução: Os sistemas CAD/CAM auxiliam ortodontistas na confecção de alinhadores estéticos e na colagem indireta (posicionamento virtual de braquetes) em modelos digitais tridimensionais. Este estudo avaliou a precisão e validade do software eXceed™. **Métodos:** Vinte modelos de gesso de pacientes foram digitalizados utilizando um escâner de mesa e os arquivos obtidos foram convertidos em estereolitografia pelo software OrthoAnalyser™. Utilizando os modelos de gesso e digital, seis medidas foram aferidas: Largura Intermolares (LM), Largura Intercaninos (LC), Comprimento do Arco posterior (CA), Diâmetro da Coroa do Pré-Molar (DP), Altura da Coroa do Canino (AC) e *Overjet* (OJ). Os erros sistemáticos intraobservador entre as réplicas foram descritos como diferenças das médias absolutas e desvios-padrões (DP), foram comparados estatisticamente com o teste t de Student para dados pareados. As diferenças entre os métodos foram avaliadas usando o teste t de Student. Os erros aleatórios foram quantificados usando o erro do método [$\sqrt{\Sigma(d^2/2N)}$] e o Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC). **Resultados:** Duas das medidas das réplicas em modelos digitais (CA) e de gesso (LC) demonstraram erros sistemáticos estatisticamente significativos. O ICC variou de 0,916 a 0,997. Os erros do método foram todos inferiores a 0,41 mm (0,22 mm). Os gráficos de Bland-Altman mostraram que as diferenças de repetitividade entre os dois métodos estavam dentro dos limites de concordância. Os valores DP (0,253 mm), LC (0,396 mm), AC (0,314 mm) e CA (0,359 mm) foram maiores em modelos de gesso do que nos modelos digitais. **Conclusão:** As medidas realizadas em ambos os métodos foram confiáveis e reprodutíveis, e as medidas dos modelos de gesso foram ligeiramente maiores do que os dos modelos digitais correspondentes.

* O artigo segue as normas do periódico no qual foi publicado. Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB. **Acurácia e confiabilidade de modelos digitais tridimensionais – validação do software eXceed™**. Orthod. Sci. Pract. 2019; 12(48):113-119. DOI: 10.24077/2019;1248-113119

Descritores: Ortodontia. Projeto Auxiliado por Computador. Modelos Dentários. Precisão da Medição Dimensional. Tecnologia Odontológica.

Abstract

Introduction: CAD/CAM systems help orthodontists in the production of aesthetic aligners and in indirect bonding (virtual bracket positioning) in three-dimensional digital models. This study evaluated the accuracy and validity of the eXceed™ software.

Methods: Twenty patient plaster models were digitized by a desktop scanner, and the files obtained were converted to stereolithography by OrthoAnalyser™ software. Using the cast and digital models, six measurements were performed: Intermolar Width (LM); Inter canine Width (LC); Posterior Arch Length (CA); Premolar Crown Diameter (DP); Canine Crown Height (AC) and Overjet (OJ). Intraobserver systematic errors between replicates were described as mean absolute differences and standard errors (SE); statistical analyzes were evaluated using a paired Students t test. Random errors were quantified using the method error statistic [$\sqrt{\Sigma(d^2/2N)}$] and Intraclass Correlation Coefficient (ICC). Differences between methods was evaluated using Students t test.

Results: Two of the measurements of the replicas in the digital model (CA) and in the plaster model (LC) showed statistically significant systematic errors. The ICC ranged from 0.916 to 0.997. The method errors were all less than 0.41 mm (0.22 mm). Bland-Altman plots showed that the differences of repeatability between the two methods were within the limits of agreement. The values DP (0.253 mm), LC (0.396 mm), AC (0.314 mm) and CA (0.359 mm) were higher in plaster models than in digital models.

Conclusion: The measurements performed in both methods were reliable and reproducible, and plaster models measurements were slightly higher than those of the corresponding digital models.

Descriptors: Orthodontics. Computer-aided Design. Dental Models. Dimensional Measurement Accuracy. Dental Technology.

Introdução

Tradicionalmente, ortodontistas realizam diagnóstico e plano de tratamento com auxílio de exames clínicos, radiográficos e modelo de gesso¹. A análise dos modelos de gesso permite ao clínico visualização da oclusão sob diferentes perspectivas que não são possíveis pelo exame clínico. Além disso, as mensurações das distâncias lineares são mais fáceis de se realizar em modelos físicos do que *in vivo*². Os modelos de gesso têm importantes limitações, podendo sofrer danos físicos e químicos resultando em desgastes, principalmente, quando mensurados repetidamente. Além disso, são passíveis de distorções no volume ao longo do tempo devido às condições climáticas^{3,4}.

Com a finalidade de solucionar essas questões, incluindo custos adicionais relacionados ao armazenamento, os modelos digitais tridimensionais (3D) foram introduzidos no final dos anos 90 pela OrthoCAD™⁵. Deste modo, modelos digitais

podem ser estocados e acessados eletronicamente de qualquer lugar, facilitando o compartilhamento e comunicação entre profissionais^{5,6}. Além disso, podem ser utilizados por um *software* ortodôntico, possibilitando mensurações, auxiliando no diagnóstico, gerando *setup* ortodôntico^{1,5,7}, auxiliando na produção de alinhadores estéticos e no posicionamento dos braquetes e no procedimento de colagem que ainda é um procedimento crítico tanto para o ortodontista quanto para o paciente⁸.

Os sistemas CAD / CAM (*Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing*) aplicados à Ortodontia possibilitaram uma melhoria na imprecisão do posicionamento de acessórios durante o procedimento de colagem de braquetes⁸. Os arquivos de estereolitografia (STL) gerados a partir da digitalização dentária intra ou extraoral, sobre modelos das arcadas dentárias, diminuíram ou eliminaram possíveis imprecisões, possibilitando o uso desses em computadores, inclusive em aparelhos celulares. Atualmente, alguns *softwares* disponíveis no mercado têm possibilitado aos ortodontistas o posicionando de braquetes digitalmente com maior eficiência sobre os dentes de modelos 3D⁸. No entanto, existem muitas dúvidas relacionadas à confiabilidade e precisão desses *softwares*^{6,8}, deixando o clínico inseguro quanto ao uso desses sistemas.

Atualmente, os *softwares* ortodônticos são sistemas cada vez mais automatizados, simplificando o método e as etapas de planejamento e fabricação de dispositivos ortodônticos de colagem indireta. Estudos anteriores demonstraram a precisão e a confiabilidade de *softwares* ortodônticos^{5,6,8-13}. Alguns trabalhos também demonstraram a precisão e a acurácia de modelos virtuais 3D, quando comparados com os respectivos modelos de gesso^{10,13}, enquanto outros estudos mostraram resultados menos consistentes entre os dois métodos^{10,14-17}. O objetivo do sistema eXceed™ é tornar o consultório ortodôntico mais eficiente, auxiliando no planejamento ortodôntico, simplificando processos e auxiliando clínicos e laboratórios na fabricação de dispositivos precisos para aplicações no procedimento de colagem indireta (como posicionamento e personalização de braquetes virtualmente) e alinhadores estéticos.

O sistema eXceed™ permite a realização de *setup* ortodôntico e a escolha e posicionamento de braquetes ortodônticos, a fim de se obter os melhores resultados no menor tempo possível, minimizando a necessidade de reposicionamento de acessórios e dobras de finalização nos arcos ortodônticos. No entanto, não existem estudos prévios que suportem o uso deste sistema para a prática na clínica diária. O

objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia e a precisão (reprodutibilidade) das ferramentas de mensuração e diagnóstico do eXceed™ e comparar com medições obtidas nos correspondentes modelos de gesso.

Material e Métodos

Vinte pacientes com idades entre 15 e 38 anos (oito pacientes masculinos e doze femininos) foram selecionados e tratados na Faculdade de Odontologia de Araraquara/Unesp. Os critérios de inclusão dos casos foram: má-oclusão de Classe I de Angle, apinhamento ou espaçamento leve a moderado (≤ 5 mm), ausência de discrepância transversal e mordida aberta, dentição permanente completa (excluindo os 3º molares). Os critérios de exclusão foram: anomalias dentárias no tamanho e forma, recessão gengival severa, erosões e abrasões na coroa dentária que poderiam influenciar as medidas. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Conselho de Ética institucional (# 2.451.252) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado por todos os pacientes.

Modelos de Gesso versus Modelos Digitais

Os modelos foram obtidos por moldagens das arcadas dentárias dos pacientes com alginato Jeltrate® Plus (Dentsply, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). O registro da mordida na máxima intercuspidação habitual foi obtido com uma lâmina de cera odontológica nº 7 (Clássico, São Paulo, Brasil) e, posteriormente, utilizado para recortar os modelos de gesso. Os moldes dentários obtidos foram vazados em até 1 hora após as moldagens, com gesso Tipo III (Asfer, São Caetano do Sul, SP, Brasil). Após 24 horas, as bolhas e defeitos no gesso foram removidos, utilizando-se um instrumento esculpador de Lecron (SSWhite Duflex, Juiz de Fora, MG, Brasil). Após essa etapa, os modelos de gesso foram recortados seguindo normas e as instruções da Conselho Americano de Ortodontia (*American Board of Orthodontics*).

A digitalização de todos os modelos de gesso foi realizada por um escâner de mesa 3Shape R700 (3Shape Ltda, Copenhagen, Dinamarca). Cada um deles foi escaneado individualmente para registrar os detalhes das arcadas dentárias e, em seguida, ocluídos para registrar a oclusão. O tempo de digitalização foi de 2,5 minutos por arcada com precisão de varredura de 20 μ m. As imagens obtidas foram processadas automaticamente pelo *software* ScanIt versão 4.0.1 (3Shape Ltda,

Copenhague, Dinamarca) que gerou um arquivo com uma extensão 3sz. Em seguida, os arquivos foram importados pelo *software* 3Shape OrthoAnalyzer™ (3Shape Ltda, Copenhague, Dinamarca) e convertidos em arquivos de estereolitografia (STL).

Mensurações

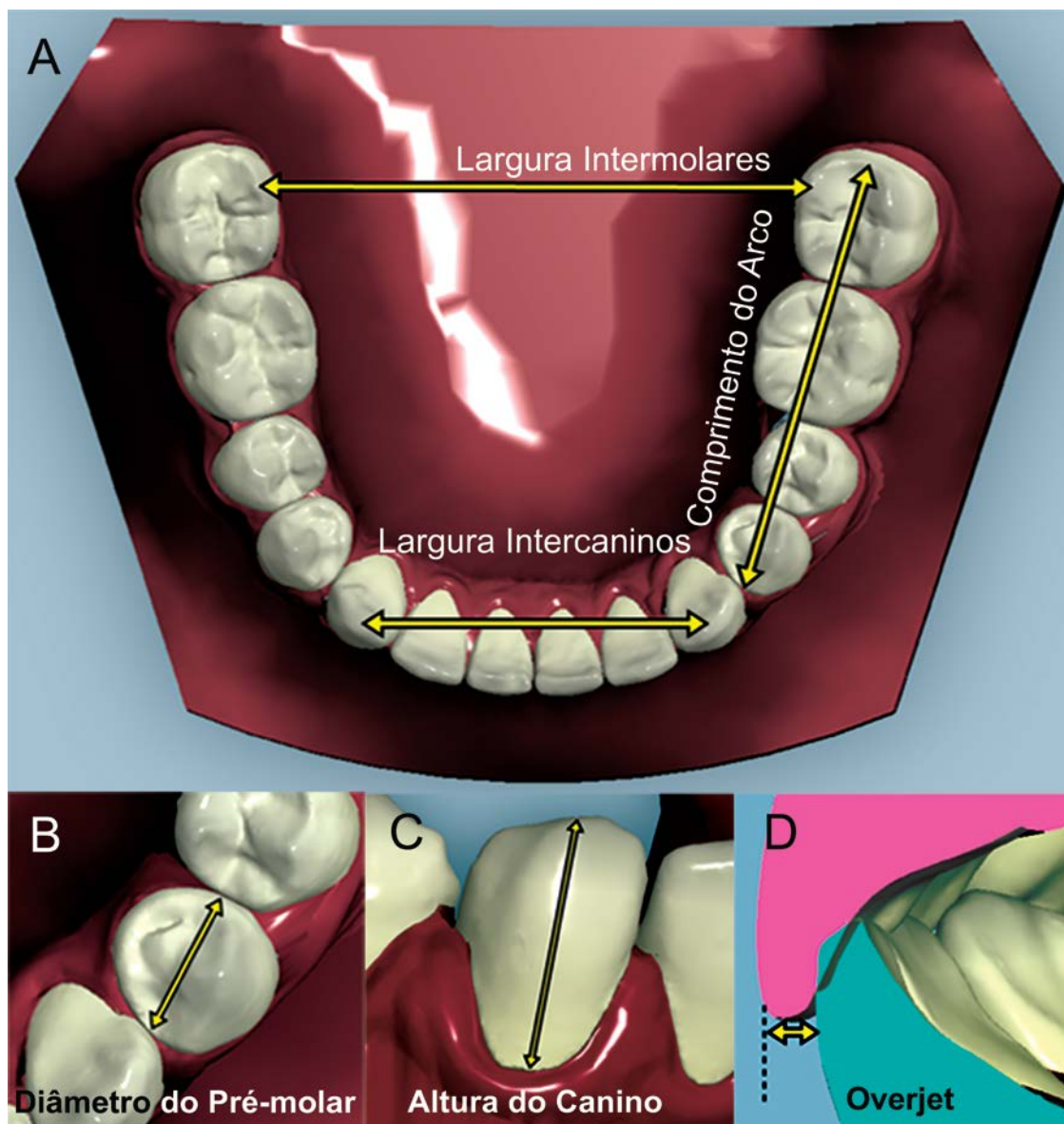
Os arquivos STL foram importados pelo *software* do sistema e seis medidas diferentes (Figura 1) foram realizadas usando-se as ferramentas do eXceed Pro Software (Roosikrantsi, Tallinn, Estônia). O diâmetro da coroa do primeiro pré-molar (DP) foi medido entre os pontos de contato mesial e distal do dente no lado esquerdo. A Largura Intercaninos (LC) foi medida entre as pontas das incisais dos caninos direito e esquerdo. A Largura Intermolares (LM) foi medida entre as pontas das cúspides mesio-linguais dos segundos molares. A altura da coroa do canino (AC) foi obtida a partir da ponta da incisal até o nível gengival no lado vestibular do canino direito. O Comprimento do Arco posterior (CA) foi medido da mesial do primeiro pré-molar até a distal do segundo molar do lado esquerdo. O *Overjet* (OJ) foi medido a partir da superfície vestibular ao nível da borda incisal do incisivo inferior esquerdo mais vestibularizado até a palatina do incisivo central superior. Cada mensuração foi realizada duas vezes, com intervalo de uma semana entre a primeira e a segunda medição, pelo mesmo examinador (FCM), para que a acurácia e a precisão de cada um dos seis protocolos pudessem ser estimadas. O mesmo protocolo de mensuração foi realizado nos modelos de gesso, utilizando-se um paquímetro digital com precisão de 0,01mm (Digimess Instrumentos de Precisão Ltda., São Paulo, Brasil).

Análise Estatística

Um tamanho da amostra de 19 modelos por grupo seria preciso para detectar uma diferença de 5% entre a mensuração em modelo de gesso e em modelo digital em relação a largura do canino, estabelecendo um poder de 80% e assumindo uma probabilidade de 5% para uma largura de canino de 7,20 mm e um desvio padrão de 0,38 mm¹¹ (G*Power, Dusseldorf, Alemanha). O teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi realizado para a verificação da distribuição normal dos dados. Os erros sistemáticos intraobservador entre as réplicas foram descritos como diferenças das médias absolutas e desvios-padrões e comparados estatisticamente com o teste t de Student para dados pareados. O erro aleatório intraobservador foi estimado pelo

Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC) e o erro do método $[\sqrt{\Sigma(d^2/2N)}]$. As diferenças entre as medidas analógicas e digitais foram avaliadas pelo teste t de Student. Além disso, a análise de Bland-Altman foi obtida para verificar a concordância entre ambos os métodos. As análises estatísticas foram realizadas pelo *software* IBM SPSS™ (versão 25.0, SPSS, Armonk, NY) com um nível de significância de 0,05.

Figura 1 - Seis medidas obtidas nos modelos digitais e de gesso



Pode-se visualizar a Largura Intermolares, Comprimento do Arco e Largura Intercaninos (A), Diâmetro do Pré-Molar (B), o Comprimento do Canino (C) e o Overjet (D) entre o incisivo central superior direito e o incisivo central inferior direito.

Fonte: Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB⁶².

Resultados

Os resultados demonstraram que os erros sistemáticos intraobservador em ambos os métodos foram semelhantes (Tabela 1). Das doze diferenças obtidas, apenas duas foram estatisticamente significativas ($P < 0,05$). A primeira medida do comprimento do arco realizada nos modelos de gesso foi 0,313 mm, menor do que a réplica e a primeira medida da Largura Intercaninos realizada nos modelos digitais foi 0,366 mm maior do que a réplica. O erro do método variou de 0,104 mm a 0,414 mm (Tabela 2). A distância mesio-distal do primeiro pré-molar e o *Overjet* apresentaram a menor diferença (0,042 mm) e o comprimento do arco apresentou a maior diferença (0,310 mm) entre as medidas de ambos os métodos.

Tabela 1 - Erros sistemáticos intraobservadores (mm) e significâncias (Sig.) entre a primeira e segunda réplicas para cada um dos seis protocolos mensurados.

Medidas	Modelos de gesso			eXceed™		
	Dif (mm)	DP (mm)	Sig.	Dif (mm)	DP (mm)	Sig.
Diâmetro do Pré-molar	-0,024	0,226	0,647	-0,015	0,166	0,691
Largura Intercaninos	0,018	0,350	0,821	0,366	0,359	<0,001
Largura Intermolares	-0,185	0,417	0,063	-0,110	0,357	0,186
Altura do Canino	-0,056	0,227	0,288	0,056	0,339	0,473
Comprimento do Arco	-0,313	0,509	0,013	0,047	0,142	0,156
Overjet	-0,010	0,229	0,855	0,054	0,159	0,148

Itálico + negrito indica diferença estatística significativa entre as réplicas ($P < 0,05$)

Fonte: Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB⁶².

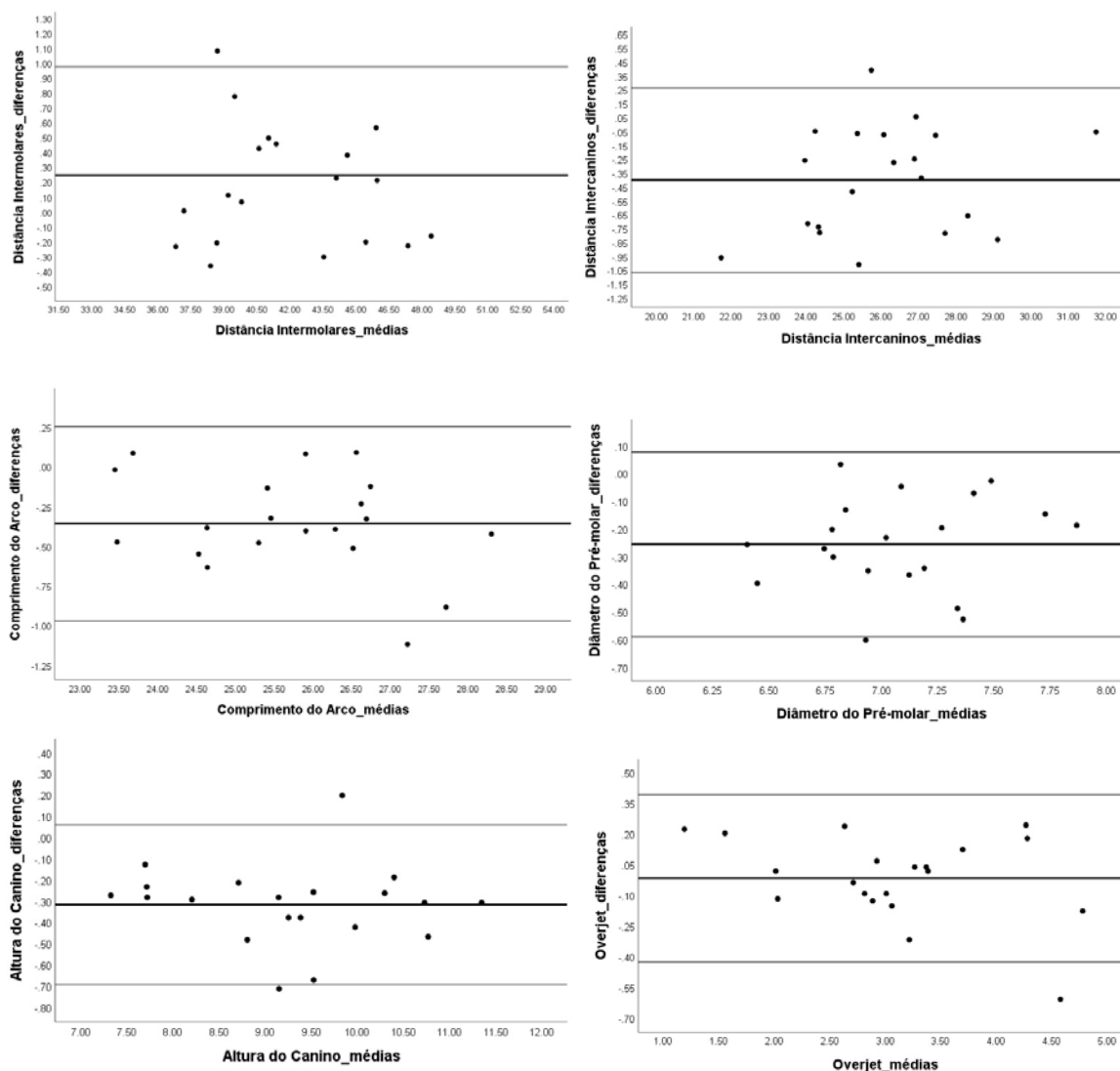
Os modelos de gesso apresentaram quatro das seis medidas levemente maiores que o método digital (Tabela 2). Os valores do ICC variaram de 0,916 a 0,997 (valores altos e consistentes), demonstrando uma correlação ligeiramente melhor para o método digital (Tabela 2). Os gráficos de Bland-Altman mostraram que as diferenças de repetitividade entre os dois métodos estavam dentro dos limites de concordância (Figura 2).

Tabela 2 - Erros aleatórios intra-observador, estimativas entre réplicas com Erro do Método (ME) e Coeficiente de Correção Intraclass (ICC).

Medidas	Modelos de gesso		eXceed™	
	M.E. (mm)	ICC	M.E. (mm)	ICC
Diâmetro do Pré-molar	0,157	0,916	0,115	0,960
Largura Intercaninos	0,242	0,994	0,358	0,987
Largura Intermolares	0,316	0,996	0,258	0,997
Altura do Canino	0,161	0,990	0,237	0,978
Comprimento do Arco	0,414	0,959	0,104	0,997
Overjet	0,158	0,987	0,116	0,992

Fonte: Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB⁶².

Figura 2 - Análise de Bland-Altman das seis mensurações dos modelos de gesso e digitais. As diferenças foram calculadas da subtração entre as réplicas dos métodos eXceed™ e manual



Fonte: Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB⁶².

Quando os dois métodos foram comparados, quatro das seis medidas apresentaram diferenças estatisticamente significativas (Tabela 3). As diferenças nas medidas obtidas foram: DP=0,253 mm, LC=0,396 mm, AC=0,314 mm e o CA=0,359 mm, os valores foram maiores quando medidos no modelo de gesso do que quando medidos no modelo digital.

Tabela 3 - Estatística Descritiva (mm) e diferenças sistemáticas (mm) entre as mensurações realizadas diretamente entre modelos de gesso e os correspondentes modelos digitais 3D, valores negativos indicam medidas superestimadas no método digital.

Medidas	Modelo de gesso		eXceed™		Modelo gesso-eXceed™		
	Média	DP	Média	DP	Dif	DP	Prob.
Diâmetro do Pré-molar	7,206	0,382	6,951	0,408	0,253	0,170	<0,001
Largura Intercaninos	26,298	2,162	25,902	2,253	0,396	0,391	<0,001
Largura Intermolares	41,978	3,583	42,102	3,515	-0,124	0,437	0,219
Altura do Canino	9,432	1,154	9,118	1,136	0,314	0,192	<0,001
Comprimento do Arco	25,931	1,432	25,572	1,335	0,359	0,313	<0,001
Overjet	3,091	0,992	3,077	0,919	0,014	0,208	0,759

Itálico + negrito indicam diferença estatística significativa entre as réplicas ($P < 0,05$).

Fonte: Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB⁶².

Discussão

Os valores das medições manual e digital demonstraram ser representações exatas e precisas. Embora as mensurações realizadas em ambos os métodos estivessem sujeitas à variabilidade intraobservador, apenas duas das medidas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as réplicas, e tiveram magnitude aproximadas (CA=0,313 mm e LC=0,366 mm). O erro sistemático foi ligeiramente maior que os erros previamente relatados^{11,18,19}, mas clinicamente aceitáveis. Estudos prévios relataram que diferenças de medidas com valores inferiores a 0,20 mm demonstraram ser clinicamente aceitáveis²⁰. Diferenças sistemáticas intraobservador não devem ocorrer se o indivíduo estiver adequadamente calibrado e se o método de mensuração for padronizado.

As mensurações realizadas em modelos digitais no sistema eXceed™ foram altamente precisas. O eXceed™ produziu erros aleatórios menores do que o método convencional realizado nos modelos de gesso com o paquímetro digital. Os menores valores obtidos do ICCs foram de 0,960 e 0,916 para o modelo digital e modelo de

gesso, respectivamente. Jacob e colaboradores¹¹ (2015) utilizaram escâneres intra e extraoral e demonstram valores de ICCs semelhantes. Outros estudos mostraram altos valores de coeficiente de ICCs baseados em modelos virtuais^{13,21-23}. Considerando que o coeficiente de confiabilidade acima de 0,75 foi considerado ótimo²⁴, os valores de ICCs substancialmente mais elevados obtidos neste estudo, indicaram excelente precisão e acurácia em ambos os métodos.

Os dois métodos (paquímetro e eXceed™) demonstraram alta concordância. O gráfico de Bland-Altman mostrou que mais de 95% das diferenças entre os dois métodos estavam dentro de um desvio padrão com as diferenças de limite de concordância variando entre 0,67 mm e 1,70 mm (Figura 2). As diferenças foram relativamente baixas e se pode sugerir que o método digital pode seguramente substituir o método analógico. Akyalcin e colaboradores²¹ demonstraram concordância quase perfeita entre o escaneamento intraoral e as medidas obtidas utilizando-se um paquímetro. Jacob e colaboradores¹¹ (2015) avaliaram três escâneres (dois intraorais e um de mesa) e compararam com as medidas obtidas do paquímetro e encontraram alta concordância entre os escâneres. A literatura demonstra claramente que os escâneres e as medidas digitais podem substituir os modelos convencionais de gesso e as mensurações obtidas por paquímetros^{9,10,13-18,20-22,25,26}.

As medidas obtidas a partir de modelos digitais foram comparadas com as mesmas medidas obtidas diretamente dos modelos de gesso. Em média, as medidas digitais foram ligeiramente menores do que as medidas manuais, com as diferenças variando entre 0,01 mm a 0,40 mm. O sistema eXceed™ não foi previamente avaliado, dificultando as comparações. Estudos comparativos entre modelos de gesso e digitais encontraram diferenças significativas entre os métodos, mas sem restrições para o uso clínico^{14-17,23,26}. Müllen e colaboradores¹⁷ encontraram diferenças no comprimento do arco entre modelos de gesso e o *software* emodels™, os autores demonstraram maior comprimento do arco em modelos de gesso do que em modelos digitais¹⁷. De acordo com estudos anteriores, a discrepância em medições inferiores a 0,4 mm não são clinicamente significativas^{5,18,23}. Nossos resultados mostraram que apenas as medidas da Largura Intermolares em modelos digitais foram ligeiramente maiores que as mesmas realizadas em modelos de gesso, mas sem significado clínico ($p>0,05$). Jacob e colaboradores¹¹ (2015) verificaram que a maioria das medidas em

mandíbulas secas foi superestimada, quando comparadas às mesmas medidas em modelos digitais de três escâneres diferentes. Interessante foi que os autores encontraram diferença estatisticamente significativa, quando as medidas foram realizadas em mandíbulas secas (duas das quinze) e foram maiores que as mesmas medidas obtidas em modelos digitais. Embora o operador possa visualizar os modelos em diferentes angulações, as diferenças entre os modelos digital e de gesso podem estar relacionadas à dificuldade em se medir um objeto 3D em duas dimensões em uma tela de computador²⁰. Dependendo do treinamento, habilidades e preferências do operador, a mensuração realizada em uma tela de um computador pode ser mais ou menos precisa do que o método convencional com o uso de um paquímetro em modelos de gesso^{14,16}.

Embora não tenha sido criada nenhuma marcação de referência nos modelos de gesso para possibilitar maior credibilidade em relação aos possíveis erros, os resultados desse estudo têm limitações devido ao uso de modelos de gesso e escâner de mesa em vez de mandíbulas secas e/ou medições diretamente da boca e uso de escâneres intraorais. É possível que os modelos de gesso possam ter sofrido alguma marcação involuntária pela ponta do paquímetro. Por essa razão, o ponto demarcado facilitaria o acesso para novas mensurações, devido ao desgaste, embora as mensurações tenham sido realizadas com um intervalo de tempo entre as réplicas. Por isso o observador ao comparar as medidas de ambos os métodos pode ter sido mais preciso. Além disso, os escâneres de mesa são mais precisos que os intraorais²⁷, pelo fato de não haver interferência de tecido mole e saliva na região a ser escaneada e o objeto permanecer estático, evitando distorções na imagem gerada. Outra limitação foi o uso de uma versão de um *software* específico, embora o objetivo deste estudo tenha sido a validação do *software* eXceed™ para o uso clínico, pois permite um manuseio rápido e de fácil entendimento por parte dos clínicos.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos e dentro das limitações deste estudo, concluímos que:

1. As medidas obtidas dos modelos de gesso foram ligeiramente maiores que as digitais, excluindo o *Overjet* que foi praticamente zero; a Largura Intermolares nos modelos digitais foi ligeiramente maior que nos modelos de gesso.

2. As medições realizadas nos dois métodos foram confiáveis e reprodutíveis, embora os modelos digitais tenham sido ligeiramente mais precisos.

3. A validade das medidas obtidas dos modelos digitais eXceed™, comparadas com aquelas obtidas a partir de modelos de gesso, indicaram que ambos os métodos são aceitáveis para a prática clínica diária.

Referências

1. Kihara T, Tanimoto K, Michida M, Yoshimi Y, Nagasaki T, Murayama T, et al. Construction of orthodontic setup models on a computer. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012;141(6):806–13.
2. Stuart Hunter W, Priest WR. Errors and Discrepancies in Measurement of Tooth Size. *J Dent Res*. 1960;39(2):405–14.
3. Sweeney WT, Taylor DF. Dimensional changes in dental stone and plaster. *J Dent Res*. 1950;29(6):749–55.
4. Phillips RW, Skinner EW (Eugene W. Skinner's Science of dental materials. In: 7th ed. Philadelphia PA: WB Saunders Co. 1973. p. 682.
5. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* [Internet]. 2011 Feb 1;14(1):1–16.
6. Westerlund A, Tancredi W, Ransjö M, Bresin A, Psonis S, Torgersson O. Digital casts in orthodontics: A comparison of 4 software systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015;147(4):509–16.
7. Im J, Cha JY, Lee KJ, Yu HS, Hwang CJ. Comparison of virtual and manual tooth setups with digital and plaster models in extraction cases. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014;145(4):434–42.
8. Brown MW, Koroluk L, Ko C-C, Zhang K, Chen M, Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2015;148(6):1067–74. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889540615010574>
9. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, Van Der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013;143(1):140–7.
10. Sousa MVS, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2012 Aug;142(2):269–73. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889540612004398>
11. Jacob HB, Wyatt GD, Buschang PH. Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. *Prog Orthod* [Internet]. 2015;16(1):38.
12. Cuperus AMR, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JGJH, Breuning KH. Dental models made with an intraoral scanner: A validation study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2012;142(3):308–13.
13. El-Zanaty HM, El-Beialy AR, Abou El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AR, Mostafa YA. Three-dimensional dental measurements: An alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;137(2):259–65.
14. Quimby ML, Vig KWL, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*. 2004;74(3):298–303.

15. Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;136(1).
16. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2003;124(1):101–5.
17. Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;132(3):346–52.
18. Naidu D, Scott J, Ong D, Ho CTC. Validity, reliability and reproducibility of three methods used to measure tooth widths for Bolton analyses. *Aust Orthod J [Internet]*. 2009;25(2):97–103.
19. Schirmer UR, Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;112(6):676–80.
20. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014;146(5):673–82.
21. Akyalcin S, Dyer DJ, English JD, Sar C. Comparison of 3-dimensional dental models from different sources: Diagnostic accuracy and surface registration analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013;144(6):831–7.
22. Nawi N, Mohamed AM, Marizan Nor M, Ashar NA. Correlation and agreement of a digital and conventional method to measure arch parameters. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie [Internet]*. 2018;79(1):19–27.
23. Camardella LT, Breuning H, Vilella O de V. Are there differences between comparison methods used to evaluate the accuracy and reliability of digital models? *Dental Press J Orthod*. 2017;22(1):65–74.
24. L. Fleiss J, Levin B, Paik M. The Measurement of Interrater Agreement [Internet]. Vol. 2, Statistical Methods for Rates and Proportions. 2004. 598–626 p.
25. Gracco A, Buranello M, Cozzani M, Siciliani G. Digital and plaster models: a comparison of measurements and times. *Prog Orthod [Internet]*. 2007;8(2):252–9.
26. Horton HMI, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod*. 2010;80(2):254–61.
27. Flügge T V., Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013;144(3):471–8.

3.2 Publicação 2*

Potentialities and limitations of CAD/CAM technology on the treatment of non-extraction Angle Class I malocclusion

Fernando César Moreira¹

Luis Geraldo Vaz¹

Antonio Carlos Guastaldi²

Jeryl D English³

Helder Baldi Jacob³

¹São Paulo State University (Unesp), Department of Dental Materials and Prosthodontics, School of Dentist, Araraquara, São Paulo, Brazil.

²São Paulo State University (Unesp), Department of Physical Chemistry, Institute of Chemistry, Araraquara, São Paulo, Brazil.

³The University of Texas Health Science Center at Houston School of Dentistry, Departamento de Ortodontia, Houston/TX, EUA.

ABSTRACT

Introduction: CAD/CAM systems have assisted orthodontists to position brackets virtually. The purpose of this study was evaluate if CAD/CAM system could predict the orthodontic treatment outcome. Using ABO Cast-Radiograph Evaluation (ABO-CRE) and color map superimposition, the treated occlusion was compared to the virtual final occlusion. **Material and methods:** 24 Class I young adults were included. Using eXceed™ software the final occlusion prediction for each patient was created (Virtual set up group). Digital model of the final occlusion of each patient was created (Treated occlusion group). ABO-CRE score was used to compare groups. In addition, a color map was created for all subjects to access the mean and ranging values between the Virtual set up model and Treated occlusion model of each patient. Random and systematic errors were calculated. Chi-square and t-test also were used. **Results:** Comparisons between Virtual set up occlusion and Treated occlusion showed statistically significant differences in three out of seven measurements: interproximal contact score was larger for Treated than Virtual occlusion (0.45 mm and 0.04 mm, respectively), and the Treated occlusion showed larger values than the virtual occlusion for occlusal contacts (14.13 mm and 7.62 mm, respectively) and for overjet (7.37 mm and 0.66 mm, respectively). Although the Treated occlusion showed larger score than the virtual occlusion (50.41 mm and 43.58 mm, respectively), there is no significant difference between both. Root angulation decreased (from 1.95 ± 1.29 to 0.65 ± 0.71) due to the treatment. **Conclusion:** ABO-CRE overall score present no difference between groups. In addition, CAD/CAM setup occlusion closely predicts the final teeth alignment and leveling with inter arch relationships showing less ABO-CRE score deduction.

Keywords: Orthodontics Corrective. Computer-Aided Design. Orthodontic Appliances, Fixed. Technology, Dental.

* O artigo segue as normas do periódico *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* ao qual foi submetido.

INTRODUCTION

While achieving pleasing aesthetic treatment in shortest time possible, the orthodontic treatment should be both effective and efficient, leading to fewer appointments for orthodontists and patients.^{1,2} Ideal bracket placement allows a high quality treatment with reduced number of consults and chair time.² Therefore, accurate bracket placement at the bonding appointment is still critically important for both the orthodontist and the patient.

CAD/CAM systems have assisted the orthodontist to precisely place brackets in order to minimize the need for repositioning of brackets and bends in the arch wires.³ An important innovation of this system is the customization of orthodontic brackets, i.e. adding pads to adjust for differences in dental anatomy and/or tooth size. Technology has greatly affected orthodontists and thru the use of this knowledge has improved the reproducibility, efficiency and enhance treatment.¹

The CAD/CAM technology has stood out in the market for development of solutions directed toward planning, positioning, and customizing brackets virtually. This system's purpose is to make the orthodontic office more efficient, simplifying processes and assisting clinicians and laboratories in manufacturing accurate devices. To date, no study has evaluated eXceed™ system related to orthodontic treatment regarding bracket positioning and its respective dental alveolar changes.

The purpose of this study was to evaluate, using the Cast-Radiograph Evaluation (CRE) system of the American Board of Orthodontics (ABO), whether CAD/CAM system setup can be used to predict orthodontic treatment results of patients with Class I malocclusion with mild crowding or spacing and no needing for orthodontic extraction.⁴ The null hypothesis is there is no differences between CAD/CAM system ideal setup measurements and the full post-alignment and leveling orthodontic treatment.

MATERIAL AND METHODS

The samples consisted of 24 Angle Class I malocclusion young adults over 18 year old (15 women and 9 men; 26.14 ± 6.53 years of age). All patients were treated

in accordance of the Research Ethics Committee under number 2.451.252 of the Sao Paulo State University (UNESP), Araraquara, Brazil.

The requirements for the inclusion of clinical cases were as follows:

1. Complete permanent dentition (excluding third molars);
2. Molar relationship of Angle Class I on both sides of the dental arch;
3. Canine relationship of Angle Class I or maximum $\frac{1}{4}$ Class II;
4. None or slight dental posterior crossbite;
5. Good overall health and normal periodontal condition.

The exclusion criteria were as follows:

1. Caries lesions that compromise the dental structure;
2. Morphological variation in size and shape of the crown;
3. Moderate open bite or deep bite equal or greater than 4 mm;
4. Crowding or tooth spacing greater than 4 mm.

Cone beam computed tomography (CBCT)

Computed tomographic images were obtained within 30 days before bracket bonding, and immediately after debonding. The CBCT scans were acquired using an i-CAT[®] unit using scan protocol of 13 cm (collimation), time exposure of 40 seconds and 0.25-voxel size (resolution). The entire volume generated by i-CAT[®] software were exported into DICOM3 Multy-file format (Digital Image and Communication in Medicine) with slice thickness of 0.2 mm. Ondemand 3D[®] version 1.0.10.5385 (Cybermed Inc., Seoul, Korea) was used for multiplanar reconstruction and measurements. The DVR (Dental Volume Reformat) module allowed generation of the panoramic radiograph, which was used to control, diagnose, and evaluate the parallelism between the roots of the ABO root angulation criteria.

Digital models and orthodontic setup

Two groups of 24 digital tridimensional (3D) digital models each were evaluated: eXceed[™] Virtual setup (group 1) and Treated occlusion (group 2). Tridimensional digital models were obtained according to the following steps:

1. Traditional plaster models were obtained with alginate impressions of the dental arches using Jeltrate® Plus followed with Durone® plaster type IV (Dentsply Sirona, Rio de Janeiro, Brazil). The next step was acquisition of 3D models from the plaster casts of the patients by digitization using a 3Shape R700 desktop scanner (3Shape Dental System, Copenhagen, Denmark). The reconstruction of the digital models was obtained by 3Shape ScanIt® software producing files of the type 3Shape zip format (.3sz). The files were exported to OrthoAnalyzer™ 2013 software for conversion to stereolithography (.stl file format);

2. All data of the 24 digital models were exported to platform eXceed™ to create the virtual setups carried out by Doctor WebGL Software 2.0 analysis and diagnostic tools. easyClip™ Plus self-ligating brackets .022" x .028" slot (Aditek Orthodontics, Cravinhos, Brazil) were used for all patients. The treatment planning were checked by company's staff, revised, and approved by only one operator (FCM);

3. The system generated 3D models of all patients to be printed by an Objet Eden500V 3D Printer (Stratasys Ltd, Valencia, CA) using VeroDent™ photopolymer. Indirect bond devices were manufactured by the thermoforming method using Biolon™ and Drufolen™ H (Dreve Dentamid GmbH, Unna, Germany), each overlapped with a transparent, flexible, 1 mm thick ethylene vinyl acetate coated with another polyethylene terephthalate, which is more rigid to prevent distortion during indirect bonding procedure.

Indirect bonding clinical procedures

The indirect bonding method were performed in all 24 patients sample according to the following sequence technique:

1. Enamel etching technique was performed on all teeth of the dental arch for 20 seconds, followed by washing and drying of the enamel. Transbond XT™ primer (3M Unitek, Monrovia, California, USA) was applied on both bracket base and conditioned enamel surface followed by enamel polymerization for 20 seconds. First, the tray was positioned on the upper arch followed by 20 seconds of polymerization on each bracket side. The same procedures were performed at the lower arch. After brackets adhesive curing the double layer trays were removed, first the rigid plate

followed by the silicone plate (more flexible), both in the in the upper arch. The same procedures were performed in the lower arch;

2. Damon archwires were used to alignment and leveling according to the following sequence: .014", .018", .017" x .025", .019" x .025" Niti, and .019" x .025" stainless steel coordinates on the diagram sent by eXceed™ system. No inter or intramaxillary elastic and/or wire bending was implemented during treatment to avoid interference with the ideal planning programed by eXceed™;

3. After 3 months using rectangular steel arch wire .019" x .025" digital models were obtained following the same initial methodology previously described. Data samples were collected and all patients were treated according to the previous treatment plan and biomechanics.

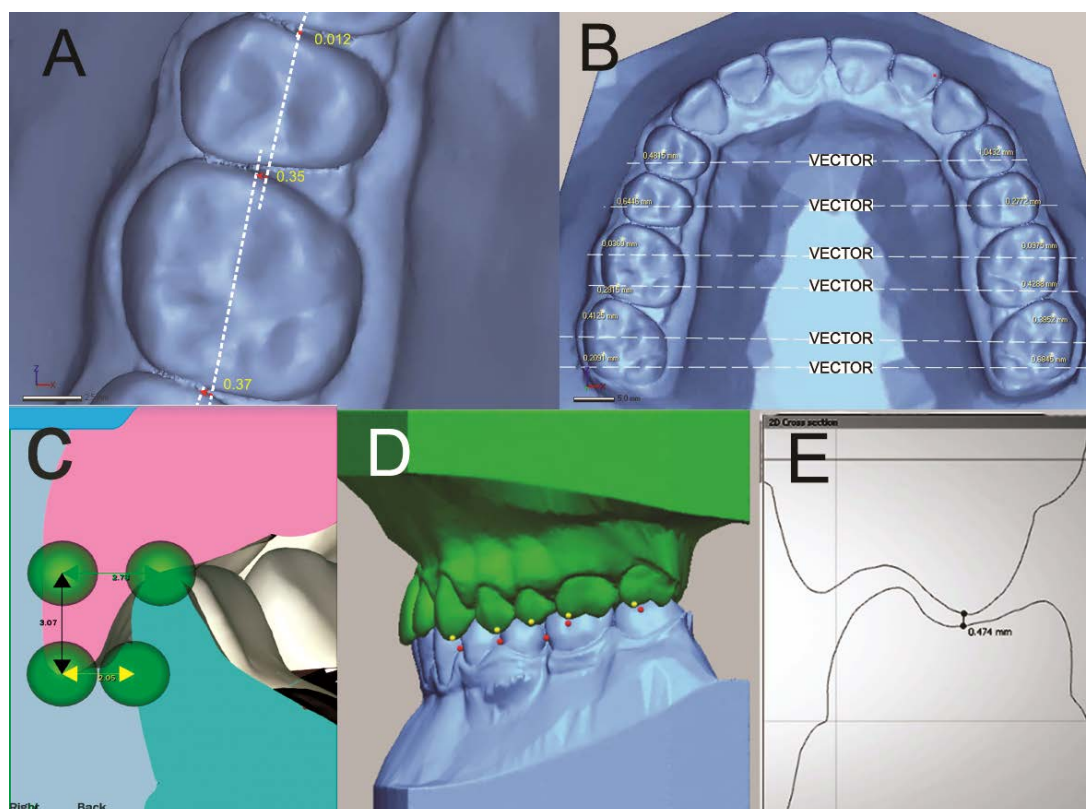
Digital method measurements using ABO-CRE

Virtual setup and treated occlusion 3D models files were exported into Geomagic® Design X™ (3D Systems Co, Rock Hill, SC) to set landmarks on each teeth to perform measurements (scale of 1/100 mm). ABO linear measurements were obtained by measuring the distance between two adjacent vectors or landmarks to vector created on the tooth in according with each analyzed criteria (Figure 1). The measurements were obtained according to parallelism of the global axes to maintain standardization and avoid any bias.

Prior to measurements, one observer (FCM) was trained and calibrated to American Board of Orthodontics Cast-Radiograph Evaluation (ABO-CRE) and accomplished overall 3D models analyses. Virtual setup and treated occlusion were objectively quantified and compared according to the ABO-CRE: alignment and rotations (AL), marginal ridges (MR), buccolingual inclination (BI), occlusal relationship (OR), occlusal contact (OC), overjet (OJ), and interproximal contact (IC). Root parallelism was evaluated only on treated occlusion group.

The superimposition method was carried out to compare the virtual setup and treated occlusion 3D digital models using Geomagic® Control X™. After measurements, all models were trimmed at tooth edge and aligned using best-fit tool to compare geometric shape surface. A color map was created for all subjects to access the mean and ranging values between the "cloud points" of the two digital group models.

Figure 1 - Demarcated points on the teeth for ABO-CRE



Demarcated points on the teeth for ABO measurements. Alignment and marginal ridges were measured using two adjacent vectors (A); Buccolingual inclination measurements were obtained by creation of transversal axis between both opposite teeth (B). In the sagittal view landmarks to overjet (C), occlusal relationship (D) and occlusal contacts (E).

Fonte: Elaboração dos autores.

2.5 Statistical analysis

Data analysis were performed by Microsoft Excel® 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) and GraphPad Prism® 7 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). The homogeneity of variance and normality of the residuals were confirmed by Levene's test and Shapiro Wilk and D'Agostino and Pearson normality tests, respectively. Intraobserver systematic errors between the replicate was described as mean differences and compared statistically with paired t tests. Intraobserver random error was estimated using Intraclass Correlation coefficients (ICCs) and method errors $[\sqrt{(\sum d^2/2n)}]$.⁵ Wilcoxon matched-pairs signed rank test was performed to compare the ABO scores of the Virtual Setup and the Treated occlusion groups. In addition, Bland-Altman analysis was carried out to verify the agreement between all measurement criteria. Descriptive statistics and Chi-square analyzes were performed for each ABO-

CRE category to verify the percentage of linear measurements that were in agreement within acceptable limits. Student t test and Pearson correlation coefficient analyzed the superimposition of the two 3D models groups. Clinical significance for teeth movements followed the ABO guidelines of $> .05$ mm for linear movements. All statistical tests were performed at a significance level of 5%.

RESULTS

Intraobserver systematic errors of the two methods were similar (Table 1). Method errors ranged from <0.01 mm to 0.23 mm (Table 2). No pattern could be observed between both, Virtual setup and Treated occlusion.

Table 1 - Systematic differences (mm) between Virtual Setup measures and Treated Occlusion cases.

Variables	Virtual Setup		Treated Occlusion	
	Diff	Sig.	Diff	Sig.
Alignment	-0.04	.517	-0.03	.663
Marginal Ridges	0.06	.198	-0.03	.467
Interproximal Contacts	0.00	*N/A	0.00	.327
Buccolingual Inclination	-0.04	.441	-0.15	.357
Occlusal Relationship	-0.01	.872	-0.04	.464
Occlusal Contacts	0.02	.519	-0.09	.110
Overjet	0.01	.737	-0.08	.374

*Not Applicable

Fonte: Elaboração dos autores.

Table 2 - Intraobserver random errors between replicates estimated with method errors (ME) and intraclass correlation coefficient (ICC).

Variables	Virtual Setup		Treated Occlusion	
	ME (mm)	ICC	ME (mm)	ICC
Alignment	0.16	.862	0.22	.727
Marginal Ridges	0.11	.648	0.10	.824
Interproximal Contacts	0.00	*N/A	0.01	.999
Buccolingual Inclination	0.13	.941	0.13	.964
Occlusal Relationship	0.23	.904	0.14	.939
Occlusal Contacts	0.08	.958	0.17	.805
Overjet	0.05	.987	0.23	.911

*Not Applicable

Fonte: Elaboração dos autores.

Intraclass correlations (ICC), ranging from .658 to >.999, showed a moderate high and high degree of reliability (Table 2). Bland-Altman plots showed that the differences of repeatability between two methods were within the limits of agreement (Figure 2). Comparisons between Virtual final occlusion and Treated final occlusion showed statistically significant differences in three out of seven measurements regarding ABO-CRE scores (Table 3). Interproximal contact score was larger for Treated than Virtual occlusion (0.45 and 0.04, respectively). In two of the three interarch measurements, the Treated occlusion showed larger values than the Virtual setup. Occlusal contacts values averaged 14.13 for the Treated occlusion while the Virtual setup averaged 7.62. The Treated occlusion showed an overjet of 7.37 and the Virtual setup showed an overjet of only 0.66. Although the Treated occlusion showed larger score than the virtual setup (50.41 and 34.58, respectively), there is no significant difference between both. Root angulation decreased 1.3 ± 1.29 (from 1.95 ± 1.29 to 0.65 ± 0.71) due to the treatment and score was statistically significant ($P < .001$).

Table 3 - Wilcoxon matched-pairs signed rank test demonstrated lower ABO scores for both T0 and T1 to MR, BI and IC criteria. Significant differences and high scores were obtained to OC and OJ criteria

Variables	Virtual Setup (T0)	Treated Occlusion (T1)	T1-T0	Sig.
	Mean / SD	Mean / SD	Diff / SD	P value
Alignment	11.25 ± 3.01	11.95 ± 2.98	0.71 ± 2.61	.161
Marginal Ridges	3.08 ± 1.79	3.08 ± 1.61	0.00 ± 2.65	.948
Interproximal Contacts	0.04 ± 0.20	0.45 ± 1.02	0.42 ± 0.92	.031
Buccolingual Inclination	3.50 ± 2.70	3.58 ± 2.53	0.08 ± 3.67	.995
Occlusal Relationship	8.41 ± 4.23	9.83 ± 3.55	1.41 ± 5.25	.242
Occlusal Contacts	7.62 ± 4.31	14.13 ± 4.30	6.50 ± 6.06	<.001
Overjet	0.66 ± 1.40	7.37 ± 3.02	6.70 ± 3.70	<.001
Total	34.58	50.41	15.83 ± 3.00	.093

Bold Italic indicates statistically significant differences ($P < .05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

According to the ABO guidelines, clinical discrepancies begin when there is no occlusal contacts on the posterior area or the measures are larger than 0.5 mm for alignment and marginal ridges and larger than 1.0 mm for the others linear measurements. Considering the ABO-CRE, when Virtual and Treated occlusion were compared only occlusal contacts and overjet presented significant difference between the times the measurements superpassed the minimum limits (Table 4). Virtual setup showed occlusion contacts in 68% of the teeth while the Treated occlusion showed only 39%. Regarding overjet, the Virtual setup presented within normal limits 99% of the times and the Treated occlusion only 80% of the times.

Color map superimposition of the 3D models showed displacement of both, maxillary and mandibular arches, between minimum and maximum contacts points of 0.34 mm and 0.31 mm, respectively. The green area corresponds to the complete alignment between both models in a given region. The variations between yellow and red correspond to a deviation in the external direction, while the variation from light blue to dark correspond to the deviation to the internal direction of the reference model (Figure 3). Maxilla deviation ranged from -0.03 mm to 0.74 mm (± 1.02 mm) with a minimum of -3.55 mm and maximum of 3.53 mm. Mandibular arches ranged from 0.0 mm to 0.57 mm (± 1.03 mm) with a minimum of -3.38 mm and maximum of 3.37 mm. Statistical analysis revealed that the superimposed models showed similar variation between both arches (Figure 4).

Bond failure occurred in 12.2% (Figure 5). The most recurring bond failure happened on mandibular second molars (37.8%) followed by the mandibular second premolars (20.7%) and maxillary second molars (11%). Out of the 82 bond failures, 15 occurred multiple times on the same tooth. Two patients were responsible for 23% of all the bond failures (11 and 8 rebonding) and had both mandibular second molars rebonded at least two times. Another patient presented with seven bond failure on seven different teeth over the treatment period. Two patients did not show any bond failure.

Table 4 - Descriptive statistics and Chi-square analyses for Virtual Setup and Treated Occlusion of the measurements that fall in each ABO guidelines category within normal limits (ABO-CRE score = 0) obtained from all the linear distances measured

ABO-CRE	Virtual Setup (%)	Treated (%)	Virtual-Treated (%)	Sig.
Alignment	345 (55.00)	335 (54.00)	-1.00	.932
Marginal Ridges	177 (62.00)	181 (63.00)	1.00	.940
Interproximal Contacts	623 (99.84)	618 (99.04)	0.00	.920
Buccolingual Inclination	395 (71.00)	380 (67.00)	-4.00	.917
Occlusal Relationship	85 (35.00)	74 (31.00)	-4.00	.965
Occlusal Contacts	322 (68.00)	188 (40.00)	-2.80	<.001
Overjet	319 (95.00)	215 (39.00)	-5.60	.001

Italic-bold font indicates significant difference between groups ($P < .05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

Figure 2 - Bland-Altman analysis plots repeatability of the two measurements among each ABO criteria

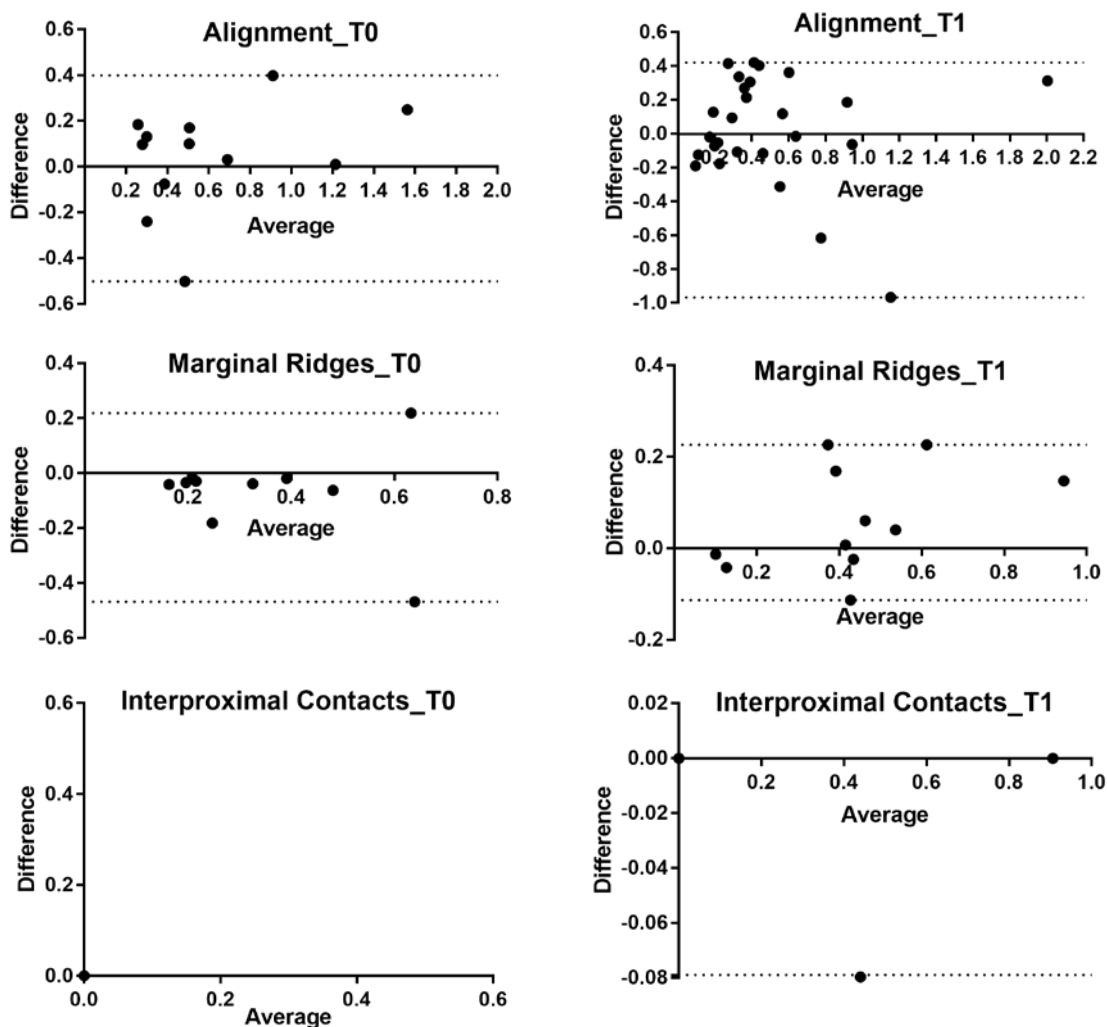
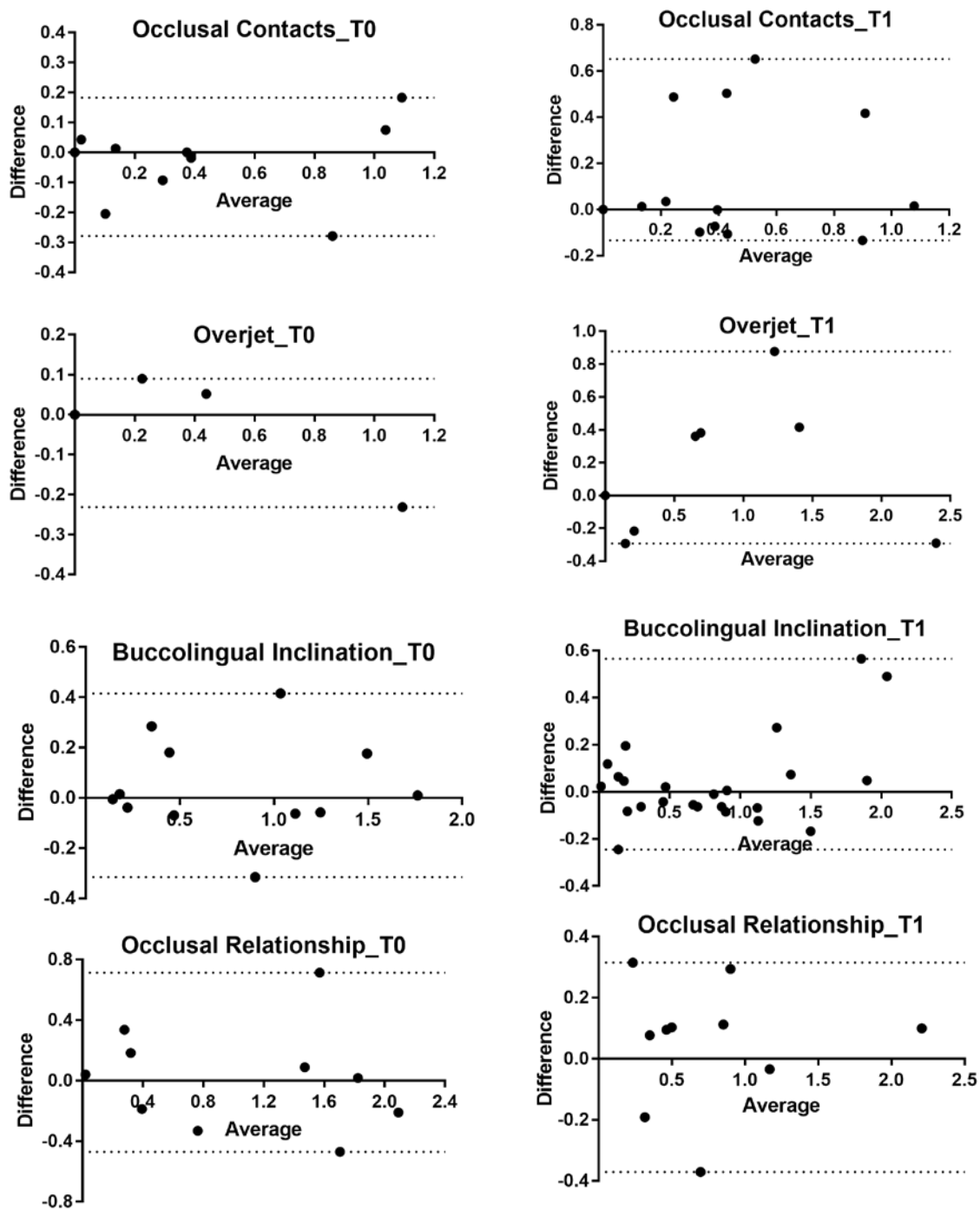


Figure 2 - Continuação



*T0 = First Measurements; T1 = Second Measurements

Fonte: Elaboração dos autores.

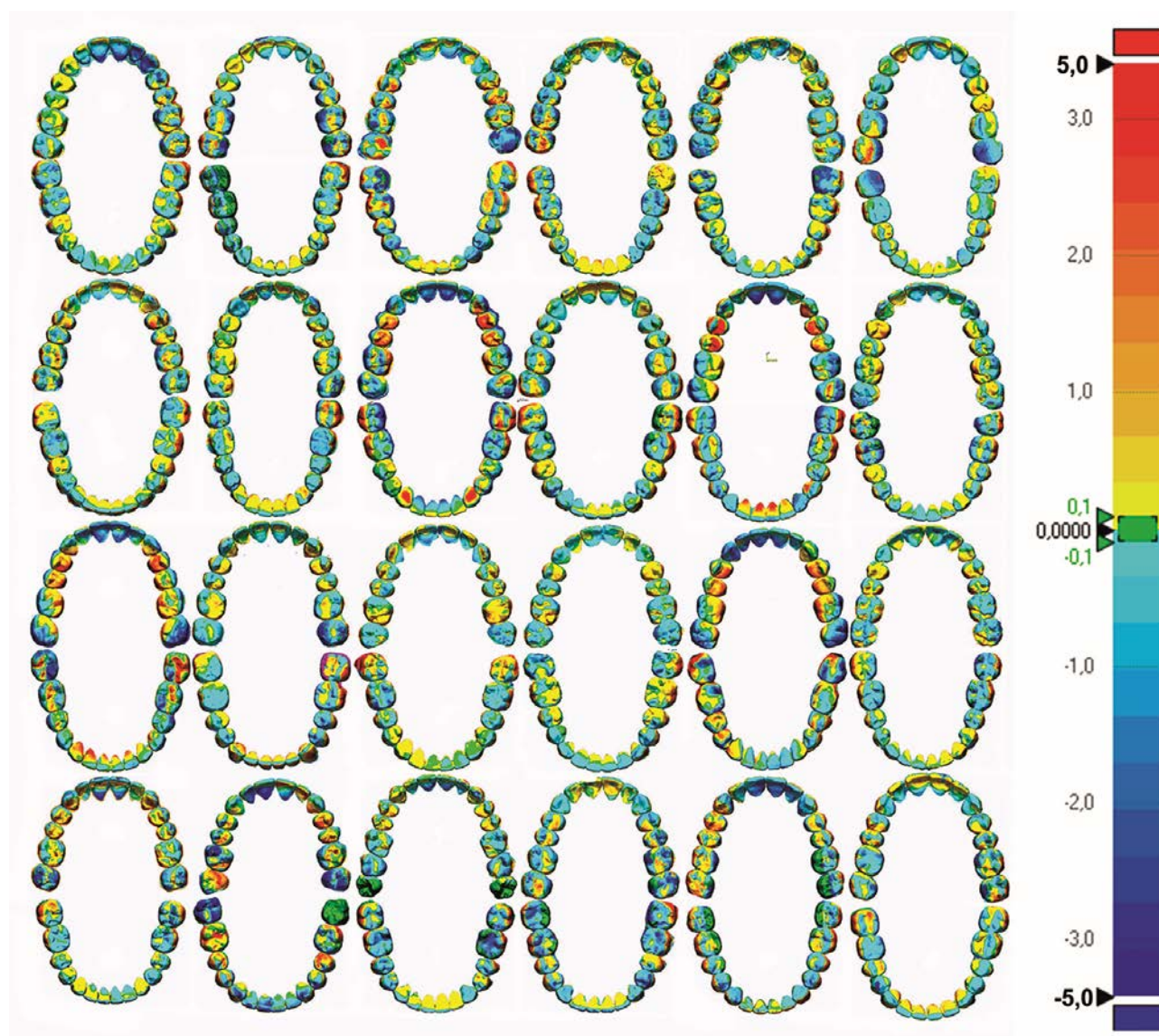
DISCUSSION

Measures from Virtual setup and Treated occlusion produced accurate representations. Although slightly larger on Treated occlusion than on Virtual setup, the systematic errors were smaller than 0.35 mm, with the larger difference of 0.21 mm. Measurement differences less than 0.20 mm have been suggested to be clinically acceptable⁶. Importantly, systematic errors were closely related to previously reported errors, the absolute differences ranged from 0.0 mm to 0.15 mm.⁷ If the individual has been adequately calibrated, systematic intraobserver differences should not be expected to occur.

Considering that reliability coefficients above .75 have been considered to be excellent,⁸ the measurements were highly reliable. Our results are in accordance with others authors that showed high correlation based in measurements on 3D digital models.^{9–15} Previous studies showed differences when ICCs were rated by different methodology, i.e. used the arithmetic difference rather than the absolute difference.¹⁴ In addition, the method error for both, Virtual and Treated groups, showed practically the same errors with differences (ranging from 0.06 mm to 0.18 mm) between replicate measurements differing by 0.10 mm or less in 83% of the time. A reasonable explication could be associated with intrinsic human errors in measurement.^{14,16}

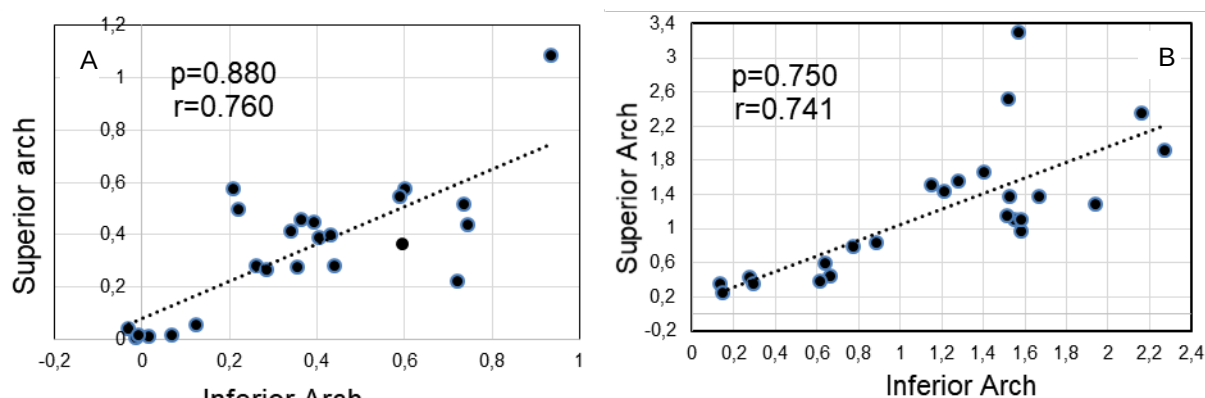
Three-dimensional measurements on Virtual setup predicted Treated occlusion. Treated occlusion scored higher using Cast-Radiograph Evaluation (CRE) from the American Board of Orthodontics (ABO) and showed more (approximately 45%) deductions than Virtual setup. Previous studies also showed overestimated score for digital models than plaster models.^{7,14} Higher ABO-CRE could be attributed to the ability of the Geomagic® software to calculate deviation accurately whose measurements outcomes produced values on the centesimal scale (1/100 mm), and on establishing the landmark identification to measure linear distances. Digital landmark identification has been consistently reported as a problem.^{13,14,17–19}

Figure 3 - Color map of the 24 subjects obtained by superposition of the Virtual Setup reference model and Treated Occlusion cases



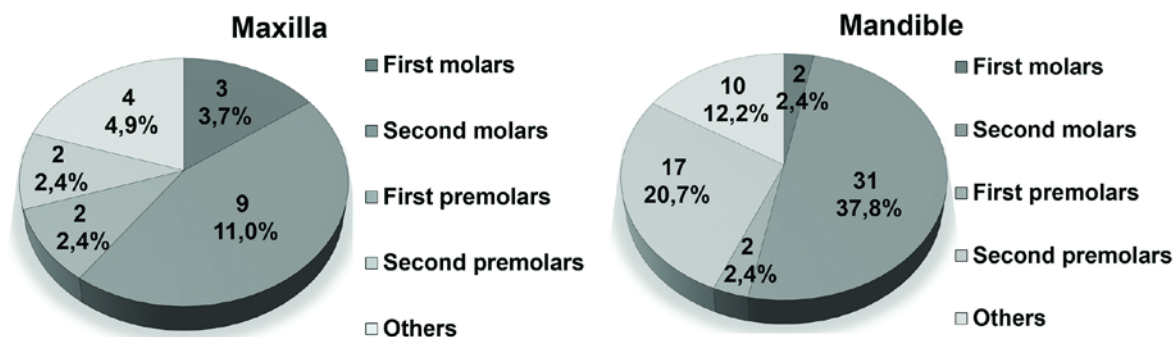
Fonte: Elaboração dos autores.

Figure 4 - Average deviation results (A) and linear variation (B) between Virtual Setup and Treated Occlusion. Comparison between maxilla and mandible superimposed arch models (mm) of the each clinical case



Fonte: Elaboração dos autores.

Figure 5 - Distribution and percentage of bracket rebonding due to bonding failure on maxilla (A) and mandible (B)



Fonte: Elaboração dos autores.

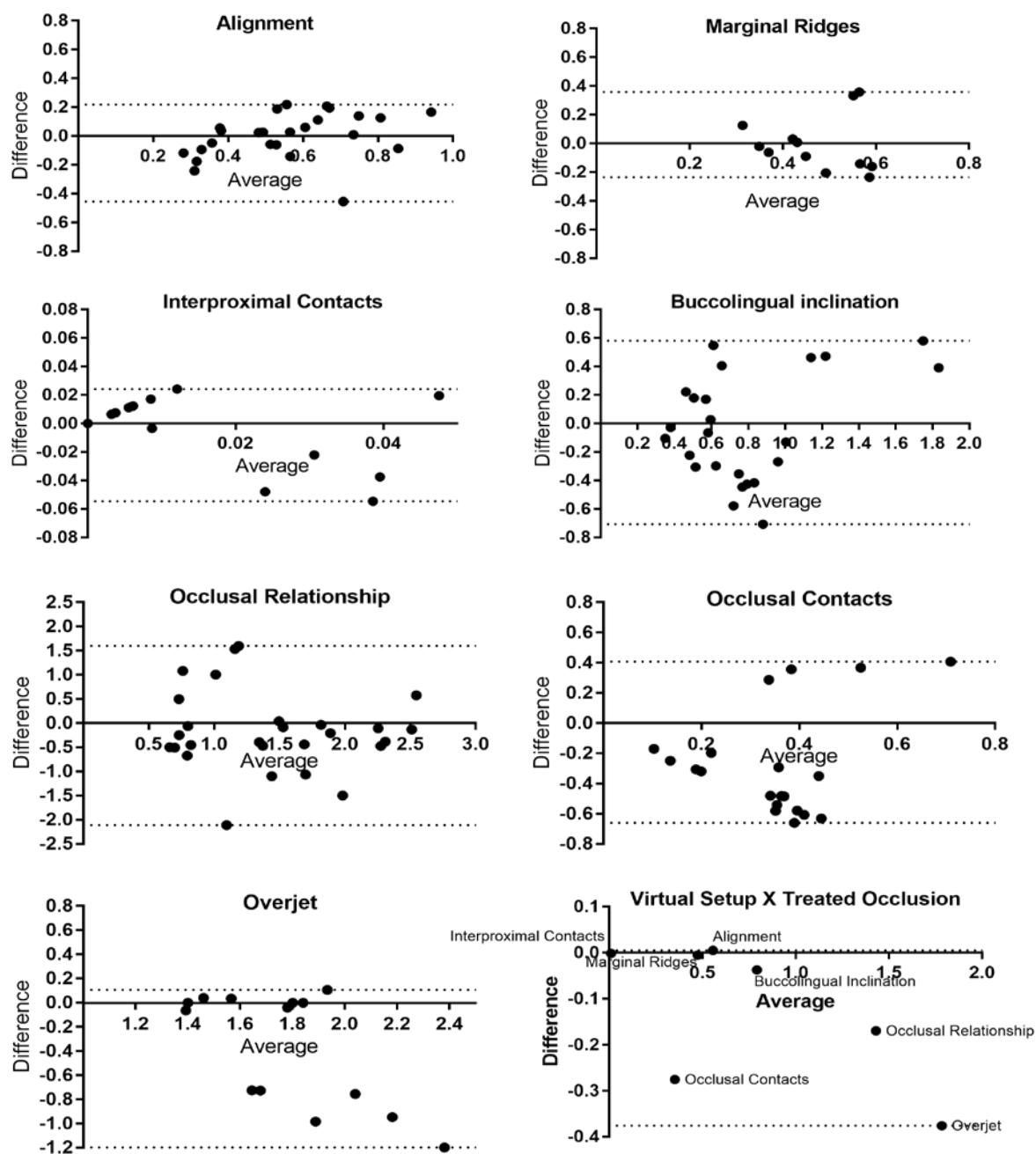
Therefore, slight variations in the determination of reference points could have contributed to the variations obtained in the scores and the higher standard deviation results. The fact digital rather than plaster models were used to measure the ABO-CRE score should not be considered a limitation, because both, Treated occlusion and Virtual setup were digital, so any potential problem with inaccuracies would apply to both. In addition, measurements taken from digital models using eXceed™ compared closely to the same measurements taken directly from the plaster.¹⁵

CAD/CAM setup closely predicts the final teeth alignment and leveling. Most of the intra arch measurements were comparable, and the ABO grade system differences were smaller than 0.01 to 0.71 deduction score. As expected, Treated occlusion showed more deductions than Virtual setup related to interproximal contact due to the lack of elastomeric use (power chain and intermaxillary elastics were avoided until the detailing and finishing phase), but they were too small and may not be clinically significant (Figure 6).

Comparisons are problematic because the previous studies used different appliances such as Invisalign® (Align Technology, San Jose, CA). It is known that Clincheck models do not accurately predicts the patient' final occlusion.²⁰ Brown and coworkers showed no difference between direct bonded, indirect bonded, and indirect bonded CAD/CAM.¹ In addition, our cases had fewer deductions of the intra arch measurements than previously reported.^{1,20}

As expected in this study, overjet and occlusal contacts present greater discrepancies between Virtual setup and Treated occlusion (Figure 4). As previously mentioned, intermaxillary elastics, such as Class II elastics, and wire bends were avoided until detailing and finishing phase. The Treated occlusion presented approximately 6.5 more deduction points (ABO-CRE) than the Virtual setup for both, overjet and occlusal contacts. Brown and coworkers showed fewer deductions for the overjet but approximately the same for occlusal contact.¹ Clear aligners have shown less deduction for overjet and occlusal contact for virtual treatment than real treatment.²⁰ Importantly, the actual treatment outcome was measured before intermaxillary elastics and wire bends. In addition, it is expected that the areas of occlusal contact increase during retention phase.^{21,22} Therefore, better score for overjet and occlusal contact should be considered.

Figure 6 - Bland-Altman analysis plots of the each 7 ABO criteria and between Virtual Setup and Treated Occlusal final cases



Fonte: Elaboração dos autores.

Root parallelism improves with orthodontic treatment. Root angulation score deduction was 66% smaller after treatment. Interestingly, the software planning was able to reduce root angulation scores in 84% of cases in the maxilla and 43% in the mandible. Mandibular crowding can make difficult to position correctly the bracket. In such situation, the clinician needs to adjust the final tooth position repositioning the bracket or bending the wire to improve tooth angulation. Dental crown long axis and marginal ridges are traditionally used as reference to bracket bonding, despite studies have showed that roots are not always in the same axis then crown.³ Although eXceed™ only uses the crown as bonding reference, the software uses algorithms that calculate the best fit of the bracket on the crown. The virtual orthodontic setup has the objective of precise bracket placement to correct malocclusion and improve root angulation. Although the adjustment of the positioning of the crowns were performed without the digital reference of the roots, the use of panoramic radiography associated with the proper alignment and leveling was possible to achieve adequate roots parallelism.

The 3D color map analysis show acceptable correspondence between the virtual and the treated occlusions. The overall superposition analyses of the 3D models showed color maps deviation with insignificant clinical differences for both groups (Figure 3). The red and blue spots on the color map were noted, but the majority of the spots were yellow, green, and light blue indicating regions of minimal discrepancies between Virtual setup and Treated occlusion. Incisal edges and buccal cusps presented minimal discrepancies between the evaluated models, presenting accurate arch shape. However, dark blue and red spots on buccal and lingual surface indicates a lack of accuracy on crown torque, especially on second molars. The possible explanation for the lack of accuracy of the second molars regarding torque could be the torque expressed differently after rebonding due to bonding failure (approximately 50% and 25% of the rebonding were second molars and second premolars, respectively). Geomagic® 3D compares the deviation between both groups' cases by projecting all paired points onto the Virtual setup reference model; the data are projected along the corresponding faces in the reference models according to the best-fit alignment without the determination of a fixed reference point. Therefore, the observed deviations do not correspond to the actual movement of the teeth and the

data showed the overall dimensional variation between the three-dimensional models. A detailed analysis of location-specific differences is beyond the scope of this study.

Orthodontics software use automated ABO-CRE tools and complex algorithm methodology to digitally grade 3D models. Currently, to our knowledge, only OrthoCAD® and SureSmile® (OraMetrix, Richardson, Texas) perform automated software-driven tools for of ABO-CRE on digitized 3D models. Our study performed 6.286 linear measurements on 3D digital models. Based on ours results, the actual ABO guidelines scores could not be suitable for measurements performed on digital software platform. We are in agreement with others authors⁴ in which case assessment cannot be overstated in the digital orthodontic systems. Interestingly, our findings produced an arithmetic ratio that was obtained by dividing the mean of the linear measurements by ABO-CRE scores obtained from the analysis of the 3D models. Two values resulting from the division quotient were obtained in both Virtual setup and Treated occlusion cases ($r_1 = 0.141$, $r_2 = 0.111$, respectively). These findings could be applied to measurements to obtain approximate ABO-CRE values for clinical analysis. Further studies must be conducted to standardize both digital and hand-graded score.

Although CAD/CAM can predict the occlusion, it is important the clinician applies the programmed biomechanics, such as inter and/or intra maxillary elastics, or create wire bends to reach the best treatment outcome. A systematic review evaluated the accuracy of bracket positioning in the direct and indirect bonding showing none advantage of one over another technique.²³ CAD/CAM technology combined with indirect bonding method is *sine qua non* condition to achieve accuracy and reliability of orthodontic treatment. CAD/CAM systems have proven to be a valuable tool for patients and clinicians, but they do not replace the skills of the clinicians. In the present day, no orthodontic system is automated enough to allow for correction by itself in all combinations of different malocclusions. The potential for CAD/CAM in orthodontics has increased significantly, but clinical evidence related to efficacy in different types of malocclusions is required to support manufacturers' claims to justify costs and allow enhancements. The use of the eXceed™ system showed efficiency at the beginning of treatment with an initial time gain in tooth alignment, the number and sequence of arches used and the final outcome of the planned occlusion. However, this method only becomes a reality when there is a decrease in the number of repositioning brackets and in the completion of finishing bends in the steel wire for occlusion

refinement. CAD/CAM system with valuable diagnostic and setup tools are an important innovation in orthodontics that it helps the orthodontist in the daily tasks. Although the tools are intuitive, it is highly recommended prior training to maximize the quality and objectives.

Clinically, it remains unclear how closely the predicted occlusion compares to the treated occlusion related to complex cases when CAD/CAM technology is used. CAD/CAM initial setup predicts the patients' final occlusion when fully customized lingual orthodontic appliance were used in the treatment of broad range of orthodontic problems.²⁴ On the other hand, clear aligners predicted final occlusion did not reflect the patients' final occlusion.²⁰ Based on fundamentals of biomechanics, biomaterials, and orthodontic knowledge, orthodontists should be not only able to treat high complex cases, but also produce a desired or predicted final occlusion generated by the CAD/CAM. A well-planned treatment can be represented in the 3D virtual set up after each tooth is moved to match the specific goal for that tooth. Doctors should review the simulation to determine when teeth are well aligned. Computer-aided treatment planning does not understand the biology of tooth movement, biomechanics and material properties, as orthodontists do. Finally, the clinician must understand the limitations of the appliance and defaults of the software, to achieve outstanding results with predictably in any type of malocclusion.

CONCLUSION

Based on the results of the comparison between the CAD/CAM system setup occlusion and the treated occlusion of the patients presenting with Angle Class I malocclusion, mild crowding or spacing, and no needing for orthodontic extraction, the following conclusions can be drawn:

1. ABO-CRE overall score did not show difference between the prediction of the virtual occlusion and the treated occlusion;
2. CAD/CAM setup closely predicts the final teeth alignment and leveling;
3. Inter ach relationships showed less ABO-CRE score deduction for CAD/CAM setup occlusion than treated occlusion;
4. Root parallelism improved after treatment.

REFERENCES

1. Brown MW, Koroluk L, Ko C-C, Zhang K, Chen M, Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015;148:1067–74.
2. Weber D, Koroluk L, Phillips C, Nguyen T, Proffit W. Clinical Effectiveness and Efficiency of Customized vs . Conventional Preadjusted Bracket Systems. *J Clinic Orthod*. 2013;47:261–6.
3. El-Timamy AM, El-Sharaby FA, Eid FH, Mostafa YA. Three-dimensional imaging for indirect-direct bonding. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2016;149:928–31.
4. Scott JD, English JD, Cozad BE, et al. Comparison of automated grading of digital orthodontic models and hand grading of 3-dimensionally printed models. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2019;155:886–90.
5. H. HO, Dahlberg G. Statistical Methods for Medical and Biological Students. *J R Stat Soc*. 1941;104:65.
6. Schirmer UR, Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1997;112:676–80.
7. Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E, Evans CA, Sadowsky C, Fadavi S. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: Digital vs plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;131:51–6.
8. L. Fleiss J, Levin B, Paik M. Statistical Methods for Rates and Proportions,3rd Edition. 2004; Chapter 18: The Measurement of Interrater Agreement: 598-626.
9. Akyalcin S, Dyer DJ, English JD, Sar C. Comparison of 3-dimensional dental models from different sources: Diagnostic accuracy and surface registration analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013;144:831–7.
10. El-Zanaty HM, El-Beialy AR, Abou El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AR, Mostafa YA. Three-dimensional dental measurements: An alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;137:259–65.
11. Nawi N, Mohamed AM, Marizan Nor M, Ashar NA. Correlation and agreement of a digital and conventional method to measure arch parameters. *J Orofac Orthop*. 2018;79:19–27.
12. Camardella LT, Breuning H, Vilella O de V. Are there differences between comparison methods used to evaluate the accuracy and reliability of digital models? *Dental Press J Orthod*. 2017;22:65–74.
13. Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ, Efstratiadis S. Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2005;128:624–9.
14. Hildebrand JC, Palomo JM, Palomo L, Sivik M, Hans M. Evaluation of a software program for applying the American Board of Orthodontics objective grading system to digital casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008;133:283–9.
15. Moreira FC, Vaz LG, English JD JH. Acurácia e confiabilidade de modelos digitais tridimensionais – validação do software eXceed. *Orthod Sc Pract*. 2019;12:113–9.

16. Awad MG, Ellouze S, Ashley S, Vaid N, Makki L, Ferguson DJ. Accuracy of digital predictions with CAD/CAM labial and lingual appliances: A retrospective cohort study. *Semin Orthod*. 2018;24:393–406.
17. Dragstrem K, Galang-Boquiren MTS, Obrez A, Costa Viana MG, Grubb JE, Kusnoto B. Accuracy of digital American Board of Orthodontics Discrepancy Index measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015;148:60–6.
18. Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB. O uso da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia – setup ortodôntico e colagem indireta pelo sistema eXceed. *Orthod Sci Pract*. 2019;12:145–51.
19. Jacob HB, Wyatt GD, Buschang PH. Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. *Prog Orthod*. 2015;16:38.
20. Buschang PH, Ross M, Shaw SG, Crosby D, Campbell PM. Predicted and actual end-of-treatment occlusion produced with aligner therapy. *Angle Orthod*. 2015;85:723–7.
21. Dinçer M, Meral O, Tumer N. The investigation of occlusal contacts during the retention period. *Angle Orthod*. 2003;73:640–6.
22. Horton JK, Buschang PH, Oliver DR, Behrents RG. Comparison of the effects of Hawley and perfector/spring aligner retainers on postorthodontic occlusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135:729–36.
23. Li Y, Mei L, Wei J, et al. Effectiveness, efficiency and adverse effects of using direct or indirect bonding technique in orthodontic patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health* 2019;19:137.
24. 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.

3.3 Publicação 3*

O uso da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia: setup ortodôntico e colagem indireta pelo sistema eXceed™

Fernando César Moreira¹, Luis Geraldo Vaz¹, Helder Baldi Jacob²

¹Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara, Departamento de Materiais Odontológico e Prótese.

²The University of Texas Health Science Center at Houston School of Dentistry, Departamento de Ortodontia, Houston/TX, EUA.

Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB. **O uso da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia – setup ortodôntico e colagem indireta pelo sistema eXceed™**. Orthod. Sci. Pract. 2019; 12(47):145-151.
DOI: 10.24077/2019;1247-145151

Resumo

Os sistemas CAD/CAM, incluindo o sistema eXceed™, possibilitam aos ortodontistas a realização de diagnóstico, planejamento de casos clínicos, e posicionamento virtual de braquetes. A posição de cada acessório, determinada pelo software, é transferida para o modelo tridimensional do paciente sobre o qual um dispositivo de transferência para colagem indireta (CI) de braquetes é produzido. A CI permite uma melhoria na precisão da colagem de acessórios ortodônticos diminuindo o tempo e o custo do tratamento devido a menor necessidade de dobras de finalização e reposicionamento de braquetes. O caso clínico apresentado tem o objetivo de apresentar um tratamento ortodôntico utilizando o método de CI com posicionamento virtual de braquetes idealizado pelo sistema eXceed™. O posicionamento dos braquetes programado pelo sistema eXceed™ permitiu um posicionamento “ideal” dos dentes dispensando a implementação de dobras de finalização e proporcionando uma oclusão ideal. Esta nova tecnologia demonstrou ser eficiente e eficaz, e o *setup* ortodôntico fornecido pelo sistema ficou acordante com o resultado final do tratamento ortodôntico.

Palavras-chave: CAD/CAM. Modelos Digitais. Ortodontia Corretiva. Aparelho Ortodôntico Fixo.

* O artigo segue as normas do periódico no qual foi publicado. Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB. **O uso da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia – setup ortodôntico e colagem indireta pelo sistema eXceed™**. Orthod. Sci. Pract. 2019; 12(47):145-151. DOI: 10.24077/2019;1247-145151.

Abstract

CAD/CAM systems, including eXceed™ system, allow the orthodontists perform diagnosis, treatment plan, and virtual position brackets. Each bracket position, determined by the software, is transferred to a tridimensional patient model enabling to build an indirect bonding (IB) tray. IB allows improvement in the ideal bracket position decreasing time and cost of the treatment due to less detailing bends and/or bracket repositioning. The case report purpose is present an orthodontic treatment using IB with virtual bracket positioning using eXceed™ system. The bracket virtual positioning from eXceed™ system allowed an ideal final teeth positioning eliminating detailing bends and reaching the ideal occlusion as planned. This CAD/CAM technology has shown to be efficient and effective, and the virtual tridimensional orthodontic setup has been in agreement with the final treatment occlusion.

Key words: CAD/CAM. Digital Models. Corrective Orthodontics. Fixed Orthodontic Appliance.

Introdução

Uma dificuldade clínica comum enfrentada pelos ortodontistas é o posicionamento de braquetes na técnica de colagem direta (CD). A variação da morfologia dentária, a dificuldade de visão direta da estrutura anatômica, o controle dos tecidos moles bucais, somada à subjetividade, podem determinar variações na posição final dos dentes. Os erros de colagem dificultam a expressão das inclinações, angulações, e ajustes vestibulo-linguais “ideais” embutidos nos braquetes pré-ajustáveis^{1,2}. A técnica da colagem indireta (CI) de braquetes³ permitiu uma melhoria na precisão da colagem de acessórios, e tem se mostrado como método vantajoso em relação ao método convencional de CD de braquetes⁴.

O desenvolvimento de novas tecnologias digitais tem auxiliado a ortodontia a obter maior precisão. Os sistemas CAD/CAM (*Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing*) introduzido na ortodontia em 2001, permitiram a otimização dos processos laboratoriais e tratamento ortodôntico com previsibilidade. A posição “ideal” de cada acessório, determinada pelo *software*, é transferida para o modelo tridimensional (3D) inicial do paciente sobre o qual um dispositivo de transferência para CI de braquetes é produzido pelo sistema CAD/CAM. A criação de uma base individualizada fabricada com resina, os “*pads*”, quando necessários, possibilitam a correção do posicionamento do dente nos três planos do espaço. Esta prerrogativa poderia diminuir sensivelmente o tempo e o custos do tratamento devido a menor necessidade de dobras de finalização.

O sistema eXceed™ tem possibilitado aos ortodontistas a realização de diagnóstico e planejamento de casos clínicos, posicionamento virtual de braquetes, e tratamento com alinhadores invisíveis. O relato do caso clínico a seguir tem o objetivo de apresentar um tratamento ortodôntico utilizando o método de CI com posicionamento virtual de braquetes idealizado pelo sistema eXceed™.

Diagnóstico e etiologia

O paciente V.B.O., 22 anos de idade, sexo masculino, procurou atendimento na Faculdade de Odontologia de Araraquara (UNESP) – para tratamento ortodôntico, com a queixa principal dos dentes desalinhados. No exame intraoral, notou-se higiene oral aceitável e moderada inflamação periodontal. Após a avaliação inicial, foi solicitado uma tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), fotografia facial e intraoral, e modelos das arcadas dentárias para a realização do diagnóstico e planejamento ortodôntico.

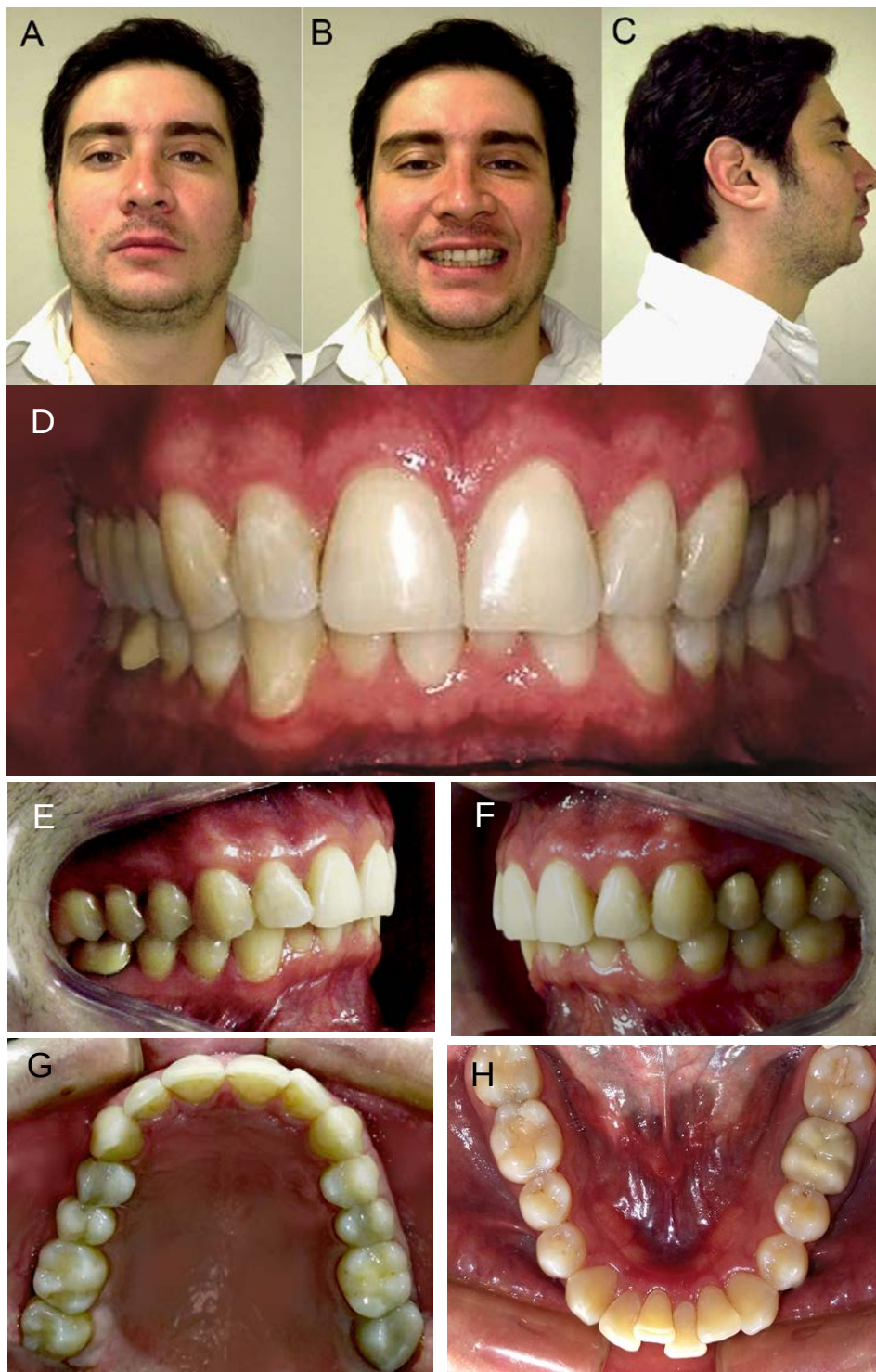
A análise facial demonstrou um padrão mesoprosóptico, simetria facial e perfil convexo. No sorriso foi verificado o desalinhamento dos dentes incisivos inferiores e a presença de um leve corredor bucal do lado direito (Figura 1). A TCFC e os modelos digitais 3D foram usados para auxiliar no diagnóstico e no planejamento do tratamento ortodôntico. A análise das imagens da TCFC demonstrou padrão esquelético de Classe I, e os modelos 3D foram analisados pelo eXceed Pro Software™ (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de modelos 3D das arcadas dentárias utilizando o *software* eXceed Pro. As medidas obtidas (mm) dos modelos nos três tempos, inicial (T0), final do tratamento (T1) e o *setup* ortodôntico (T2)

	MANDÍBULA			MAXILA						
	T0	T1	T2	T0	T1	T2		T0	T1	T2
Comprimento do arco	87,00	93,71	91,22	103,00	104,41	100,27	Overjet	2,62	2,50	1,50
Espaço requerido	87,18	87,18	87,18	95,28	95,28	95,28	Overbite	4,59	1,40	1,30
Distância intermolar	43,41	43,72	41,37	43,68	43,54	41,25				

Fonte: Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB⁶³.

Figure 1 - Fotografias faciais pré-tratamento e intraoral do paciente (A-H)



Fonte: Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB⁶³.

Medidas intra e interarcos, obtidas pelas ferramentas do *software*, demonstraram não haver a necessidade de obtenção de espaço adicional para o alinhamento dos incisivos na arcada inferior (Tabela 1). Apesar do perfil facial convexo, a relação molar Classe I de Angle bilateral tornou o plano de tratamento

favorável, sendo desnecessário a realização de exodontia com consequente implementação de mecânica de retração dentária.

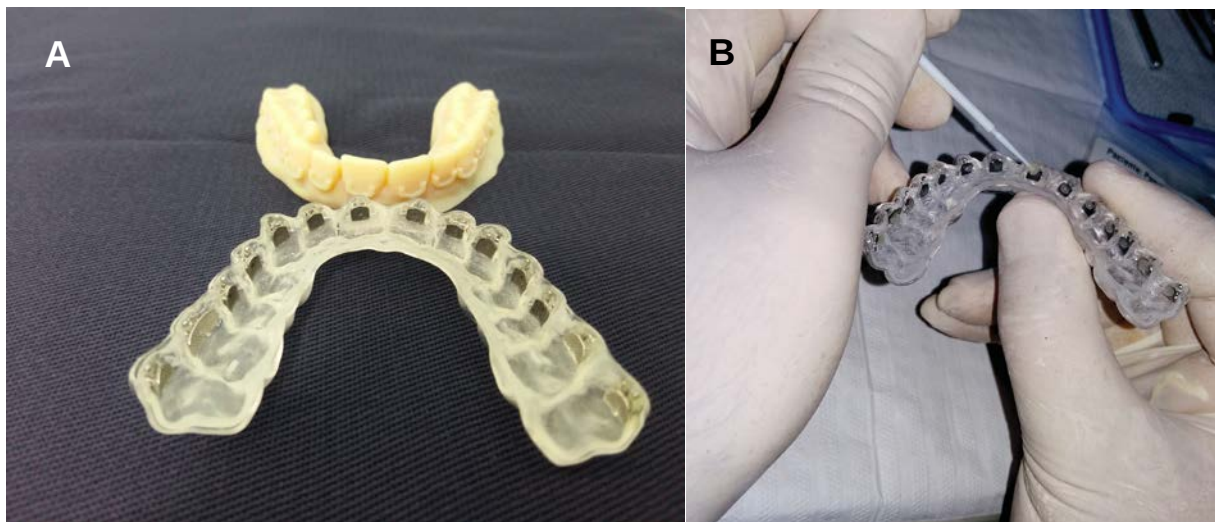
Os objetivos do tratamento foram realizar o alinhamento e nivelamento dentário com a dissolução do apinhamento dentário inferior, correção das inclinações dentárias e da mordida profunda.

Etapa Laboratorial

Os modelos iniciais do paciente foram obtidos por moldagem intraoral das arcadas dentárias com alginato, seguido de vazamento com gesso. Os modelos obtidos foram digitalizados por um escâner de mesa 3Shape R700 e os arquivos digitalizados foram exportados para o *software* OrthoAnalyzer™ 2013 (3Shape Dental System™, Copenhagen, Dinamarca) para a conversão dos arquivos em estereolitografia (.stl).

O processo de inclusão de um caso clínico no sistema eXceed™ exige além dos modelos digitais 3D, o envio de uma radiografia panorâmica e, no mínimo, cinco fotos do paciente (duas fotos da face e três intraorais). O *setup* ortodôntico foi obtido com o auxílio das ferramentas de análise e diagnóstico do *software* Doctor WebGL 2.0 na plataforma. O eXceed™ dispõe de dois tipos diferentes de soluções para o planejamento e posicionamento de braquetes ortodônticos convencionais o RX e TX, e um sistema lingual, o LX. O sistema utilizado neste caso clínico foi o TX, que se diferencia do RX por utilizar a metodologia do *setup* ortodôntico para revisão após a análise da oclusão e determinação do plano de tratamento idealizado. Foi selecionado os braquetes autoligados easyClip™ Plus slot 0,022"x0,028" prescrição Roth (Aditek do Brasil, Cravinhos, São Paulo) disponível em várias configurações dentro da biblioteca do eXceed™. A posição "ideal" de cada dente foi estabelecida pelo sistema de acordo com as informações das angulações de cada braquete escolhido. A posição "ideal" dos braquetes foram gravadas no modelo virtual 3D e as informações armazenadas para posterior impressão dos "*pads*" nos modelos (Figura 2 A). Existe a possibilidade de realizar ajustes e refinamento da oclusão após o recebimento do plano de tratamento enviado pelo eXceed™ por meio das ferramentas específicas do *software*. Após a aprovação do plano de tratamento, o projeto foi enviado para a empresa Aditek do Brasil para a produção dos dispositivos de colagem indireta.

Figure 2 - Modelo em polímero, com os “pads” para encaixe dos braquetes (A), e dispositivos de CI com os braquetes transferidos na posição “ideal”; Aplicação do adesivo sobre a base dos braquetes (B)

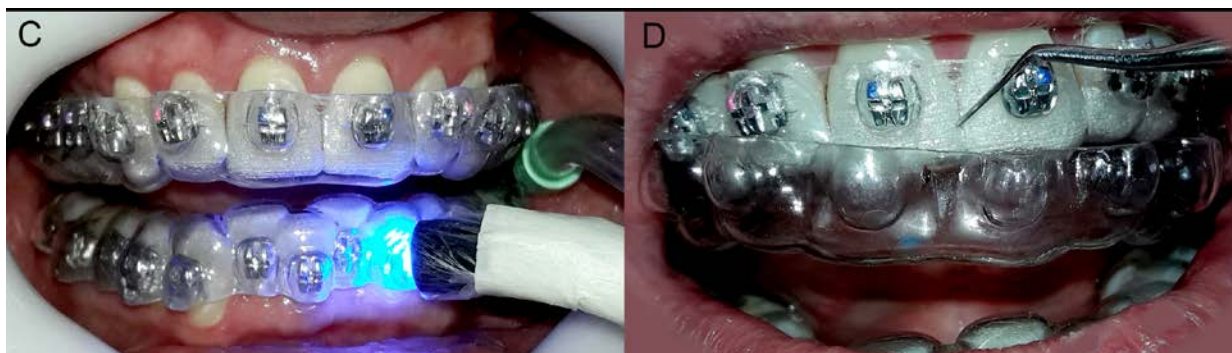


Fonte: Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB⁶³.

A etapa seguinte foi a realização da CI de braquetes, no qual o primeiro passo foi a checagem de possíveis distorções e verificação da adaptação dos dispositivos inseridos nas arcadas do paciente. A técnica do condicionamento ácido do esmalte dentário foi realizado com gel a 37% por 30 segundos, exceto nos 3º molares que foram excluídos do plano de tratamento, seguido de lavagem e secagem completa. O primer adesivo foi aplicado em todos os dentes condicionados e uma fina camada de adesivo resinoso Transbond XT™ Light Cure Adhesive (3M Unitek, Monrovia-Califórnia, EUA) (Figura 2B) foi aplicada sobre a superfície da base dos braquetes. Quando necessário, uma camada adicional de resina foi aplicada sobre a base para permitir a criação dos “pads”, cujo objetivo foi o preenchimento do espaço entre a base e o dente resultante do posicionamento “ideal” determinado pelo eXceed™. Em seguida, o dispositivo foi inserido sob leve pressão para o completo assentamento sobre os dentes e todos os braquetes foram polimerizados por 20 segundos (Figura 2C). Após a polimerização completa do adesivo nas arcadas, o dispositivo de CI foi removido, iniciando-se pela placa rígida, seguida da flexível (Figura 2D). A remoção dos excessos de adesivo foi realizada com brocas para polimento de alta rotação seguida de polimento com taça de borracha. O posicionamento dos braquete sobre

os dentes após a CI foi comparado com o *setup* ortodôntico e demonstrou a precisão da transferência do planejamento idealizado pelo eXceed™ (Figura 3).

Figura 3 - Dispositivos de CI posicionados e fotopolimerização dos braquetes (C); Remoção das placas sobrepostas de polivinil acetato (D)



Fonte: Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB⁶³.

Figure 4 - Aparelho ortodôntico fixo após a colagem indireta nas vistas frontal



Fonte: Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB⁶³.

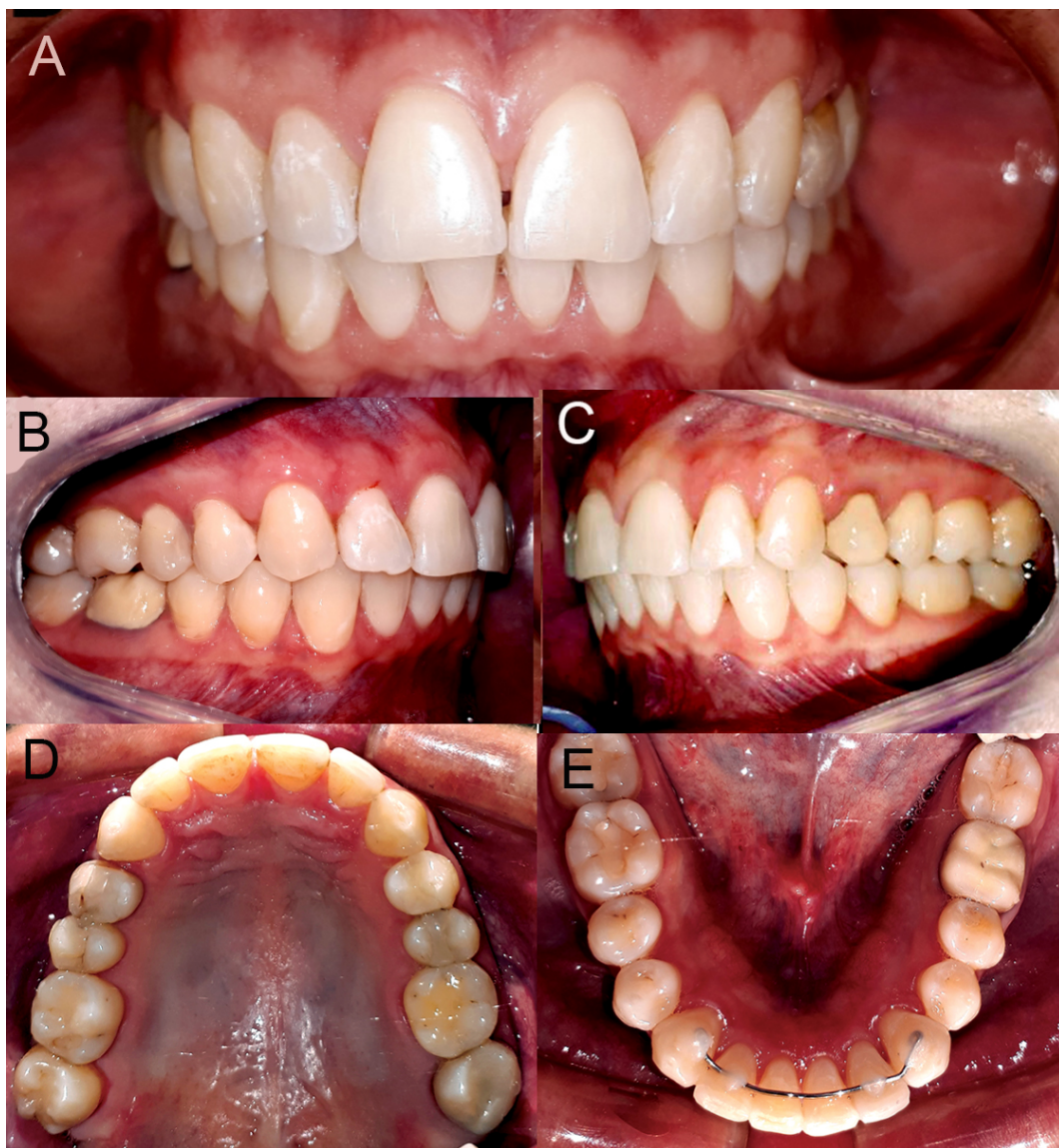
O alinhamento e nivelamento iniciou-se com a seguinte sequência de fios de níquel-titânio: 0,014", 0,018", 0,017"x0,025" e 0,019"x0,025", totalizando 8 meses para o completo alinhamento dos arcos dentários. Para a confecção do arco "ideal" nos fios de aço, o sistema eXceed™ forneceu o diagrama das arcadas dentárias do paciente, disponível para impressão no prontuário virtual do paciente. Os fios diagramados de aço 0,019"x0,025" foram inseridos nas arcadas e mantidos por 3 meses para permitir a expressão das angulações dos braquetes idealizados pelo eXceed™. O refinamento final da oclusão foi realizado com o uso do fio de aço trançado 0,017"x0,025" e elásticos intraoral de 3/16" interarcos para a intercuspidação dentária. Após 18 meses de tratamento o aparelho fixo foi removido e uma placa de Hawley superior e barra 3-3 inferior como contenção foi instalado (Figura 4).

Resultados

O alinhamento, nivelamento e a correção da mordida profunda permitiram o correto engrenamento oclusal. A análise dos modelos 3D demonstrou que houve um pequeno aumento do perímetro do arco dentário superior de 103,00 mm para 104,41 mm e inferior de 87,00 mm para 93,71 mm (Tabela 1). O diagrama fornecido pelo eXceed™ possibilitou que o fio confeccionado sobre ele determinasse o perímetro individualizado do arco. O aumento do perímetro foi resultado da inclinação das coroas. Este ganho de espaço teve uma relevância na correção da Curva de Spee acentuada no arco inferior, no qual permitiu extrusão dos pré-molares, com consequente correção da mordida profunda.

O *Overjet* não se alterou, o sistema eXceed™ programou os torques dos incisivos para manter um trespasse com valor dentro da normalidade (Tabela 1). As relações molar e canino de Classe I obtidas pela mecânica ortodôntica propiciaram equilíbrio e estabilidade oclusal com a recuperação da função nos movimentos excursivos mandibulares.

Figura 5- Arcadas dentárias após a finalização do tratamento ortodôntico



Fonte: Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB⁶³.

Discussão

A morfologia dentária tem sido implicada como um importante fator no correto posicionamento dos braquetes, no alinhamento e nivelamento⁵. No entanto, a CD de braquetes, realizada pela maior parte dos ortodontistas é executada de maneira imprecisa e subjetiva⁶. Quando um braquete é colado numa posição que não “ideal”, o procedimento de recolagem será inevitável ou a implementação de procedimentos corretivos para compensação do erro muitas vezes torna-se uma necessidade^{1,7-9}. Por isto, ortodontistas raramente conseguem finalizar o tratamento com a prescrição *straight-wire* sem dobras de compensações devido às variações da morfologia dentária⁸, aos erros inerentes à técnica de colagem e à deficiência na mecânica ortodôntica utilizada^{1,7-9}.

As CD e CI têm sido comparadas em estudos por diversos autores em relação à resistência de união adesiva dos braquetes ao dente^{10,11}, falhas adesivas^{12,13}, precisão no posicionamento¹³⁻¹⁷, tempo de tratamento^{12,13} e tempo para completar as etapas laboratorial e clínica^{13,14}. Em geral, estes estudos não têm demonstrado diferenças entre os dois métodos^{10,13,17}, nas taxas de adesividade dos braquetes¹²⁻¹⁴ e no tempo de tratamento¹². Apesar das vantagens da CI sobre a CD^{10,14}, estudos laboratoriais e clínicos demonstraram resultados contraditórios¹³⁻¹⁵. A CI requer maior tempo e treinamento da equipe para a etapa laboratorial, como, por exemplo, o posicionamento e montagem dos braquetes sobre os modelos. Além disto, a técnica pode se tornar extremamente difícil quando existe má-oclusão complexa, dentes com coroa clínica curta e girovertidos e ainda, podem requerer o uso de um adesivo específico¹⁸.

A utilização da CI associada à tecnologia do sistema eXceed™, teve como objetivo a obtenção de precisão, diminuição das variáveis que provocam erros e necessidade de dobras de finalização no fio de aço, consequentemente diminuição do tempo clínico. Uma prerrogativa do eXceed™ é a possibilidade de previsão da oclusão final por meio do *setup* ortodôntico. Outro benefício que o sistema permite é a possibilidade de recolagens com a manutenção da posição espacial do acessório programado pelo *software*¹⁹. Durante o tratamento, houve a necessidade de realização de recolagens dos tubos dos 2º molares inferiores devido à quebra. O dispositivo de CI foi seccionado na região de interesse, e um novo tubo foi reposicionado e recolado.

Neste relato clínico, não houve diferença entre o final do tratamento ortodôntico e o *setup* virtual fornecido pelo eXceed™ (Tabela 1). A distância intermolar das arcadas ao final do tratamento foi cerca de 2 mm maior que o *setup* ortodôntico. O perímetro dos arcos superior e inferior aumentaram, respectivamente, 4 e 2 mm em relação ao *setup* ortodôntico. O eXceed™ propiciou o alinhamento dos dentes (8 meses), correção da mordida profunda mantendo o *overjet* (Tabela 1). O fio de aço 0,019"X0,025", diagramado, foi mantido nos *slots* dos braquetes do aparelho fixo por 3 meses para estabilização. Não foi necessário nenhuma dobra adicional nos fios de aço para a implementação de torque. O refinamento da oclusão em alguns casos se torna necessário devido à ação muscular inerente, hábito parafuncional, interferência oclusal nos movimentos mandibulares ou ainda devido ao próprio padrão esquelético-muscular do paciente.

Conclusão

O planejamento virtual e o *setup* ortodôntico associados à produção de um dispositivo de CI de braquetes preciso pelo sistema CAD/CAM demonstrou eficiência e eficácia no tratamento ortodôntico. O sistema eXceed™ permitiu a movimentação dos dentes para a posição planejada do *setup* virtual ortodôntico com consequente correção da maloclusão, melhora da estética e função em um menor tempo clínico, sem a necessidade de dobras de finalização.

Referências

1. Weber D, Koroluk L, Phillips C, Nguyen T, Proffit W. Clinical Effectiveness and Efficiency of Customized vs. Conventional Preadjusted Bracket Systems. *J Clin Orthod*. 2013;XLVII(4):261–6.
2. Andrews LF. The straight-wire appliance. Explained and compared. *J Clin Orthod [Internet]*. 1976;10(3):174–95.
3. Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod*. 1972;62(3):236–44.
4. Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2018;153(2):298–307.
5. Suárez C, Vilar T. The effect of constant height bracket placement on marginal ridge levelling using digitized models. *Eur J Orthod*. 2010;32(1):100–5.
6. Balut N, Klapper L, Sandrik J. Variations in bracket placement in the preadjusted orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1992;102(1):62–7.
7. Creekmore TD, Kunik RL. Straight wire: the next generation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop [Internet]*. 1993;104(1):8–20.
8. Miethke RR, Melsen B. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and Third Order Correction with Preadjusted Appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1999;116(3):329–35.
9. Dellinger EL. A scientific assessment of the straight-wire appliance. *Am J Orthod*. 1978;73(3):290–9.
10. Hocevar RA, Vincent HF. Indirect versus direct bonding: Bond strength and failure location. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]*. 1988;94(5):367–71.
11. Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod [Internet]*. 1978;74(1):62–78.
12. Deahl ST, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;132(6):738–42.
13. Yıldırım K, Saglam-Aydinatay B. Comparative assessment of treatment efficacy and adverse effects during nonextraction orthodontic treatment of Class I malocclusion patients with direct and indirect bonding: A parallel randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]*. 2018;154(1):26–34.
14. Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod*. 1982;82(4):269–76.
15. Hodge TM, Dhopatkar AA, Rock WP, Spary DJ. A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement. *J Orthod [Internet]*. 2004;31(2):132–7.
16. Israel M, Kusnoto B, Evans CA, Begole E. A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. *Angle Orthod*. 2011;81(5):828–35.

17. Kalra RK, Mittal S, Gandikota C, Sehgal V, Gupta R, Bali Z. Comparison of accuracy of bracket placement by direct and indirect bonding techniques using digital processing-an in-vitro study. *J Clin Diagnostic Res.* 2018;12(9):ZC07-ZC11.
18. Sondhi A. Effective and Efficient Indirect Bonding: The Sondhi Method. *Semin Orthod [Internet].* 2007;13(1):43–57.
19. Grauer D, Wiechmann D, Heymann GC, Swift EJ. Computer-aided design/computer-aided manufacturing technology in customized orthodontic appliances. *J Esthet Restor Dent.* 2012;24(1):3–9.

4 DISCUSSÃO

Os sistemas CAD/CAM empregados na Odontologia utilizam *softwares* com capacidade de realizar o diagnóstico, geração de um *setup* preditivo e posicionamento virtual individualizado de braquetes. Este estudo prospectivo foi o primeiro a utilizar o *software* eXceed™ para o posicionamento virtual de braquetes em modelos 3D com produção de um dispositivo de transferência preciso para a colagem indireta em pacientes⁶³. As mensurações realizadas nos dois métodos (modelos de gesso e digitais) por meio do uso do *software* do eXceed™ foram confiáveis e reproduzíveis. Os resultados obtidos das mensurações realizadas em modelos digitais foram precisas e indicaram que o *software* pode ser utilizado com segurança em substituição aos tradicionais modelos de gesso para a realização de diagnóstico e planejamento ortodôntico. Os resultados demonstraram valores elevados de ICCs, de acordo com outros autores que utilizaram modelos virtuais e outros tipos de softwares^{64–67}.

A precisão (reprodutibilidade) e a confiabilidade do sistema CAD/CAM foram avaliadas comparando-se o *setup* ortodôntico virtual fornecido pelo eXceed™ com a oclusão final obtida após o tratamento ortodôntico. Os resultados obtidos baseados em mensurações lineares em modelos 3D não demonstraram diferenças nos escores obtidos empregando-se o sistema de classificação do ABO-CRE⁶⁸. Os critérios alinhamento e nivelamento, seguido pela inclinação vestibulo-lingual, obtiveram as menores deduções na pontuação do ABO. Estes achados poderiam ser explicados pela natureza destes fatores independentes e localizados intra-arcos, ou seja, braquetes e fios idealmente programados pelo *software* foram eficazes na movimentação dos dentes. Como foi esperado, a Relação antero-posterior e o *Overjet* foram os critérios do ABO que obtiveram as maiores discrepâncias, demonstrando a importância do uso de biomecânica ortodôntica adicional no controle da oclusão desde a fase inicial até a finalização dos casos clínicos. É importante ressaltar, que as medidas foram obtidas antes da implementação dos elásticos intermaxilares e dobras de finalização nos fios. De acordo com estudos prévios, a intercuspidação entre os dentes deve ocorrer durante a fase de contenção após o tratamento^{69,70}.

A utilização da colagem indireta associada à tecnologia do sistema eXceed™, teve como objetivo a obtenção de precisão e diminuição dos erros inerentes ao método tradicional de colagem. Uma prerrogativa deste *software* é a possibilidade de previsão da oclusão final por meio da geração de um *setup* ortodôntico. Outro

benefício que o sistema permite é a possibilidade de recolagens com a manutenção da posição espacial do acessório programado pelo *software*²³. O sistema eXceed™ foi utilizado no planejamento e tratamento ortodôntico em 24 pacientes, devidamente selecionados para participarem deste estudo. A individualização dos braquetes planejados pelo sistema, associado à CI propiciou a dissolução da má-oclusão sem a necessidade de implementação de dobras no fio de aço. Na média, foram necessários 20 meses para conclusão do tratamento em todos os pacientes, utilizando apenas elásticos intermaxilares para a obtenção da intercuspidação dentária. Durante o tratamento, houve a quebra de 82 acessórios no total, dos quais 49% eram do segundo molar e 23% do segundo pré-molar, sendo que 80% destas fraturas foram no arco inferior. Na média cada paciente quebrou cerca de 3,4 acessórios, apesar disto, o uso de braquetes idealmente posicionados, foi eficaz e permitiu uma diminuição no tempo das consultas e no tempo integral para a conclusão do tratamento ortodôntico.

A tomografia computadorizada de feixe cônico foi utilizada para analisar 336 raízes dos dentes, 1163 medidas foram obtidas de seis parâmetros e 44,40% apresentaram reabsorção após 18 meses de tratamento (APÊNDICE D). Estudos anteriores mostraram que o tempo de tratamento e a aplicação dos sistemas de força ortodôntica foram correlacionados com a reabsorção radicular apical⁷¹. Em nosso estudo, apenas o sistema composto pelos fios e braquetes programados pelo eXceed™ geraram forças que foram conduzidas ao ligamento periodontal. Estudo prévio usou o mesmo tipo de sistema de braquete e fios, os achados não demonstraram a correlação entre o sistema de força e reabsorção radicular⁷². O resultado obtido neste estudo mostrou diferenças insignificantes de reabsorção clínica em ambos os grupos para incisivos centrais, caninos e pré-molares ($\bar{X}$ = 0,07 mm, $P > 0,710$). Interessante, os primeiros molares apresentaram a maior reabsorção radicular palatina, com média de 0,45 mm $\pm$ 1,31 mm no tratamento final, seguidos pelas duas raízes vestibulares ($\bar{X}$ = 0,24 mm $\pm$ 1,04 mm). Em relação às modificações do periodonto, não foi observado alterações na espessura e no nível ósseo ($p > 0,05$). O objetivo principal deste estudo não foi avaliar as alterações do periodonto provocadas pelo planejamento do sistema CAD/CAM, portanto, os resultados obtidos não permitem concluir com segurança os efeitos após o tratamento. Os movimentos de translação dentária e o tempo de tratamento têm sido apontados como os principais

responsáveis pela reabsorção radicular⁷³. É possível consultar as ferramentas do *software* do eXceed™ e verificar as movimentações do incisivo e demais dentes nos vários eixos do plano do espaço, o que poderia ser uma possível explicação para os efeitos dento-alveolares observados. Estas alterações dento-alveolares observadas, se restringem aos efeitos da força produzida sobre os tecidos periodontais pelo tratamento ortodôntico sob o efeito de um único tipo específico de maloclusão. Neste sentido, a falta de estudos relacionados na literatura aponta para a necessidade de realização de novas pesquisas. Esta lacuna na literatura relacionada aos efeitos da movimentação dentária resultante de *softwares* CAD/CAM ortodônticos será estudada em um novo projeto de pesquisa a ser realizado futuramente.

Embora o sistema CAD/CAM permita a previsão da oclusão ao final de um tratamento, a atuação do clínico na aplicação da biomecânica indicada, como por exemplo, o uso de elásticos intraorais, ou implementação de dobras no fio ortodôntico de aço, quando se fizer necessário, é importante para obter o melhor resultado na finalização do tratamento. Apesar das ferramentas deste sistema serem intuitivas, nossos achados recomendam treinamento prévio para uso do *software* para maximizar a qualidade e os objetivos a serem obtidos. Atualmente, nenhum sistema ortodôntico é autônomo o suficiente para permitir a correção de todas as combinações das diferentes maloclusões. O potencial do emprego dos sistemas CAD/CAM na ortodontia aumentou significativamente, mas são necessárias evidências clínicas relacionadas à eficácia do tratamento nas diferentes combinações de discrepâncias dento-alveolares para apoiar as alegações dos fabricantes em justificar os altos custos e permitir os aprimoramentos destes sistemas. O uso desta tecnologia demonstrou eficiência desde o início do tratamento, com um ganho inicial de tempo no alinhamento e nivelamento dentário, na diminuição do número e sequência de arcos utilizados e no resultado final da oclusão planejada. No entanto, o emprego destes sistemas se tornará viável quando houver uma diminuição no número de reposicionamento de acessórios e na execução de dobras de acabamento no fio de aço para o refinamento da oclusão. Finalmente, com a redução de custos combinada ao fluxo de trabalho integrado, e treinamento de ortodontistas, sem dúvidas, propiciará o uso rotineiro dessa tecnologia na prática da clínica diária.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, este estudo demonstrou que:

1. Não houve evidência suficiente para rejeitar a hipótese nula;
2. As medições realizadas entre o método manual e digital foram confiáveis e reproduzíveis e indicaram que ambos os métodos são aceitáveis para a prática clínica diária;
3. Os escores obtidos pelo sistema de classificação do ABO-CRE entre o *setup* virtual preditivo e os casos tratados não obtiveram diferenças significativas;
4. Não houve diferença significativa nos critérios do ABO intra-arcos entre o *setup* virtual preditivo e a oclusão final, exceto no critério contatos interproximal;
5. O sistema CAD/CAM não foi hábil na correção das discrepâncias interarcos e na obtenção da correta intercuspidação, sendo necessário a implementação de biomecânica ortodôntica.

REFERÊNCIAS*

1. Andrews LF. The straight-Wire appliance. *Br J Orthod.* 1979; 6(3):125–43.
2. Weber DJ, Koroluk LD, Phillips C, Nguyen T, Proffit WR. Clinical effectiveness and efficiency of customized vs. conventional preadjusted bracket systems. *J Clin Orthod.* 2013; 47(4): 261–6.
3. Creekmore TD, Kunik RL. Straight wire: the next generation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993; 104(1): 8–20.
4. Miethke RR, Melsen B. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and third order correction with preadjusted appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116(3): 329–35.
5. Dellinger EL. A scientific assessment of the straight-wire appliance. *Am J Orthod.* 1978; 73(3): 290–9.
6. Davidowitz G, Kotick PG. The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dent Clin North Am.* 2011; 55(3): 559–70.
7. Nichols DA, Gardner G, Carballeyra AD, Marsh CM. Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013; 144(5): 770–6.
8. Brown MW, Koroluk L, Ko C-C, Zhang K, Chen M, Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015; 148(6): 1067–74.
9. Sondhi A. The implications of bracket selection and bracket placement on finishing details. *Semin Orthod.* 2003;9(3):155–64.
10. Balut N, Klapper L, Sandrik J. Variations in bracket placement in the preadjusted orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1992; 102(1): 62–7.
11. Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod.* 1972; 62(3): 236–44.
12. Sondhi A. Effective and Efficient Indirect Bonding: The Sondhi method. *Semin Orthod.* 2007; 13(1): 43–57.
13. Hodge TM, Dhopatkar AA, Rock WP, Spary DJ. Scientific section: A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement. *J Orthod.* 2004; 31(2): 132–7.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

14. Nojima LI, Araújo AS, Júnior MA. Indirect orthodontic bonding - a modified technique for improved efficiency and precision. *Dental Press J Orthod*. 2015; 20(3): 109–17.
15. Ciuffolo F, Epifania E, Duranti G, De Luca V, Raviglia D, Rezza S, et al. Rapid prototyping: a new method of preparing trays for indirect bonding. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2006; 129(1): 75–7.
16. Hocevar RA, Vincent HF. Indirect versus direct bonding: bond strength and failure location. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1988; 94(5): 367–71.
17. Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod*. 1978; 74(1): 62–78.
18. Deahl ST, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007; 132(6): 738–42.
19. Yıldırım K, Sağlam-Aydinatay B. Comparative assessment of treatment efficacy and adverse effects during nonextraction orthodontic treatment of Class I malocclusion patients with direct and indirect bonding: a parallel randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2018; 154(1): 26–34.
20. Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod*. 1982; 82(4): 269–76.
21. Israel M, Kusnoto B, Evans CA, Begole E. A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. *Angle Orthod*. 2011; 81(5): 828–35.
22. Kalra RK, Mittal S, Gandikota C, Sehgal V, Gupta R, Bali Z. Comparison of accuracy of bracket placement by direct and indirect bonding techniques using digital processing-an in-vitro study. *J Clin Diagnostic Res*. 2018; 12(9): 7–11.
23. Grauer D, Wiechmann D, Heymann GC, Swift EJ. Computer-aided design/computer-aided manufacturing technology in customized orthodontic appliances. *J Esthet Restor Dent*. 2012; 24(1): 3–9.
24. Peluso MJ, Josell SD, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: an introduction. *Semin Orthod*. 2004; 10(3): 226–38.
25. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*. 2009; 28(1): 44–56.
26. Mortadi N Al, Eggbeer D, Lewis J, Williams RJ. CAD/CAM/AM applications in the manufacture of dental appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012; 142(5): 727–33.

27. Alford TJ, Roberts WE, Hartsfield JK, Eckert GJ, Snyder RJ. Clinical outcomes for patients finished with the SureSmile™ method compared with conventional fixed orthodontic therapy. *Angle Orthod.* 2011; 81(3): 383–8.
28. Moles R. The SureSmile system in orthodontic practice. *J Clin Orthod.* 2009; 43(3): 161–74.
29. Sachdeva RCL, Aranha SLT, Egan ME, Gross HT, Sachdeva NS, Currier GF, et al. Treatment time: Suresmile vs conventional. *Orthod.* 2012; 13(1): 72–85.
30. Larson BE, Vaubel CJ, Grünheid T. Effectiveness of computer-assisted orthodontic treatment technology to achieve predicted outcomes. *Angle Orthod.* 2013; 83(4): 557–62.
31. Müller-Hartwich R, Jost-Brinkmann P-G, Schubert K. Precision of implementing virtual setups for orthodontic treatment using CAD/CAM-fabricated custom archwires. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2016; 77(1): 1–8.
32. Awad MG, Ellouze S, Ashley S, Vaid N, Makki L, Ferguson DJ. Accuracy of digital predictions with CAD/CAM labial and lingual appliances: a retrospective cohort study. *Semin Orthod.* 2018; 24(4): 393–406.
33. de Oliveira N, Pretti H. Digital technology in the refining of protocols for the bonding of orthodontic brackets. *J Int Oral Heal.* 2018; 10(4):168-71.
34. Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018; 153(2): 298–307.
35. Garino F, Garino GB. Computer-aided interactive indirect bonding. *Prog Orthod.* 2005; 6(2): 214–23.
36. Camardella LT, Rothier EKC, Vilella O V, Ongkosuwito EM, Breuning KH. Virtual setup: application in orthodontic practice. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2016; 77(6): 409–19.
37. Im J, Cha JY, Lee KJ, Yu HS, Hwang CJ. Comparison of virtual and manual tooth setups with digital and plaster models in extraction cases. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2014; 145(4): 434–42.
38. Fabels LNJ, Nijkamp PG. Interexaminer and intraexaminer reliabilities of 3-dimensional orthodontic digital setups. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2014; 146(6): 806–11.
39. Barreto MS, Faber J, Vogel CJ, Araujo TM. Reliability of digital orthodontic setups. *Angle Orthod.* 2016; 86(2): 255–9.

40. Penning EW, Peerlings RHJ, Govers JDM, Rischen RJ, Zinad K, Bronkhorst EM, et al. Orthodontics with customized versus noncustomized appliances: a randomized controlled clinical trial. *J Dent Res*. 2017; 96(13): 1498–504.
41. Aldrees AM. Do customized orthodontic appliances and vibration devices provide more efficient treatment than conventional methods? *Korean J Orthod*. 2016; 46(3): 180–5.
42. Mah J, Sachdeva R. Computer-assisted orthodontic treatment: the SureSmile process. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001; 120(1): 85–7.
43. Jheon AH, Oberoi S, Solem RC, Kapila S. Moving towards precision orthodontics: an evolving paradigm shift in the planning and delivery of customized orthodontic therapy. *Orthod Craniofac Res*. 2017; 20(Suppl 1): 106–13.
44. Suárez C, Vilar T. The effect of constant height bracket placement on marginal ridge levelling using digitized models. *Eur J Orthod*. 2010; 32(1): 100–5.
45. Germane N, Bentley BE, Isaacson RJ. Three biologic variables modifying faciolingual tooth angulation by straight-wire appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1989; 96(4): 312–9.
46. Richmond S, Shaw WC, O'Brien KD, Buchanan IB, Jones R, Stephens CD, et al. The development of the PAR index (peer assessment rating): reliability and validity. *Eur J Orthod*. 1992; 14(2): 125–39.
47. Song GY, Baumrind S, Zhao ZH, Ding Y, Bai YX, Wang L, et al. Validation of the American Board of Orthodontics objective grading system for assessing the treatment outcomes of Chinese patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013; 144(3): 391–7.
48. Casco JS, Vaden JL, Kokich VG, Damone J, James RD, Cangialosi TJ, et al. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. American Board of Orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998; 114(5): 589–99.
49. Hildebrand JC, Palomo JM, Palomo L, Sivik M, Hans M. Evaluation of a software program for applying the American Board of Orthodontics objective grading system to digital casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008; 133(2): 283–9.
50. Scott JD, English JD, Cozad BE, Borders CL, Harris LM, Moon AL, et al. Comparison of automated grading of digital orthodontic models and hand grading of 3-dimensionally printed models. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2019; 155(6): 886–90.
51. Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E, Evans CA, Sadowsky C, Fadavi S. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: digital vs plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007; 131(1): 51–6.

52. Timock AM, Cook V, McDonald T, Leo MC, Crowe J, Benninger BL, et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2011; 140(5): 734–44.
53. Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015; 44(1): 1-19.
54. Lee K-M, Kim Y-I, Park S-B, Son W-S. Alveolar bone loss around lower incisors during surgical orthodontic treatment in mandibular prognathism. *Angle Orthod*. 2012; 82(4): 637–44.
55. Garib DG, Yatabe MS, Ozawa TO, da Silva Filho OG. Alveolar bone morphology under the perspective of the computed tomography: defining the biological limits of tooth movement. *Dental Press J Orthod*. 2010; 15(5): 192–205.
56. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption - diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol*. 2003; 19(4): 175–82.
57. Lee RJ, Weissheimer A, Pham J, Go L, De Menezes LM, Redmond WR, et al. Three-dimensional monitoring of root movement during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015; 147(1): 132–42.
58. Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. Cone beam computed tomography evaluations of marginal alveolar bone before and after orthodontic treatment combined with premolar extractions. *Eur J Oral Sci*. 2012; 120(3): 201–11.
59. Almeida MR de, Futagami C, Conti AC de CF, Oltramari-Navarro PVP, Navarro R de L. Dentoalveolar mandibular changes with self-ligating versus conventional bracket systems: a CBCT and dental cast study. *Dental Press J Orthod*. 2015; 20(3): 50–7.
60. Castro IO, Alencar AHG, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *Angle Orthod*. 2013; 83(2): 196–203.
61. Lee RJ, Pham J, Choy M, Weissheimer A, Dougherty HL, Sameshima GT, et al. Monitoring of typodont root movement via crown superimposition of single cone-beam computed tomography and consecutive intraoral scans. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014; 145(3): 399-409.
62. Moreira FC, Vaz LG, English JD, Jacob HB. Acurácia e confiabilidade de modelos digitais tridimensionais - validação do software eXceed™. *Orthod Sci Pract*. 2019; 12(48): 113–9.
63. Moreira FC, Vaz LG, Jacob HB. O uso da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia – setup ortodôntico e colagem indireta pelo sistema eXceed™. *Orthod Sci Pract*. 2019;12(47):145–51.

64. Akyalcin S, Dyer DJ, English JD, Sar C. Comparison of 3-dimensional dental models from different sources: diagnostic accuracy and surface registration analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013; 144(6): 831–7.
65. El-Zanaty HM, El-Beialy AR, Abou El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AR, Mostafa YA. Three-dimensional dental measurements: an alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010; 137(2): 259–65.
66. Nawi N, Mohamed AM, Marizan Nor M, Ashar NA. Correlation and agreement of a digital and conventional method to measure arch parameters. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2018; 79(1): 19–27.
67. Camardella LT, Breuning H, Vilella O de V. Are there differences between comparison methods used to evaluate the accuracy and reliability of digital models? *Dental Press J Orthod*. 2017; 22(1): 65–74.
68. The American Board of Orthodontics. Grading system for dental casts and panoramic radiographs. 2012; (June): 1–22.
69. Dinçer M, Meral O, Tumer N. The investigation of occlusal contacts during the retention period. *Angle Orthod*. 2003; 73(6): 640–6.
70. Horton JK, Buschang PH, Oliver DR, Behrents RG. Comparison of the effects of Hawley and perfecter/spring aligner retainers on postorthodontic occlusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009; 135(6): 729–36.
71. Schwartz JP, Raveli TB, Almeida KC de M, Schwartz-filho HO, Raveli DB. Cone beam computed tomography study of apical root resorption induced by Herbst appliance. *J Appl Oral Sci*. 2015; 23(5): 479–85.
72. Leite V, Conti AC, Navarro R, Almeida M, Oltramari-Navarro P, Almeida R. Comparison of root resorption between self-ligating and conventional preadjusted brackets using cone beam computed tomography. *Angle Orthod*. 2012; 82(6): 1078–82.
73. Sendyk M, Linhares DS, Pannuti CM, de Paiva JB, Neto JR. Effect of orthodontic treatment on alveolar bone thickness in adults: a systematic review. *Dental Press J Orthod*. 2019; 24(4): 34–45.

APÊNDICE A – METODOLOGIA EMPREGADA NO ESTUDO

1 AMOSTRA

A amostra foi composta por 24 indivíduos adultos jovens maiores de 18 anos de idade, portadores de má-oclusão Classe I de Angle. O tempo de tratamento ortodôntico estimado para os pacientes selecionados foi em torno de 20 meses.

Os critérios estabelecidos para a seleção dos pacientes foram os seguintes:

- a. Dentição permanente completa, exceto 3º molares;
- b. Relação molar completa de Classe I de Angle, de ambos os lados do arco dentário;
- c. Relação de caninos permanentes de Classe I ou no máximo $\frac{1}{4}$ Classe II.
- d. Ausência ou leve mordida cruzada posterior dentária;
- e. Boa saúde geral e condição periodontal saudável.

Os critérios de exclusão da amostra foram os seguintes:

- a. Presença de lesões de cáries que comprometam a estrutura dental;
- b. Variação morfológica de tamanho e forma que poderiam alterar o padrão anatômico e interferir no processo de mensurações;
- c. Mordida aberta ou profunda severa igual ou maior que 4 mm;
- d. Apinhamento ou espaçamento dentário maior que 4 mm;

2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

A TCFC foi realizada em todos os pacientes (n=24) para avaliar as alterações dento-alveolares ao nível da crista óssea alveolar, a espessura óssea e o comprimento da raiz nos seguintes dentes: incisivo central, canino, 1º pré-molar e 1º molar superior do hemiarco direito. A obtenção das imagens tomográficas foi realizada em 2 tempos: T0, no início, antes da colagem do aparelho fixo e T1 ao final do tratamento após a remoção do aparelho fixo. O método utilizado foi a Navegação Axial Guiada (NAG), no qual as medidas são obtidas pela movimentação do cursor axial sobre a reconstrução multiplanar sagital ou coronal guiada pela visão do plano axial. A

intersecção entre os planos axial e sagital ou coronal foram os pontos de referência para demarcação do ápice radicular e incisal ou ponta de cúspide⁶⁰.

Os exames foram solicitados pelo ortodontista responsável pela pesquisa (FCM) e realizado num serviço de Radiologia particular, externo à Unidade da Faculdade de Odontologia de Araraquara. As tomografias foram realizadas no equipamento i-CAT® Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA). O FOV (Field of Vision) seguiram os seguintes protocolos e especificações: regime de trabalho de 120 kV e 37 mA; com resolução de Voxel de 0,40 mm. As tomografias foram obtidas com a oclusão em máxima intercuspidação habitual. Os volumes obtidos pelo *software* XoranCat® study (Versão 3.1.62), serão posteriormente exportados no formato DICOM3 (Digital Image and Communication in Medicine) e armazenados em uma mídia gravável.

O programa Ondemand 3D versão 1.0.10.5385 (Cybermed Inc., Seul, Coreia) foi utilizado para a reconstrução multiplanar. O módulo DVR (Dental Volume Reformat) gerou uma radiografia panorâmica, que foi utilizada para controle, diagnóstico e avaliação do paralelismo entre as raízes. Os pontos de referências e as medidas utilizadas nas tomografias estão demonstradas nos Apêndices B, C e D. Os cursores de referência foram ajustados para padronização das mensurações de modo que os planos sagital e coronal ficassem coincidentes com o longo eixo do dente na vista coronal e/ou sagital (Apêndice A). Na vista axial, a intersecção do eixo coronal com o sagital foi ajustada no centro do dente, de modo que o plano coronal (eixo) ficasse paralelo à face vestibular do dente, dividindo-o em duas metades proporcionalmente iguais.

O ajuste da altura do corte axial para a obtenção da espessura óssea alveolar foi obtido com o auxílio da escala em milímetros do *software* Ondemand®. O eixo axial de referência foi ajustado para coincidir com nível da JAC, e com o ponto zero da marcação na escala do *software*. A partir deste ponto, foi traçado uma linha acima do eixo axial ao nível da JAC a uma distância de 3 mm (Apêndice C). Seguindo estes ajustes as medições foram realizadas partindo-se da região da cortical externa óssea vestibular e palatina, até a superfície mais externa da raiz dentária, no plano sagital, ao nível da linha traçada a 3 mm acima do eixo da JAC (Apêndice D).

As mensurações do nível da altura óssea foram obtidas do nível da JAC até o a ponto da crista óssea alveolar superior, ambos definidos nas faces vestibular e

palatina, paralelo a linha do longo eixo do dente (Apêndice D), a linha do plano axial coincidente com a junção amelocementária (JAC) vestibular e lingual. O comprimento dentário foi mensurado utilizando-se o eixo do plano sagital e coronal como referência, na vista coronal e sagital (Apêndice B e C), de modo a passarem pelo longo eixo do dente a ser medido. Uma linha foi traçada do ápice da raiz dentária até a incisal ou ponta de cúspide do dente a ser mensurado, na vista sagital.

3 DIGITALIZAÇÃO E OBTENÇÃO DOS MODELOS VIRTUAIS TRIDIMENSIONAIS

Os modelos foram obtidos por moldagens das arcadas dentárias dos pacientes com alginato Jeltrate® Plus (Dentsply, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). O registro da mordida na máxima intercuspidação habitual foi obtido com uma lâmina de cera odontológica nº 7 (Clássico, São Paulo, Brasil). Os moldes dentários obtidos foram vazados em até 1 hora após as moldagens, com gesso Tipo III (Asfer, São Caetano do Sul, SP, Brasil). Após 24 horas, os modelos foram recortados e as bolhas e defeitos no gesso foram removidos, utilizando-se um instrumento esculpido de Lecron (SSWhite Duflex, Juiz de Fora, MG, Brasil).

A digitalização de todos os modelos de gesso foi realizada por um escâner de mesa 3Shape R700 (3Shape Ltda, Copenhagen, Dinamarca). Cada modelo foi escaneado individualmente para registrar os detalhes das arcadas dentárias e, em seguida, oclusões para registrar a oclusão (Apêndice F). O tempo de digitalização foi de 2,5 minutos por arcada. As imagens obtidas foram processadas automaticamente pelo *software* ScanIt versão 4.0.1 (3Shape Ltda, Copenhagen, Dinamarca) que gerou um arquivo com uma extensão 3sz. Em seguida, os arquivos foram exportados para o *software* 3Shape OrthoAnalyzer™ (3Shape Ltda, Copenhagen, Dinamarca) para confecção da base virtual e conversão em arquivos de estereolitografia (STL).

Os modelos virtuais da amostra (n=24) foram obtidos em 2 tempos diferentes:

- T0 - Início do tratamento, para a realização do *setup* ortodôntico;
- T1 - No término da fase de alinhamento e nivelamento ortodôntico para a obtenção dos índices da ABO, oito semanas após o fio .019" x .025" de aço.

Os 3º molares foram excluídos dos *setups*, quando presentes.

4 MODELOS VIRTUAIS E DISPOSITIVO DE COLAGEM INDIRETA

Para o uso do sistema eXceed™ é necessário o prévio cadastramento na plataforma, um *login* e uma senha para acesso. O sistema exige o envio dos seguintes arquivos:

1. Radiografia Panorâmica: obtida a partir da reconstrução multiplanar da TCFC e ferramentas DVR do *software* Ondemand® 3D;
2. 1 foto da face do paciente de frente, 1 foto de perfil e 3 fotos intraorais (lateral direita, lateral esquerda e frente);
3. Modelos virtuais 3D superior e inferior das arcadas convertidos em estereolitografia.

Após a exportação dos modelos digitalizados, a realização do *setup* ortodôntico foi criado por meio das ferramentas do *software* Doctor WebGL Software 2.0. Os braquetes autoligados easyClip® Plus slot .022"x.028", prescrição Roth, foram escolhidos para uso em todos os pacientes da amostra. O posicionamento "ideal" dos dentes obtidos no *setup* ortodôntico virtual de cada paciente foi determinado pela equipe de ortodontistas do eXceed™. O local foi otimizado para estar o mais próximo possível da superfície do dente, preservando a posição espacial do slot do braquete. A posição ideal obtida de um braquete foi então gravada no *setup* e transferida para o modelo virtual 3D. A discrepância entre a base do braquete posicionado no modelo 3D e a superfície do dente foi preenchida com resina composta, para a obtenção dos "pads". Após alguns dias, o eXceed™ enviou o *setup* com o caso planejado ao ortodontista para o refinamento desejado e aprovação. Os ajustes, quando necessário, foram realizados no próprio *software*, por meio das ferramentas específicas. A etapa final do processo foi a aprovação do tratamento e o envio do projeto para a fabricação dos dispositivos de colagem indireta (CI) para a empresa Aditek (Aditek do Brasil, Cravinhos, Brasil). Os modelos 3D gerados pelo sistema foram impressos com fotopolímero VeroDent™ (Stratasys Ltd, Valencia, CA, EUA) pelo processo de prototipagem rápida, por meio da impressora 3D Objet Eden500V (Stratasys Ltd, Valencia, CA, EUA). Os braquetes autoligáveis easyClip® Plus, prescrição Roth, slot .022" x .025" foram utilizados para todos os pacientes do estudo. Sobre o modelo impresso com os braquetes posicionados foi fabricado o dispositivo

de CI, pela técnica da termoformagem. Os materiais utilizados para a confecção dos dispositivos de CI são constituídos por 2 placas, Biolon e Drufolen H (Dreve Dentamid GmbH, Unna, Alemanha) com espessura de 1 mm cada, sobrepostas, de etileno vinil acetato transparente, flexível, recoberta por outra de polietileno tereftalato, mais rígida para evitar distorções no momento da colagem (Apêndice F).

5 OBTENÇÃO DOS MODELOS, *SETUPS* E ÍNDICES DO ABO-CRE

Ao término do alinhamento e nivelamento do fio .019" x .025" de aço, os modelos 3D das arcadas foram novamente moldados e escaneados, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente. Para comparação e determinação das diferenças da oclusão entre o setup virtual e a oclusão final dos casos tratados, foi utilizado o sistema de classificação do *American Board of Orthodontics* (ABO). Os critérios avaliados foram os seguintes: alinhamento, inclinação vestibulo-lingual, contatos oclusais, relação oclusal, *overjet*, contatos interproximais, cristas marginais e angulação de raiz⁴⁸.

As mensurações nos modelos 3D foram realizadas pelo *software* Geomagic® Design™ X (Geomagic, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA). Para isto, os *setups* iniciais gerados pelo eXceed™, foram gentilmente cedidos pela empresa eXceed 3D para a realização deste estudo, já convertidos no formato de estereolitografia (.stl) para possibilitar a importação pelo *software*. A sobreposição dos modelos 3D (Virtual Setup e dos Casos Tratados) foram realizados por meio da ferramenta de sobreposição de modelos do *software* Geomagic® Control X™, utilizando o módulo "alinhamento de melhor ajuste".

6 COLAGEM INDIRETA

Os braquetes ortodônticos foram fixados nos dentes com o adesivo resinoso fotopolimerizável Transbond XT Light Cure Adhesive (3M Unitek, Monrovia-Califórnia, EUA), na seguinte sequência clínica:

1. Profilaxia previa dos dentes com pedra pomes, lavagem, secagem e isolamento relativo. A colagem iniciou-se pela arcada superior com o condicionamento do esmalte e aplicação de ácido fosfórico a 37% (3M ESPE, St. Paul, Mn, EUA) por 15 segundos, lavagem seguida de secagem pelo mesmo tempo;

2. Aplicação do primer Transbond XT Light Cure Adhesive (3M Unitek, Monrovia-Califórnia, EUA) no esmalte de todos os dentes superiores, leve jato de ar e fotopolimerização por 20 segundos em todas as faces dos braquetes;

3. Aplicação de adesivo resinoso Transbond XT Light Cure Adhesive (3M Unitek, Monrovia-Califórnia, EUA) sobre a superfície da base dos braquetes do dispositivo superior de CI. Nos casos em que foi requerido a confecção do *pad*, uma quantidade adicional de resina foi aplicada sobre a superfície da base;

4. Posicionamento e encaixe do dispositivo de transferência na arcada, exercendo pressão firme, até o perfeito assentamento, seguido por fotopolimerização por 20 segundos em cada face dos braquetes;

5. Remoção dos dispositivos de CI e nova polimerização por 20 segundos em cada dente;

6. Em alguns casos, foi necessário a realização de um levante de mordida, para aliviar a oclusão e o contato direto sobre o braquete com a finalidade de evitar a quebra.

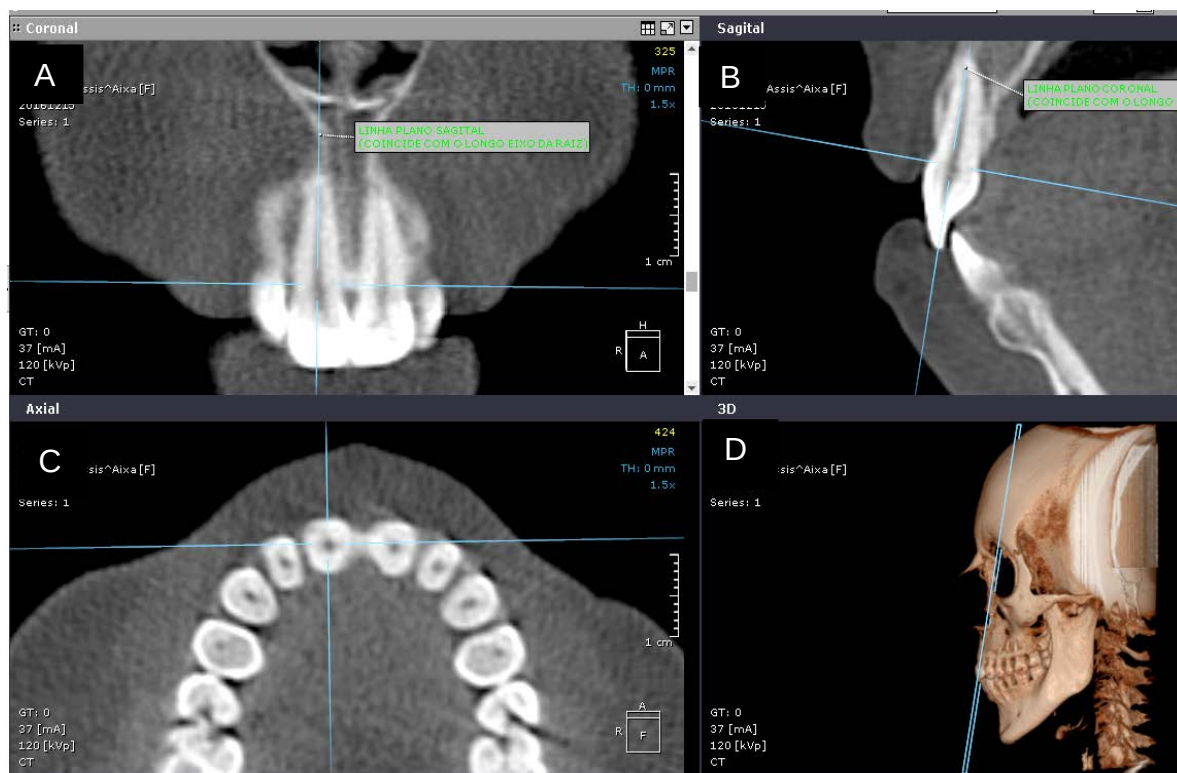
Todos os passos descritos acima foram realizados para a CI da arcada inferior. Nos casos de quebra de acessórios, foi realizado o reposicionamento de um novo acessório utilizando o mesmo dispositivo de transferência, recortado, para manter o posicionamento “ideal” fornecido pelo sistema CAD/CAM.

7 ALINHAMENTO E NIVELAMENTO

O alinhamento e nivelamento dos arcos superiores e inferiores obedeceram a seguinte sequência de uso de arcos Damon de Niti (universal): .014”, .018”, .017”x.025”, .019”x.025” e aço .019”x.025” coordenados de acordo com o diagrama enviado pelo sistema CAD/CAM. Nenhuma dobra de finalização e/ou utilização elásticos intermaxilares para auxiliar na mecânica de finalização foi implementada para não interferir com a programação do *setup* ortodôntico criado pelo CAD/CAM. Após a coleta de dados, todos os casos foram finalizados de acordo com a biomecânica indicada para cada situação.

APÊNDICE B – MÉTODO DE NAVEGAÇÃO AXIAL GUIADA

Figura 1 – Método de Navegação Axial Guiada em TCFC obtida dos pacientes da amostra

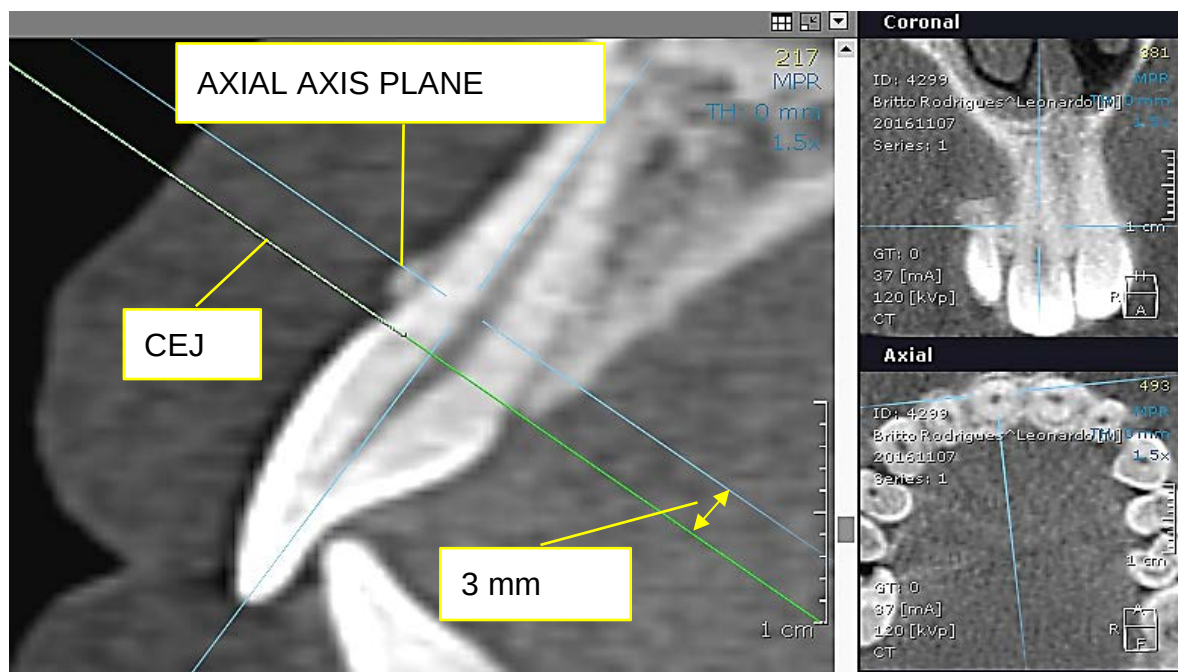


Plano Sagital coincidindo com o longo eixo da raiz (A); Plano Coronal coincidente com o longo eixo dentário (B). Na vista do corte axial, intersecção do eixo do Plano Coronal com o eixo plano Sagital ao nível do JAC. Plano Coronal em relação ao crânio coincidindo com o longo eixo do dente (D).

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE C – AJUSTE DOS PLANOS E EIXOS NA TCFC

Figura 2 – Determinação dos eixos e planos na TCFC dos pacientes

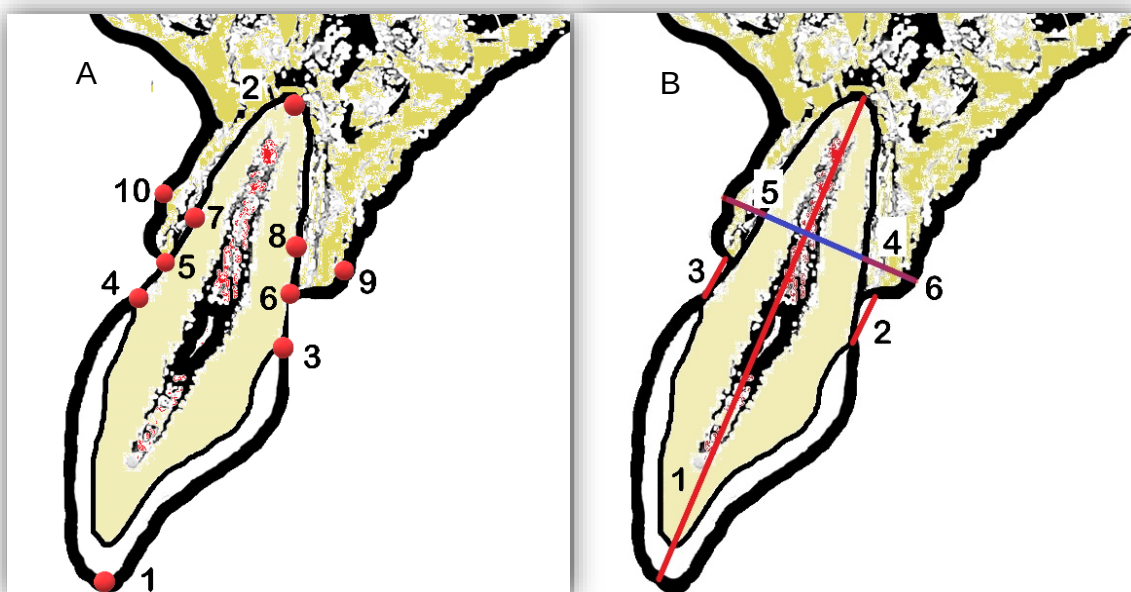


Método empregado para avaliar a o nível e espessura alveolar óssea. O cursor do software Ondemand® foi ajustado para padronizar os planos sagital e coronal de modo a coincidir com o longo eixo do dente no plano coronal ou sagital. Na visão axial, a intersecção dos eixos (coronal e axial) foram ajustados para coincidir com o centro do dente.

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE D – DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE REFERÊNCIA NA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

Figura 3 - Ilustração do protocolo de mensuração das alterações ósseas



Pontos de referências (A): 1 (incisal); 2 (apical); 3, 4 (JAC); 5 e 6 (crista alveolar óssea); 7, 8 (limite externo da raiz); 9 e 10 (limite mais externo da cortical óssea). Os parâmetros utilizados para mensuração das alterações ósseas foram: comprimento da raiz (1), nível ósseo palatino e vestibular (2, 3), espessura óssea vestibular e palatina (4, 5).

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE E – MODIFICAÇÕES ÓSSEAS DO PERIODONTO

Tabela 1 - Análise descritiva da mensuração dos quatro dentes da arcada superior direita (incisivo central, canino, primeiro pré-molar e primeiro molar)

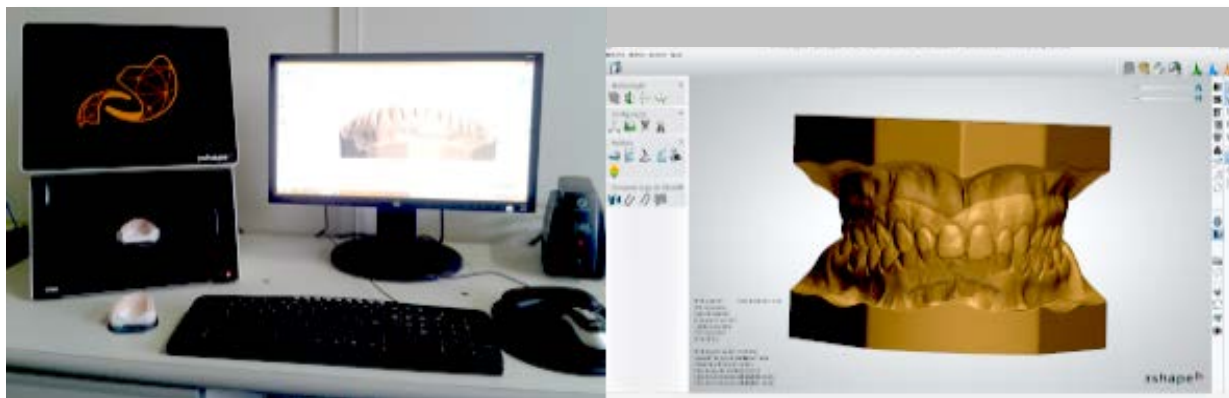
	Criteria	Virtual Setup (T0)		Treated (T1)		T1-T0 Diff	SD	P value Sig.
		Mean	SD	Mean	SD			
SUPERIOR CENTRAL INCISOR	RL	23.58	1.81	23.57	1.82	-0.01	0.50	.932
	BBL	1.50	0.69	1.36	0.65	-0.14	0.70	.353
	PBL	1.18	0.54	1.04	0.63	-0.14	0.71	.361
	TBT	8.35	0.56	8.10	0.67	-0.25	0.62	.079
	BBT	1.05	0.39	0.99	0.47	-0.06	0.36	.417
	PBT	1.67	0.39	1.36	0.37	-0.32	0.46	.004
SUPERIOR CANINE	RL	25.65	2.12	25.58	2.29	-0.07	1.53	.836
	BBL	1.66	0.64	1.48	0.77	-0.18	0.87	.339
	PBL	1.28	0.60	1.79	2.26	0.51	2.15	.279
	TBT	10.02	1.13	9.35	0.92	-0.67	1.00	.005
	BBT	0.89	0.42	0.97	0.74	0.08	0.82	.646
	PBT	1.81	1.01	1.05	0.62	-0.76	1.15	.005
FIRST SUPERIOR PREMOLAR	BRL	20.72	2.27	20.60	2.09	-0.12	2.26	.802
	PRL	19.29	2.49	19.19	2.21	-0.10	1.24	.716
	BBL	1.98	0.98	1.55	0.92	-0.42	1.01	.069
	PBL	1.91	0.90	1.45	0.90	-0.47	1.21	.084
	TBT	9.88	0.84	9.87	0.93	-0.01	0.80	.958
	BBT	0.98	0.65	0.80	0.43	-0.18	0.62	.206
FIRST SUPERIOR MOLAR	PBT	1.18	0.61	1.48	0.62	0.30	0.72	.065
	PRL	20.00	1.51	19.54	1.73	-0.45	1.32	.120
	MBRL	18.84	1.51	18.60	1.62	-0.24	0.95	.256
	DBRL	18.33	1.49	18.08	1.44	-0.25	1.13	.362
	BBL	1.49	0.92	1.20	0.74	-0.29	0.76	.089
	PBL	1.56	0.72	1.31	0.83	-0.24	0.94	.251
	TBT	13.99	1.46	13.97	1.17	-0.02	1.36	.951
	BBT	1.32	0.86	1.17	0.71	-0.15	0.82	.399
	PBT	1.90	0.68	1.75	0.87	-0.14	0.90	.476

Bold italic was statistically significant at $P < .05$; RL: root length, BRL: buccal root length, MBRL: mesiobuccal root length, DBRL: distal buccal root length, PRL: palatine root length, BBL: buccal bone level, PBL: palatine bone level, TBT: total bone thickness, BBT: buccal bone thickness, PBT: palatine bone thickness.

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE F – DIGITALIZAÇÃO DOS MODELOS

Figura 4 – Escâner de mesa e modelos digitalizado aberto no software OrthoAnalyser™

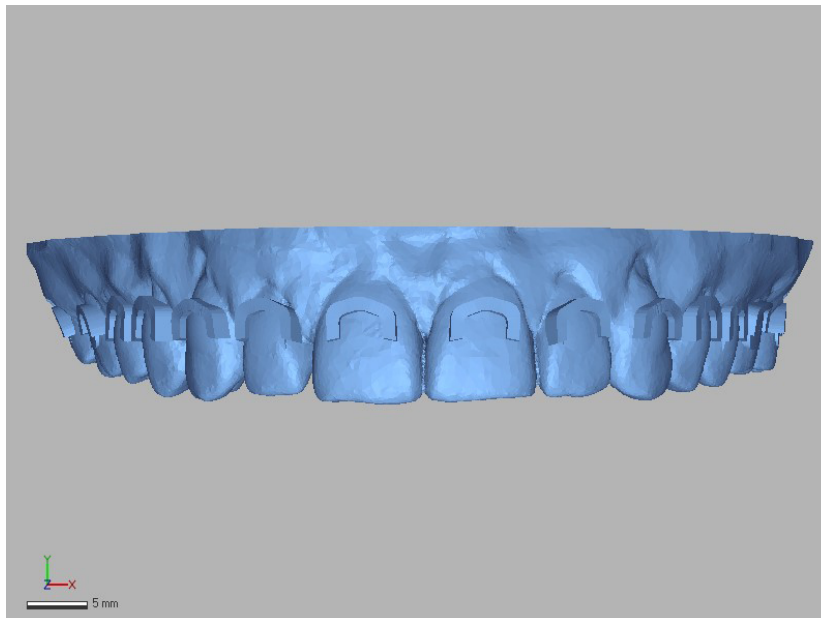


Digitalização do modelo de gesso posicionado no escâner 3Shape R700.
Modelo digitalizado no *software* OrthoAnalyzer™ para conversão em arquivo de estereolitografia.

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE G – FABRICAÇÃO DO DISPOSITIVO DE COLAGEM INDIRETA

Figura 5 – Modelos tridimensional digital e impresso



Modelo 3D preparado para impressão com as informações gravadas na superfície dos dentes virtuais para o posicionamento ideal dos braquetes.

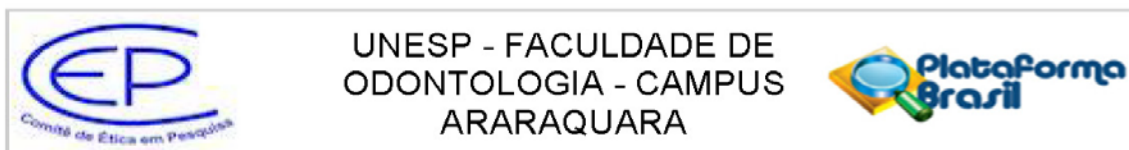
Fonte: Elaboração própria.



Modelo da arcada superior impresso em fotopolímero com os nichos para montagem dos braquetes. Dispositivo de colagem indireta fabricado com dupla placa de polímeros com os braquetes na posição idealizada pelo sistema CAD/CAM.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

ANEXO A – PARECER DO CEP – FOAr/UNESP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA CAD/CAM NO PLANEJAMENTO E TRATAMENTO ORTODÔNTICO DE PACIENTES COM MÁ-OCCLUSÃO DE CLASSE I

Pesquisador: Luís Geraldo Vaz

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 78609917.4.0000.5416

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Patrocinador Principal: ADITEK DO BRASIL LTDA

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.451.252

Apresentação do Projeto:

O projeto foi apresentado de forma clara e foi justificada a sua importância dentro da área.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo será avaliar a eficiência e a efetividade da tecnologia CAD/CAM, associada a colagem indireta de braquetes, no tratamento ortodôntico de pacientes com má-oclusão Classe I de Angle.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: O tratamento ortodôntico quase sempre procede como planejado, entretanto, como em todas as áreas das ciências da saúde, os resultados não podem ser garantidos. Na Ortodontia as complicações não são frequentes e quando elas acontecem elas não são de grave consequência. Os principais riscos envolvidos no tratamento ortodôntico podem incluir: 1. Cárie dentária, doença gengival, e manchas permanentes (descalcificação)

nos dentes podem ocorrer se os pacientes não efetuarem a higienização dos dentes corretamente. 2. Reabsorção radicular com consequência na diminuição do comprimento das raízes dos dentes pode ocorrer durante o tratamento ortodôntico. Normalmente isto não tem consequências significantes, mas eventualmente pode se tornar uma ameaça a longevidade dos dentes envolvidos. 3. Doença periodontal, com perda de suporte ósseo pode ocorrer se a placa bacteriana não for removida diariamente com uma boa higiene bucal. 4. Recidiva após o tratamento

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

CEP: 14.801-903

E-mail: cep@foar.unesp.br



UNESP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA - CAMPUS
ARARAQUARA



Continuação do Parecer: 2.451.252

ortodôntico pode ocorrer caso não seja utilizado corretamente as contenções pós tratamento. 5.DTM pode ocorrer durante o tratamento ortodôntico caso o paciente relate dores previamente ao tratamento na articulação tempo-mandibular. Estes problemas podem surgir com ou sem tratamento ortodôntico. 6.Casos de necrose pulpar pode ocorrer caso o

dente tenha sofrido trauma prévio ao tratamento ortodôntico. O movimento ortodôntico pode em alguns casos agravar esta condição e em raros casos pode levar a necessidade do tratamento endodôntico do dente.7.Acidentes ocasionados por deglutição de componentes do aparelho ortodôntico;8.Alergia provocado pela liga metálica dos componentes do aparelho fixo;9.Perfurações provocadas pelo fio ou molas ou outro componente do aparelho fixo;10.Comprometimento na finalização do tratamento ortodôntico, tempo estendido do tratamento devido à falta de cooperação do paciente durante uso adequado de elásticos e faltas frequentes. 11.Crescimento craniofacial inadequado, diversidade nas respostas

biológicas, quebra do aparelho e pobre cooperação com aparelhos removíveis, podem prolongar o tempo de tratamento e impedir a obtenção de um bom resultado final.12.Diastemas no final do tratamento podem ocorrer devido a ampla variação no tamanho e forma dos dentes, algumas vezes torna-se necessário a utilização de procedimentos de restaurações dentárias, onde aumenta-se o tamanho do dente por meio de resinas ou mesmo

próteses.13.Problemas gerais de saúde. Algumas doenças como o diabetes, disfunções renais ou hormonais, podem ter influência sobre os efeitos do aparelho nas reações provocadas nos dentes e nos tecidos de suporte.

Benefícios: Propiciar tratamento ortodôntico eficaz e mais eficiente, com o menor tempo, diminuição dos custos, da necessidade de recolagens e dobras de finalizações tem sido o objetivo atual da ortodontia. Além disto, a possibilidade de propiciar ao clínico a capacidade correção virtual do posicionamento dos dentes e aos pacientes a visualização do tratamento finalizado por meio dos setups. Os ortodontistas deveriam empregar esta nova modalidade de tratamento enquanto evitam o comprometimento da oclusão, dos tecidos duros e moles inerentes aos erros comuns de colagens e posicionamento de braquetes para atingir os seus objetivos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está apresentado de maneira satisfatória e justificada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos obrigatórios foram apresentados.

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

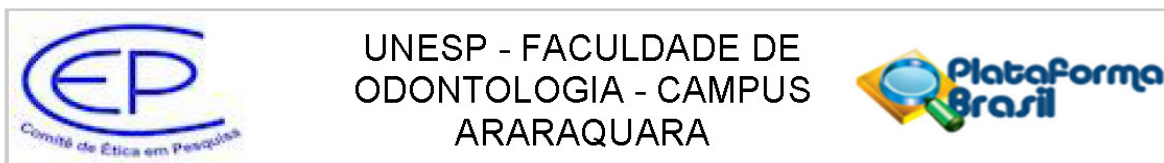
UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

CEP: 14.801-903

E-mail: cep@foar.unesp.br



Continuação do Parecer: 2.451.252

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as solicitações foram devidamente atendidas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Atendidas pendências de reunião, considero APROVADO o protocolo.

O pesquisador deverá encaminhar relatórios parciais a cada 01 (um) ano até o prazo final da pesquisa, quando deverá encaminhar o relatório final.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1007083.pdf	20/12/2017 09:13:12		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_fernando_doutorado.pdf	16/11/2017 14:51:52	FERNANDO CÉSAR MOREIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	decl_pendencia_2017.pdf	13/11/2017 10:41:18	FERNANDO CÉSAR MOREIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termo_comp.pdf	08/10/2017 11:03:02	FERNANDO CESAR MOREIRA	Aceito
Orçamento	orcamento_fernando.pdf	08/10/2017 11:00:16	FERNANDO CÉSAR MOREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_fernmoreira.pdf	04/10/2017 13:10:05	FERNANDO CESAR MOREIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	aut_clinica_foar.pdf	04/10/2017 13:01:15	FERNANDO CESAR MOREIRA	Aceito
Folha de Rosto	folha_rosto_Fernmoreira.pdf	04/10/2017 13:00:33	FERNANDO CÉSAR MOREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

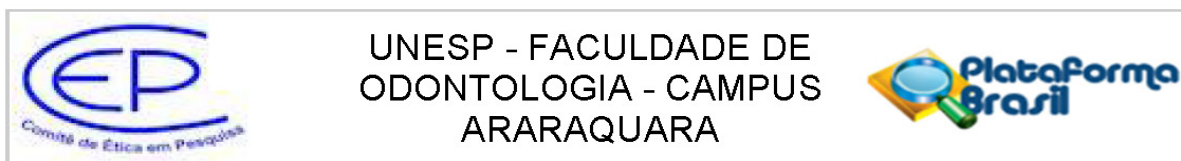
UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

CEP: 14.801-903

E-mail: cep@foar.unesp.br



Continuação do Parecer: 2.451.252

ARARAQUARA, 20 de Dezembro de 2017

Assinado por:
Andréa Gonçalves
(Coordenador)

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

CEP: 14.801-903

E-mail: cep@foar.unesp.br

ANEXO B – AUTORIZAÇÃO PUBLICAÇÃO 1**DECLARAÇÃO**

A Editora Plena autoriza a Fernando César Moreira a republicação do PDF, da forma como o mesmo se encontra, do artigo "Acurácia e confiabilidade de modelos digitais tridimensionais – validação do software eXceed", publicado na revista Orthodontic Science and Practice, número 48, volume 12. A fonte original do artigo deve ser citada na nova publicação, dando crédito à revista Orthodontic Science and Practice, constando a referência completa, conforme a seguir: Orthod. Sci. Pract. 2019; 12(48):154-151.

Sem mais.

Atenciosamente,



Janete Moreira Martins
Diretora Editorial

ANEXO C – SUBMISSÃO PUBLICAÇÃO 2

American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics POTENTIALITIES AND LIMITATIONS OF CAD / CAM TECHNOLOGY USED IN THE TREATMENT OF ANGLE CLASS I MALOCCLUSION --Manuscript Draft--

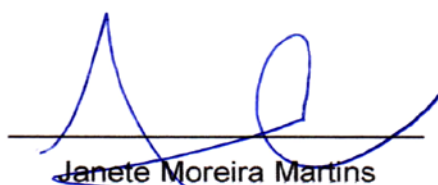
Manuscript Number:	
Article Type:	Techno Bytes
Corresponding Author:	Helder B Jacob, DDS, MSc, PhD The University of Texas UTHealth at Houston Houston, TX United States
First Author:	Fernando César Moreira, PhD
Order of Authors:	Fernando César Moreira, PhD
	Luis Geraldo Vaz, PhD
	Antonio Carlos Guastaldi, PhD
	Jeryl D English, PhD
	Helder Baldi Jacob, PhD
Abstract:	Introduction: CAD/CAM systems have assisted orthodontists to position brackets virtually. The purpose of this study was evaluate if CAD/CAM system could predict the orthodontic treatment outcome. Using ABO Cast-Radiograph Evaluation (ABO-CRE) and color map superimposition, the treated occlusion was compared to the virtual final occlusion. Material and methods: 24 Class I young adults were included. Using eXceed™ software the final occlusion prediction for each patient was created (Virtual set up group). Digital model of the final occlusion of each patient was created (Treated occlusion group). ABO-CRE score was used to compare groups. In addition, a color map was created for all subjects to access the mean and ranging values between the Virtual set up model and Treated occlusion model of each patient. Random and systematic errors were calculated. Chi-square and t-test also were used. Results: Comparisons between Virtual set up occlusion and Treated occlusion showed statistically significant differences in three out of seven measurements: interproximal contact score was larger for Treated than Virtual occlusion (0.45 mm and 0.04 mm, respectively), and the Treated occlusion showed larger values than the virtual occlusion for occlusal contacts (14.13 mm and 7.62 mm, respectively) and for overjet (7.37 mm and 0.66 mm, respectively). Although the Treated occlusion showed larger score than the virtual occlusion (50.41 mm and 43.58 mm, respectively), there is no significant difference between both. Root angulation decreased (from 1.95 ± 1.29 to 0.65 ± 0.71) due to the treatment. Conclusion: ABO-CRE overall score present no difference between groups. In addition, CAD/CAM setup occlusion closely predicts the final teeth alignment and leveling with inter arch relationships showing less ABO-CRE score deduction.

ANEXO D – AUTORIZAÇÃO PUBLICAÇÃO 3**DECLARAÇÃO**

A Editora Plena autoriza a Fernando César Moreira a republicação do PDF, da forma como o mesmo se encontra, do artigo "O uso da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia - setup ortodôntico e colagem indireta pelo sistema eXceed™", publicado na revista Orthodontic Science and Practice, número 47, volume 12. A fonte original do artigo deve ser citada na nova publicação, dando crédito à revista Orthodontic Science and Practice, constando a referência completa, conforme a seguir: Orthod. Sci. Pract. 2019; 12(47):154-151.

Sem mais.

Atenciosamente,



Janete Moreira Martins
Diretora Editorial

**Não autorizo a publicação deste trabalho até 17 de março de 2022
(Direitos de publicação reservado ao autor)**

Araraquara, 17 de março de 2020

Fernando César Moreira