



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

LUIZ FERNANDO ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NAS FINALIZAÇÕES
ORTODÔNTICAS UTILIZANDO MODELOS DIGITAIS**

2018

LUIZ FERNANDO ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NAS FINALIZAÇÕES
ORTODÔNTICAS UTILIZANDO MODELOS DIGITAIS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Programa em CIÊNCIA E TECNOLOGIA APLICADA À ODONTOLOGIA.

Área: Inovação Tecnológica Multidisciplinar com ênfase em Odontologia. Linha de pesquisa: Inovação Tecnológica.

Orientador: Prof. Adj. Rubens Nisie Tango

São José dos Campos

2018

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2018]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Araújo, Luiz Fernando

Avaliação da qualidade nas finalizações ortodônticas utilizando modelos digitais / Luiz Fernando Araújo. - São José dos Campos : [s.n.], 2018.
60 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Aplicada à Odontologia - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2018.

Orientador: Rubens Nisie Tango

Coorientador: Paula Carolina Komori

1. Finalização ortodôntica. 2. Escaneamento intraoral. 3. Setup digital. I. Nisie Tango, Rubens, orient. II. Komori, Paula Carolina, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rubens Nisie Tango (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof^a. Dr^a. Carolina Machado Martinelli Lobo

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof^a. Dr^a. Anna Karina Figueiredo Costa

Universidade Nove de Julho (Uninove)

Campus de São Paulo

São José dos Campos, 24 de setembro de 2018

DEDICATÓRIA

Dedico a realização deste trabalho a minha família, que sempre me apoiou em todas as aventuras de minha vida, sem questionamentos ou dúvidas.

Faço questão de homenagear cada um nominalmente, para que todos saibam da importância e valor que tem em minha vida: Valtencir e Maria José, pais; Simone, Daniela e Ana Paula, irmãs; meus sobrinhos; e, por fim, Naiara, minha amada esposa, parceira de angústias e alegrias.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Rubens Tango, meu orientador nesta jornada, por toda a sua assistência para concluir este projeto, estando sempre disposto a escutar e debater minhas ideias, orientando pelo exemplo e com tranquilidade.

Dando seguimento, agradeço a Unesp, campus de São José dos Campos, por ofertar e suportar o curso de Mestrado Profissional, dando as condições para a realização da dissertação.

Não poderia me esquecer dos colegas de turma, a 1ª turma de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia aplicada à Odontologia, pelos exemplos de vida e profissionalismo.

Agradeço, em especial, a Dra. Renata, responsável técnica da clínica Focus Radiologia, pelo auxílio nas etapas laboratoriais do projeto. E, também, a empresa Vtech pela prestatividade e apoio técnico.

Por fim, gostaria de agradecer a minha incrível esposa, Naiara Floris, pelo apoio e estímulo constantes, sem os quais não conseguiria finalizar este trabalho. Além disso, agradeço pela paciência nas oportunidades em que tive de priorizar a execução do trabalho. Essa parceria foi fundamental para o êxito deste projeto.

"Ama, trabalha, espera e perdoa". Emmanuel

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 PROPOSIÇÃO	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5 RESULTADO	46
6 DISCUSSÃO	52
7 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma a ser aplicado <i>In Vivo</i>	32
Figura 2 – Escaneamento inicial da maloclusão em vista frontal.....	34
Figura 3 - Vista lateral direita do escaneamento inicial da maloclusão	34
Figura 4 - Vista lateral esquerda do escaneamento inicial da maloclusão	35
Figura 5 - Vista frontal setup virtual	36
Figura 6 - Vista lateral direita setup virtual	37
Figura 7 - Vista lateral esquerda setup virtual	37
Figura 8 – Vista lateral direita em 45°.....	38
Figura 9 - Alinhamento e nivelamento arcos Nitinol 0,014"	39
Figura 10 - Sequência de alinhamento e nivelamento arcos Nitinol 0,016".	39
Figura 11 - Arcos Nitinol retangulares 0,016x0,022"	40
Figura 12 - Retração da bateria anterior com alça de Bull em fio de aço 0,017x0,025".....	40
Figura 13 - Realinhamento e fechamento de espaços com fio Nitinol 0,017 x0,025"	40
Figura 14 - Vista frontal do escaneamento pós tratamento	41
Figura 15 - Vista lateral direita do escaneamento pós tratamento	42

Figura 16 - Vista lateral esquerda do escaneamento pós tratamento	42
Figura 17 - Vista oclusal: comparativo antes e depois do tratamento.....	44
Figura 18 - Sobreposição inicial e final por vista oclusal superior	44
Figura 19 - Sobreposição inicial e final por vista oclusal inferior	45
Figura 20 - Mapa de calor vista vestibular da maxila	47
Figura 21 - Mapa de calor vista oclusal da maxila	48
Figura 22 - Mapa de calor vista oclusal da mandíbula	48
Figura 23 – Mapa de calor vista vestibular da mandíbula.....	49
Figura 24 – Mapa de calor por vista postéro-anterior da mandíbula.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
ICON	Index of Complexity, Outcome and Need
IOTN	Index of Orthodontic Treatment Need
PAR	Peer Assessment Rating
RM	Ressonância Magnética
STL	Estereolitografia
TC	Tomografia Computadorizada
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

Araújo LF. Avaliação da qualidade nas finalizações ortodônticas utilizando modelos digitais [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2018.

RESUMO

A finalização do tratamento ortodôntico é uma etapa crucial para a obtenção do equilíbrio oclusal e estético. A avaliação da qualidade nas finalizações ortodônticas atende a critérios clínicos já conhecidos, porém, depende de uma análise subjetiva por parte do profissional envolvido. Vários estudos se propuseram a criar índices para a avaliação da qualidade dos tratamentos ortodônticos, porém, todos eles encontraram dificuldades frente a subjetividade nas análises. Este estudo teve como objetivo criar uma metodologia de processos para análise computacional objetiva da qualidade nas finalizações ortodônticas. Para tanto, foram utilizados o escaneamento intraoral, bem como a construção de modelos virtuais e análise comparativa dos diferentes estágios do tratamento. O objetivo é padronizar a avaliação das finalizações ortodônticas, bem como um processo de monitoramento da terapêutica administrada, facilitando a comunicação profissional x paciente e profissional x profissional, auxiliando nos tratamentos multidisciplinares e trazendo objetividade as análises qualitativas.

Palavras-chave: Finalização ortodôntica. Escaneamento intraoral. *Setup Digital*.

Araújo LF. Evaluation of the quality in orthodontic finalizations through digital models [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2018.

ABSTRACT

The completion of orthodontic treatment is a crucial step in obtaining occlusal and aesthetic balance. The evaluation of the quality in the orthodontic finalizations fulfills already known clinical criteria, however, it depends on a subjective analysis by the professional involved. Several studies have attempted to create index for the evaluation of the quality of orthodontic treatments, all of which have found difficulties regarding subjectivity in the analyzes. This study aims to create a methodology of processes for objective computational analysis of quality in orthodontic finalizations. Intraoral scanning will be used, as well as the building of virtual models and comparative analysis of the different stages of the treatment. The objective is to achieve standardization in the evaluation of orthodontic finalizations, as well as a monitoring process of the administered therapy, facilitating professional communication x patient and professional x professional, assisting in the multidisciplinary treatments and bringing objectivity to the qualitative analyzes.

Keywords: Orthodontic completion. Intraoral scanning. Digital setup.

1 INTRODUÇÃO

A etapa de finalização do tratamento ortodôntico sempre causou controvérsias. Embora existam critérios a serem obtidos, a avaliação da qualidade na finalização, invariavelmente, fica sobre a avaliação subjetiva do profissional. Este é um fator de extrema relevância na relação profissional x paciente e, também, profissional x profissional, uma vez que a ortodontia se insere como etapa de muitos tratamentos multidisciplinares.

Observa-se a necessidade de quantificar a qualidade na finalização ortodôntica com critérios objetivos, rápidos e de fácil interpretação. Em 1972, Andrews, definiu em seu trabalho as chamadas chaves de oclusão. Essas chaves são seis critérios clínicos a serem analisados ao término do tratamento ortodôntico. Este foi o primeiro passo para a normatização das finalizações ortodônticas (Andrews, 1972). Após isso também pode-se citar o trabalho de Ricketts que associa ao posicionamento dentário adequado o equilíbrio facial e articular (Ricketts, 1977).

As chaves podem ser selecionadas a partir de um grupo constituído por relação molar, angulação da coroa, inclinação da coroa, rotações dos dentes, pontos de contato dos dentes e plano oclusal. O processo de obtenção clínica destes requisitos normalmente traz dificuldades ao ortodontista. Além disso, é ainda mais complicado pelas incertezas na determinação de um arranjo final para cada dente. Geralmente, a disposição final do dente é determinada pelo ortodontista. A prescrição se baseia no conhecimento e experiência do profissional na seleção da posição final pretendida de cada dente (Onyeaso, 1999).

Tendo como ponto de partida essas análises sobre a oclusão final do paciente vários pesquisadores desenvolveram trabalhos voltados a analisar a

qualidade das finalizações ortodônticas. Essas pesquisas geraram como resultado a introdução de alguns índices para esta quantificação. Dentre eles pode-se citar: PAR (*Peer Assessment Rating*), IOTN (*Index of Orthodontic Treatment Need*) e ICON (*Index of Complexity, Outcome e Need*). Todos esses trabalhos esbarram no mesmo fator limitante: a subjetividade da avaliação (Fox, Chapple, 2004; Richmond et al., 1992).

O equilíbrio oclusal é uma das mais importantes técnicas para assegurar a estabilização de uma oclusão corrigida ortodonticamente. Possíveis interferências oclusais e os deslizes provenientes destas interferências oclusais têm se mostrado responsáveis por produzir apinhamento dos incisivos inferiores. Adequados objetivos de tratamento, mecânica criteriosa, equilíbrio oclusal preciso e um procedimento de contenção bem selecionado desempenham funções importantes na obtenção de uma homeostasia oclusal (Monnerat, Mucha, 1998).

A ação do tratamento ortodôntico sobre o sistema estomatognático levanta a perspectiva de considerar a má oclusão como fator etiológico primário das disfunções temporomandibulares e coloca, muitas vezes, a ortodontia como causa dessas disfunções e outras vezes como solução (Teixeira, Almeida, 2007). Porém, já é de conhecimento que um tratamento finalizado com a oclusão estável e sem contatos prematuros é um dos fatores primários para um bom funcionamento da Articulação Temporomandibular. Todavia, a verificação da presença satisfatória destes critérios ainda depende da percepção clínica do profissional, estando sujeita, muitas vezes, a erros e/ou avaliações incompletas.

O uso de modelos de estudo dentários faz parte tanto da prática quanto da pesquisa odontológica e ortodôntica. Com a introdução dos escâneres 3D e dos tomógrafos CBCT (*cone beam computer tomography*) tornou-se possível a obtenção de modelos tridimensionais virtuais das arcadas dentárias (Bueno, 2014).

Os clínicos ortodônticos podem ser assistidos em diagnósticos de má oclusão e planejamento de tratamento virtual por técnicas de imagem 3D, como tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM), estéreo-fotogrametria e varredura óptica. No entanto, nenhuma das tecnologias de imagem existentes é capaz de adquirir e integrar simultaneamente todos os tecidos anatômicos que estão envolvidos na prática clínica ortodôntica (Barone et al., 2013).

Os equipamentos de escaneamento a laser intraoral utilizam a técnica de luz estruturada, onde uma câmera de vídeo registra as distorções da luz sobre a estrutura dentária (Bueno, 2014). O uso destes equipamentos permite ganho em tempo clínico, conforto para o paciente e precisão na captura das imagens, elementos fundamentais no processo de avaliação das finalizações (Solaberrieta et al., 2015).

A capacidade de melhorar os cuidados aos pacientes, a eficiência e a eficácia na ortodontia e na odontologia continuará a impulsionar o desenvolvimento de novas tecnologias (Goracci et al., 2016). A integração de muitos aspectos do atendimento ao paciente, como diagnóstico, planejamento do tratamento, investigações especiais, construção de aparelhos e, agora, a perspectiva de se analisar digitalmente as finalizações, abre uma nova luz à ortodontia, afastando a subjetividade e buscando a excelência por processos objetivos de análise.

Para obter o intuito do trabalho e desenvolver uma metodologia de processos capaz de interpretar os dados gerados pelo escaneamento intraoral foi necessário o uso de alguns softwares capacitados a construir um modelo virtual ideal e compará-lo ao modelo do estágio atual do tratamento. E, isso, preferencialmente, de maneira rápida e confiável.

Visando a solução destes problemas este estudo objetiva, utilizando ferramentas tecnológicas já existentes, elaborar uma metodologia de processos por meio análise digital do modelo obtido por escaneamento intraoral.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma metodologia de processos para avaliação de imagens geradas por escaneamento intraoral, visando avaliar a qualidade das finalizações de tratamentos ortodônticos baseado na comparação com *setups* virtuais construídos com padrões clínicos pré-estabelecidos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Critérios de finalização

Em 1972, Andrews, realizou o trabalho “As seis chaves da oclusão normal”, descrevendo as características fundamentais de uma oclusão dentária sob o ponto de vista morfológico, servindo também como guia para a finalização adequada dos tratamentos ortodônticos. Em sua pesquisa com modelos ortodônticos de indivíduos com oclusão normal, reconheceu e estabeleceu seis características comuns entre estes modelos:

- a) Relação dos molares – os primeiros molares permanentes superiores devem mostrar três pontos de contato evidentes com os dentes antagonistas; a superfície distal da crista marginal do primeiro molar permanente superior contacta e oclui com a superfície mesial da crista marginal mesial do segundo molar permanente inferior; a cúspide mésovestibular do primeiro molar permanente superior oclui dentro do sulco existente entre a cúspide méso-vestibular e a mediana do primeiro molar inferior e a cúspide méso-palatina do primeiro molar permanente superior adapta-se à fossa central do primeiro molar permanente inferior;
- b) Angulação das coroas: a porção cervical do longo eixo de cada coroa encontra-se distalmente à sua porção oclusal;
- c) Inclinação das coroas: a porção cervical do longo eixo da coroa dos incisivos superiores encontra-se por lingual à superfície incisal, aumentando a inclinação lingual progressivamente na região posterior;

- d) Rotações: não deve haver rotações dentárias indesejáveis;
- e) Contatos interproximais: não deve haver espaços interproximais;
- f) Curva de Spee: deve apresentar-se plana ou suave.

Ainda neste trabalho, Andrews relatou que as chaves eram parte de um sistema estrutural e que serviam como base para a avaliação dos pacientes ortodônticos, sendo que a falha de uma ou mais chaves, indicaria uma oclusão inadequada (Andrews, 1972).

Roth defendia resultados ortodônticos saudáveis e estáveis devido a uma oclusão dinâmica. Para o autor, uma oclusão ideal natural deveria apresentar as seis chaves de oclusão de Andrews com a mandíbula em posição de relação central quando existe máxima intercuspidação, relação posterior de Classe I de Angle, número suficiente de cúspides nas fossas centrais para manter a posição cêntrica da mandíbula, posição axial dos dentes posteriores para distribuir as tensões verticalmente ao longo eixo dos dentes, guia anterior e do canino em harmonia com os movimentos bordejantes do côndilo, fornecendo uma elevação imediata que desoclua os dentes posteriores em qualquer movimentação excêntrica, relacionamento dos dentes anteriores durante máxima intercuspidação habitual de modo que não exista contato real anterior, relação de trespasse horizontal e vertical que seja mínima e estética, posição estética dos dentes anteriores, ocupando espaço suficiente para fornecer guia anterior adequada e confortável para o paciente, uma forma de arco que seja compatível com os movimentos mandibulares, combinação de forma e largura do arco com a mandíbula na posição de relação central (Weissheimer et al., 2007; Ricketts, 1977).

Com o intuito de avaliar o resultado final da oclusão após o tratamento ortodôntico, a *American Board of Orthodontics* (ABO) desenvolveu um sistema de classificação simplificado e objetivo, que avalia em modelos e radiografias 8

critérios: alinhamento, cristas marginais, torque dos dentes posteriores, relacionamento oclusal, contatos oclusais, sobressaliência, contatos interproximais e angulação radicular. Estes critérios são usados como guias para as correções na fase de finalização ortodôntica (Onyeaso, 1999).

3.2 Sistemas de avaliação

3.2.1 Índice PAR - Índice de Avaliação por Pares

O índice PAR foi desenvolvido para fornecer uma única pontuação resumida para todas as anomalias oclusais que podem ser encontradas em uma má oclusão. A pontuação fornece uma estimativa de quanto um caso se desvia do alinhamento e oclusão normais. A diferença nas pontuações entre os casos pré e pós-tratamento reflete o grau de melhora e, portanto, o sucesso do tratamento. O índice PAR oferece uniformidade e padronização na avaliação do resultado do tratamento ortodôntico (Richmond et al., 1992).

O conceito é atribuir uma pontuação a vários traços oclusais que compõem uma má oclusão. As pontuações individuais são somadas para obter um total geral, representando o grau de um caso desvia do alinhamento normal e oclusão. A pontuação de zero indicaria bom alinhamento e pontuações mais altas (raramente além de 50) indicando aumento dos níveis de irregularidade. A pontuação geral é registrado nos respectivos modelos, no pré e pós-tratamento. A diferença entre essas pontuações representa o grau de melhoria como resultado da intervenção ortodôntica (Freitas et al., 2008).

O índice PAR é composto pela avaliação de 11 componentes oclusais: Segmento superior direito, Segmento anterior superior, Segmento superior esquerdo, Segmento inferior direito, Segmento anterior inferior, Segmento inferior esquerdo, Oclusão bucal direita, Overjet, Overbite, Linha Média, Oclusão bucal esquerda (Richmond et al., 2018).

Para melhor adequação e uniformidade das avaliações foi desenvolvida uma régua com valores a serem atribuídos em caso de correção ou desvio. Cada caso ortodôntico foi avaliado por 4 profissionais experientes, no pré e pós-tratamento, e o resultado final foi a média ponderada destas avaliações (Richmond et al., 1992).

3.2.2 IOTN - Índice de necessidade de tratamento ortodôntico

Em resposta ao aumento das pressões por parte de pacientes e profissionais, foram desenvolvidos índices que tentam priorizar a necessidade de acordo com a gravidade das más oclusões e a necessidade de tratamento. Diferentes examinadores relatam grandes variações na proporção de indivíduos que necessitam de tratamento. As grandes variações refletem a falta de padrões uniformes para definir desvios suficientemente graves para necessitar de tratamento ortodôntico. O principal benefício do tratamento ortodôntico, para o paciente, pode estar na melhoria da estética dentária e do bem-estar psicossocial. Conseqüentemente, a avaliação do tratamento ortodôntico deve incluir medidas de comprometimento estético e necessidade psicossocial. Ainda hoje, não há dados confiáveis suficientes sobre os impactos funcionais e psicossociais da má oclusão para permitir a verdadeira validação científica dos índices de necessidade de tratamento ortodôntico (Oliveira, 2003).

O Índice de Necessidade de Tratamento Ortodôntico (IOTN) foi desenvolvido para abordar algumas das questões descritas acima. Representa um avanço importante na evolução dos índices de necessidade de tratamento ortodôntico. Fatores de destaque em relação à força do IOTN foram sua capacidade de apontar prioridades e sua simplicidade de uso. Diante disso, a maioria dos autores consideraram o fato de o IOTN não avaliar a complexidade do tratamento como uma fragilidade.

Para complementar os resultados obtidos no IOTN foram acrescentados alguns componentes que originaram dois índices derivados:

O IOTN-DHC (*Dental Health Component*) avalia as alterações oclusais e a gravidade da má oclusão por condensação de dentes ausentes ou não erupcionados, overjet, mordidas cruzadas, pontos de contato deslocados, overbite. Consiste em 5 graus de necessidade de tratamento, variando de 1 (sem necessidade de tratamento) a 5 (tratamento muito bom) (Onyeaso, 1999).

O IOTN-AC (*Aesthetic Component*) inclui um conjunto de 10 fotografias frontais intra-orais a serem classificadas de 1 a 10, sendo 1 a mais atraente e 10 a menos atrativa. O IOTN-AC fornece uma avaliação visual mensurável em relação à percepção do paciente sobre a má oclusão presente e suas necessidades de tratamento. Os graus 1-4 do AC não representam necessidade de tratamento ortodôntico, os graus 5-7 representam necessidade limítrofe e os graus 8-10 precisam definitivamente de tratamento (Mezio, Caterini, 2017).

O paciente deve identificar-se em uma dessas 10 fotografias, em seguida, o nível do paciente é comparado ao escolhido pelo ortodontista que, sendo mais treinado, é mais objetivo em estimar a gravidade da má oclusão.

O sucesso da avaliação do tratamento ortodôntico permite que o paciente e o ortodontista concordem com a gravidade da má oclusão, essa cumplicidade ajuda o paciente a entender melhor o plano de tratamento, facilita o diálogo com o dentista e melhora a colaboração com o tratamento (Mezio, Caterini, 2017).

3.2.3 ICON - Índice de complexidade, finalização e necessidade

Embora IOTN e PAR sejam confiáveis e válidos, eles têm algumas limitações importantes: 1. Os dois índices foram desenvolvidos e validados para avaliar o início (necessidade de tratamento) e a finalização do tratamento como fenômenos separados, quando são claramente parte do mesmo processo clínico. Isso requer treinamento adicional e duplica o esforço de medir o que geralmente são traços oclusais semelhantes; 2. As categorizações de tratamento usando o Componente de Saúde Bucal (IOTN-DHC) e o Componente Estético (IOTN- AC) podem ser contraditórias, com um componente sugerindo tratamento e o outro sugerindo nenhum tratamento; 3. A estrutura hierárquica do Componente de Saúde Bucal (IOTN-DHC) requer um protocolo separado quando apenas modelos de estudo estão disponíveis; 4. Os índices IOTN ou PAR foram validados baseados em casos e profissionais do Reino Unido e, portanto, podem não ser representativos para profissionais de outros países; 5. O índice PAR, tem sido criticado por ser conivente de forma indevida com espaços oriundos de extrações, inclinações dos incisivos desfavoráveis e rotações. Alguns autores descobriram que o índice é excessivamente criterioso em tratamentos com objetivos limitados; 6. O PAR não leva em conta a destruição periodontal, a descalcificação, a reabsorção radicular, a oclusão dinâmica e a estética facial. Embora estes pontos sejam verdadeiros, existe uma imensa dificuldade em avaliar estes parâmetros de forma confiável e sua importância é discutível quando se avalia um número elevado de casos.

Foi desenvolvido, então, um novo índice oclusal (ICON), que se baseia na opinião média de um grande número de ortodontistas de diversas nacionalidades. Pela primeira vez o desenho de um índice foi desenvolvido especificamente para permitir a avaliação da necessidade de tratamento e dos

resultados usando um conjunto de pontos oclusais e, por essa razão pode oferecer avanços claros sobre os métodos anteriormente usados. A aplicação prática do índice foi mantida tão simples quanto possível, para que seja um índice confiável e fácil de aplicar, para estudo de modelos ou clínicos. A precisão do índice para refletir a opinião de profissionais para uma amostra diversificada dos casos foi estimada em 84% para decisões de necessidade de tratamento e 68% para os resultados do tratamento. O método é muito ponderado pela ótica da estética (Daniels, Richmond, 2000).

3.3 Equipamentos

3.3.1 Escâner Intraoral (TRIOS 3Shape)

O *TRIOS Intraoral Scanner* comercializado pela 3Shape é um nome comercial registrado para um escâner intraoral para impressão digital. Foi inicialmente lançado pela 3Shape em dezembro de 2010. O escâner usa a tecnologia UOS - Secção óptica ultrarrápida e não os princípios de microscopia confocal como nas versões anteriores. Os dados de superfície são construídos juntando as várias fatias de dados recebidas do escâner. Isso é conhecido como "reconstrução por ponto e malha" (Martin et al., 2015).

O aparelho gera imagens no formato de arquivo DICOM que podem ser convertidos em formato STL e é compatível com qualquer programa que suporte esses formatos. Outra característica importante é a captura de imagens em cores, que permite a melhor visualização de regiões anatômicas distintas. O escâner tem conectividade sem fio e *bluetooth* integrada. Ele também tem a capacidade

de reconstruir automaticamente áreas de dados de digitalização que estejam faltando mantendo a precisão.

Uma vantagem do sistema *TRIOS*, em relação aos similares do mercado é a versatilidade de uso. Enquanto seus concorrentes têm sistemas voltados para o uso em alinhadores estéticos, o sistema *TRIOS* possibilita um ampla gama de aplicações, entre elas o bom resultado no escaneamento de arcadas com aparatologia ortodôntica fixa instalada.

3.3.2 Software GOM Inspect

O *Gom Inspect* é um software para analisar dados de medição 3D a partir de escâneres a laser ou projeção de franjas, máquinas de medição de coordenadas (CMM) e outros sistemas de medição. O software é usado em desenvolvimento de produtos, controle de qualidade e produção. Foi originalmente concebido para aplicação na indústria mecânica e automobilística, porém, graças a versatilidade de usos e a vasta opção de formatos de imagens aceitos se tornou uma ferramenta útil na área da saúde, com diversas aplicações.

As malhas 3D dos objetos escaneados são calculadas a partir de nuvem de pontos 3D para visualização, simulação e comparação CAD (*Desenho Assistido por Computador*). É possível exportar as malhas poligonais precisas para uma variedade de formatos padrão como STL, G3D, JT Open, ASCII e PLY. Essas malhas poligonais podem ser suavizadas, minimizadas e refinadas. Adicionalmente, furos nas malhas podem ser fechados e curvaturas extraídas. A malha é processada utilizando-se algoritmos baseados em curvatura e tolerâncias. O software dispõe de uma função que mostra uma prévia das etapas do processo. Além disso, uma “*golden mesh*” (malha padrão) pode ser

determinada encontrando-se a melhor malha ou calculando a malha média. O software *GOM Inspect* está disponível online gratuitamente. Tendo isto em vista, e com o devido treinamento, é possível, ao ortodontista clínico, realizar a um custo baixo a metodologia descrita no trabalho.

3.3.3 *OrthoAnalyzer™ 3Shape*

O *OrthoAnalyzer™ 3Shape* é um pacote de software 3D de análise e medição para ortodontistas. O objetivo do programa é a análise em 3D dos modelos de estudo digitais para planejamento de tratamento. A funcionalidade do software *OrthoAnalyzer™ 3Shape* permite manipular um modelo virtual 3D de um paciente arrastando e movendo dentes individualmente no modelo. Desta forma, pode-se explorar como a aparência da dentição pode mudar, se tais movimentos do dente tiverem sido implementados (Patzelt et al., 2014).

No software *OrthoAnalyzer™ 3Shape* o processo de segmentação começa com marcação de pontos na mesial e distal em cada dente. Então, o software desenha uma linha de segmentação ao longo da margem gengival. Este processo é executado semi-automaticamente, mas as linhas de segmentação sugeridas ainda precisam ser manualmente corrigidas. Depois disso, o software separa a coroa dental da gengiva virtual e define o contato interproximal (Camardella et al., 2016).

Vários softwares de planejamento ortodôntico virtual são aptos a realizar o *setup* virtual. Existem no mercado nacional e internacional muitas empresas que realizam a manipulação das imagens obtidas por escaneamento, e até mesmo colocam seus softwares a disposição para download gratuito. Pode-se citar o *OrthoAnalyzer™ 3Shape*, Dinamarca, e o *SmartSolutions Ortho*, Brasil.

No transcorrer do texto será citado o critério para seleção dos softwares aplicados.

3.4 Análise digital e o estado da arte

Segundo Harrel et al. (2002), o objetivo da imagem 3D em medicina e odontologia é a verdade anatômica do paciente. Em seu trabalho ele cita os avanços na busca da confecção de um modelo virtual que fosse dinâmico, em oposição aos estáticos que eram utilizados naquele momento (Harrel et al., 2002). Os escâneres intraorais estão se tornando cada vez mais populares na rotina do consultório odontológico. O processo de obtenção de impressões tradicionais em alginato é difícil para o paciente e consome mais tempo para o clínico.

As varreduras intraorais também permitem que os profissionais minimizem vários problemas que surgem das impressões convencionais, como distorção da impressão, falhas na impressão, instabilidade do material de impressão e discrepâncias no material no qual a impressão é vertida. A digitalização permite de uma maneira rápida e fácil a obtenção de um modelo da dentição atual dos pacientes (Mayers et al., 2005; Patzelt et al., 2014).

O modelo 3D produzido pode ser usado por diversos motivos, incluindo, entre outros, diagnóstico, planejamento de tratamento, fabricação de aparelhos e consultas. Além disso, os modelos 3D gerados a partir de escâneres intraorais mostraram-se confiáveis e mais precisos em comparação aos modelos convencionais de gesso (Trifkovic et al., 2013).

Com os contínuos avanços na tecnologia de imagens 3D, as impressões elastoméricas e moldes de gesso estão sendo cada vez mais substituídos por impressões digitais capturadas com escâneres intraorais. Fatores limitantes de

impressões elastoméricas são numerosos, incluindo sensibilidade da técnica, mudanças dimensionais do material, encolhimento e evaporação ou absorção de água, distorção da impressão por agentes desinfetantes e desconforto do paciente. Podemos citar, também, a seleção incorreta de tamanho da moldeira. Outros problemas que podem ser encontrados ao verter o gesso sobre o molde como: distorção, formação de bolhas, lascamento ou quebras, e modelos perdidos. As impressões intraorais permitem maior conforto do paciente, pois a digitalização pode ser pausada a qualquer momento durante o processo em comparação com as impressões convencionais que levam minutos para se completarem sem ter que permanecer na boca o tempo todo (Solaberrieta et al., 2015).

Modelos digitais são vantajosos pelo fato de não ter que se preocupar com a desinfecção e possível transmissão de doenças aos envolvidos no processo, e, também por eliminar a necessidade de espaço de armazenamento para modelos físicos. As digitalizações também podem registrar com precisão relacionamentos oclusais, eliminando a necessidade de registros de mordidas e articulações (Nurazreena et al., 2013).

A construção dos referidos *setups* está teoricamente indicada para quase todos os casos que se pretendam tratar ortodonticamente já que nos fornecem inúmeras vantagens tais como: visualização do resultado final proposto, particularmente em casos de agenesias, de microdontias e onde seja necessário proceder a desgastes interproximais; avaliação das relações interoclusais finais; comunicação entre os vários interventores num tratamento multidisciplinar; informação aos pacientes ou responsáveis, possibilitando a visualização da oclusão final programada (Kihara et al., 2012; Vianna et al., 2002).

Vários avanços podem ser citados em relação ao uso de tecnologia digital em ortodontia, entre eles destaca-se um aplicativo desenvolvido em 2013. O *Dental Monitoring*™ é um software comercializado como “A primeira solução

de monitoramento em tratamento ortodôntico do mundo”. A tecnologia *Dental Monitoring*™ permite uma análise contínua usando tecnologia de controle de imagem combinada com algoritmos de otimização patenteados que calcular e quantificar o movimento dentário. Os criadores afirmam que seu erro de precisão é de 0,1 mm e menos de 0,5 graus para torque. O software *Dental Monitoring*™ permite que os ortodontistas monitorem remotamente os pacientes e proporcionem melhor acesso aos cuidados necessários e tem o potencial de mudar o futuro das interações ortodontista-paciente. Com um número crescente de pacientes que procuram tratamento com alinhadores transparentes com a maioria das mecânicas de tratamento embutido nos alinhadores, há mais possibilidade de monitoramento e tratamento remotos com esses aparelhos. O software exige um modelo digital 3D preciso, a partir do qual será calculado futuro movimento dentário (Morris, 2018).

O monitoramento e a finalização das posições radiculares, tradicionalmente, são realizados usando radiografias panorâmicas nas etapas: inicial, trans-tratamento e na finalização do tratamento ortodôntico. Lee (2014) mostrou em suas pesquisas que 67,4% e 80,1% dos ortodontistas americanos realizam radiografias panorâmicas de progresso e pós-tratamento, respectivamente. No entanto, segundo o autor, muitos estudos indicaram que as radiografias panorâmicas não refletem com precisão as verdadeiras posições radiculares, especialmente dos caninos e primeiros pré-molares, como resultado de distorções principalmente devido ao fato de o feixe de raios X não ser ortogonal aos dentes-alvo. Portanto, um novo método para visualizar com precisão as posições das raízes em diferentes estágios do tratamento ortodôntico é necessário. O autor ainda discorre sobre o desenvolvimento e uso da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) que permite a visualização precisa das raízes dos dentes em 3D. No entanto, uma TCFC usa mais radiação do que uma radiografia panorâmica, portanto, várias TCFC não seriam

recomendáveis. Como opção, o escaneamento intraoral pode ser repetido várias vezes durante o tratamento, sem riscos ao paciente e com custos mais baixos. Essa técnica pode exibir coroas com alta resolução e precisão, mas não pode mostrar as raízes. Como nem a TCFC nem as digitalizações intraorais digitais podem visualizar com segurança e precisão as posições das raízes em diferentes estágios do tratamento ortodôntico, o rastreamento da raiz poderia possível com uma combinação destas duas técnicas de imagem (Lee et al., 2014; Jacob et al., 2015).

Diversos estudos mostram o crescente desenvolvimento de aplicativos e softwares voltados para a área ortodôntica. Kaggal et al. (2018), cita a integração da tecnologia dos aplicativos móveis com os índices de necessidade ortodôntica, através de diversos sistemas de algoritmos voltados a interpretação das posições dentárias. Em seu trabalho ele cita a existência de 49 aplicativos e softwares disponíveis no mercado, tanto para uso do profissional, quanto para o paciente (Kaggal et al., 2018).

Segundo Baheti e Toshniwal (2014), o uso dessas tecnologias pode ser benéfico tanto para o ortodontista quanto para os pacientes, pois auxilia tanto no planejamento do tratamento quanto no progresso do tratamento. Segundo os autores podiam ser listados um total de 70 dispositivos para usos distintos em ortodontia (Baheti, Toshniwal, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para realização deste estudo serão utilizadas as ferramentas: *Scanner TRIOS 3Shape*, Dinamarca, *GOM Inspect* desenvolvida pela GOM GmbH, Alemanha, o software *OrthoAnalyzer™ 3Shape*, Dinamarca e um manequim articulador simulador de maloclusão.

4.1.1 Simulador de tratamento ortodôntico (Typodont)

Para otimizar o resultado clínico resultante de uma mecânica ortodôntica, o conhecimento teórico e prático é fundamental. Por este motivo, typodonts ou manequim articulador simulador de tratamento ortodôntico foram desenvolvidos e são amplamente empregados no ensino da Ortodontia. Eles consistem em uma base metálica articulada que simula o movimento mandibular e onde se confeccionam os roletes de cera para inserção dos dentes de resina.

Para simular os tratamentos ortodônticos em typodont, existe uma etapa prévia de montagem da maloclusão, sendo possível remontar quantas vezes necessário a mesma maloclusão, uma vez que a base onde se inserem os dentes é composta de cera maleável. Este fator indica uma vantagem na utilização do typodont no referido estudo, porque nos permite a validação dos resultados obtidos com um baixo custo e reprodutibilidade garantida.

4.1.2 Avaliação das características dos softwares

É fundamental para o entendimento da metodologia o conhecimento dos critérios analisados para a escolha dos equipamentos e softwares envolvidos.

Existem diversos modelos de avaliação de *softwares*, sendo que boa parte deles tem como base normas técnicas específicas. A NBR 13.596/1996 lista um conjunto de características que devem ser verificadas para que o software seja considerado de qualidade (Quadro 1). Foram avaliadas cinco subcaracterísticas das expostas no quadro, dentre as quais acurácia, inteligibilidade, apreensibilidade, operacionalidade e tempo.

Quadro 1 - Critérios de avaliação da qualidade de um software

Característica	Subcaracterística	Pergunta-chave para a subcaracterística
Funcionalidade (satisfaz as necessidades?)	<ul style="list-style-type: none"> • Adequação • Acurácia • Interoperabilidade • Segurança de acesso • Conformidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Propõe-se a fazer o que é apropriado? • Faz o que propôs de maneira correta? • Interage com os sistemas especificados? • Evita acesso não autorizado aos dados? • Está de acordo com as normas e leis?
Confiabilidade (é imune a falhas?)	<ul style="list-style-type: none"> • Maturidade • Tolerância a falhas • Recuperabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Com que frequência apresenta falhas? • Ocorrendo falhas, como reage? • É capaz de recuperar dados em caso de falhas?
Usabilidade (é fácil de usar?)	<ul style="list-style-type: none"> • Inteligibilidade • Apreensibilidade • Operacionalidade 	<ul style="list-style-type: none"> • É fácil entender o conceito e a aplicação? • É fácil aprender a usar? • É fácil operar e controlar?
Eficiência (rápido e enxuto)	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo • Recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Qual tempo de resposta, de velocidade de execução? • Quanto recurso usa e durante quanto tempo?

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.

A NBR 13.596 cita os critérios, mas não normatiza a forma como atribuir notas ou conceitos aos mesmos. Algumas das perguntas-chave geram medidas quantitativas, mas, em outras, devem ser emitidos juízos de valor, pois se constituem em avaliações de caráter mais subjetivo (NBR 13596, 2003).

Para esta pesquisa, a avaliação do *software* foi realizada quanto às características gerais do programa, baseando-se na NBR 13.596. A funcionalidade foi avaliada na subcategoria acurácia. A eficiência do programa foi avaliada nas subcategorias tempo e recursos.

4.2 MÉTODO

Por se tratar de um trabalho que busca uma análise comparativa é necessário, num primeiro momento, estabelecer os parâmetros de comparação. Para tanto são utilizadas duas ferramentas: escaneamento inicial e planejamento virtual do final ideal do tratamento, denominado *setup* virtual.

O escaneamento inicial fornece o parâmetro equivalente a 0 (zero), ou seja, o ponto de partida para a análise. O planejamento virtual cria o padrão ouro do tratamento, a meta a ser obtida, denominado 100 (cem). Este *setup* virtual criado tem, obrigatoriamente, que atender aos objetivos clássicos, previstos por Ricketts de um tratamento ortodôntico: oclusão funcional, estabilidade fisiológica dos resultados e total equilíbrio facial, abrangendo a estética dentária e facial (Ricketts, 1977).

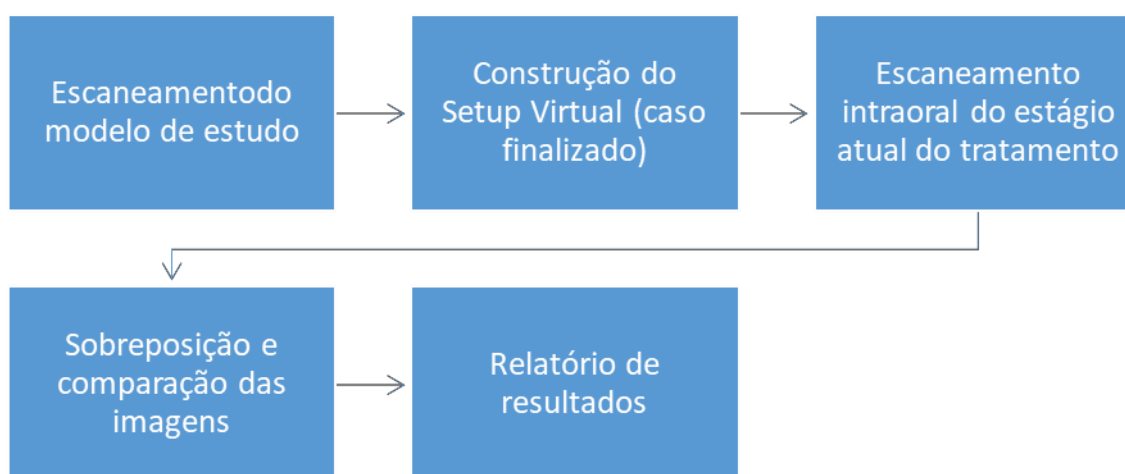
A partir deste ponto é aplicada a metodologia proposta. A qualquer momento do tratamento é possível realizar um escaneamento do simulador de tratamento (Typodont) e obter um modelo virtual das atuais condições de desenvolvimento do tratamento. Com a auxílio do software *GOM Inspect*, é

realizado a sobreposição das imagens, em formato de malhas STL, e o cálculo da distorção entre o modelo atual e o *setup* ideal. Como resultado desta sobreposição e cálculo esperamos obter um número na escala entre 0 (zero) e 100 (cem).

A metodologia proposta se divide nas seguintes etapas:

- Montagem da maloclusão em Typodont;
- Escaneamento do Typodont (*Trios[®] 3Shape*);
- Construção do Setup Virtual (*OrthoAnalyzer[™] 3Shape*);
- Simulação do tratamento ortodôntico em Typodont;
- Escaneamento do estágio atual do tratamento (*Trios[®] 3Shape*);
- Sobreposição e comparação das imagens (*GOM Inspect*);
- Relatório de resultados.

Figura 1- Fluxograma a ser aplicado *In Vivo*



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.1 Montagem da maloclusão em typodont

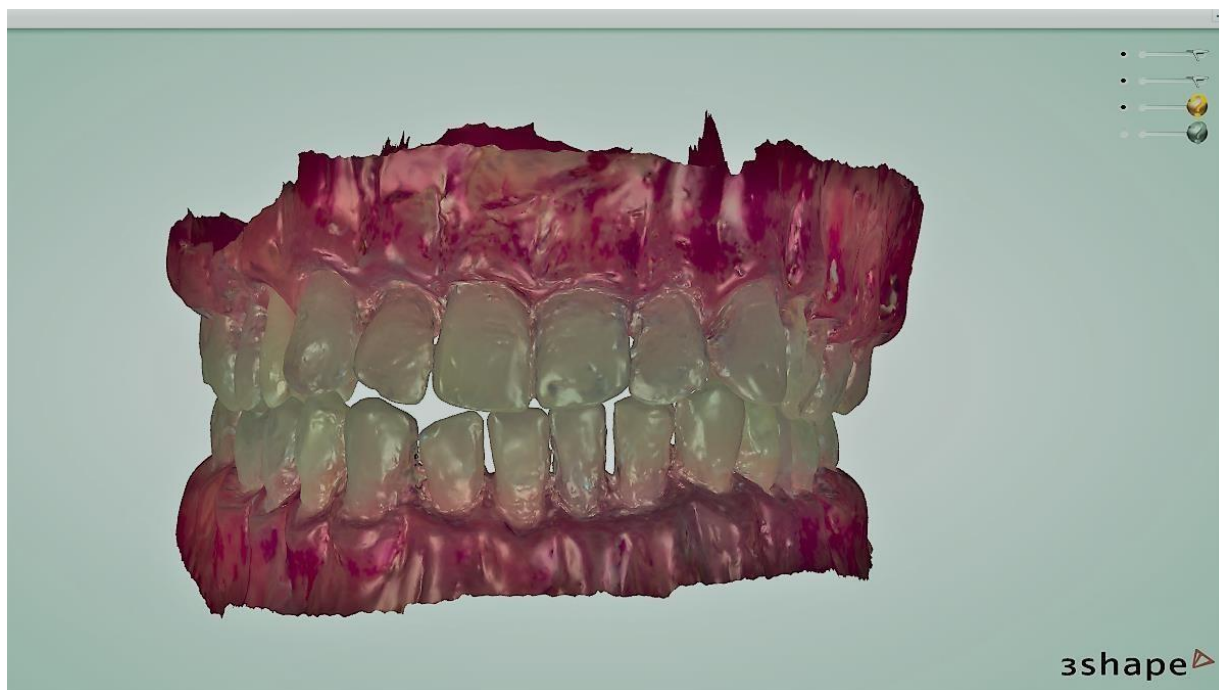
O primeiro passo da metodologia deste ensaio é a montagem da maloclusão a ser tratada. Foi realizada, por um técnico em prótese dentária, a montagem em articulador metálico de uma maloclusão com as seguintes características: Classe II de Angle, divisão 1, sub-divisão esquerda; apinhamentos nas arcadas superior e inferior; mordida aberta anterior. Os dentes de material resinoso foram inseridos em uma base de cera que permite a posterior movimentação.

A montagem deste tipo de maloclusão possibilitou uma movimentação ampla durante a simulação do tratamento, facilitando a visualização dos resultados das etapas posteriores.

4.2.2 Escaneamento do simulador de maloclusão

O segundo passo do processo consiste em realizar o escaneamento do simulador de maloclusão. O typodont de cera foi então digitalizado com um *TRIOS*[®] scanner intraoral para criar um modelo 3D inicial que é usado como modelo de referência (Figuras 1, 2 e 3). Todas as digitalizações foram feitas de acordo com as recomendações do fabricante. Os arquivos STL de cada varredura então exportados para um arquivo de código aberto, separados em arcos maxilar e mandibular. As digitalizações iniciais de STL também foram usadas para criar um *setup* para o typodont usando o software *OrthoAnalyzer*.

Figura 2 - Escaneamento inicial da maloclusão em vista frontal



Fonte: Elaborado pelo autor no escâner *TRIOS 3Shape*.

Figura 3 - Vista lateral direita do escaneamento inicial da maloclusão



Fonte: Elaborado pelo autor no escâner *TRIOS 3Shape*.

Figura 4 - Vista lateral esquerda do escaneamento inicial da maloclusão



Fonte: Elaborado pelo autor no escâner *TRIOS 3Shape*.

Como citado anteriormente o escaneamento intraoral oferece vantagens em relação ao conforto do paciente e agilidade na tomada das imagens. Para uma análise mais minuciosa e cuidadosa, foram selecionados no mercado os escâneres com maior amplitude de funções e que se enquadrassem nos formatos digitais aceitos pelo software *GOM Inspect*.

Atualmente a maioria dos centros de radiologia especializados em análises ortodônticas fornecem em suas documentações a opção de um modelo virtual. Independente da forma de obtenção deste modelo virtual ele fornecerá a posição 0 (zero) na análise posterior.

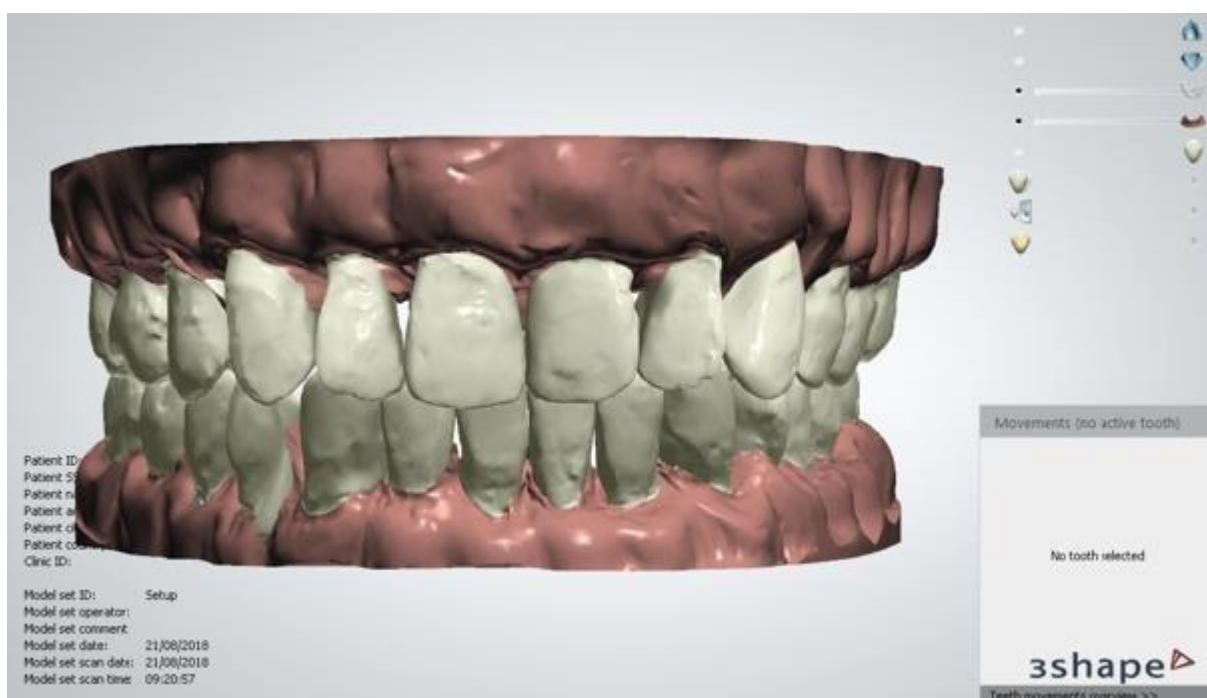
4.2.3 Construção do *Setup* Virtual

Neste trabalho a função do *Setup Virtual* foi a definição do padrão ouro a ser obtido, a este modelo criado em computador foi atribuído o valor 100 (cem).

Dentro da seqüência da metodologia, instruções foram dadas ao operador do software para alinhar os dentes e resolver o apinhamento, tanto quanto possível, realizar as exodontias dos elementos 14 (1º pré molar superior direito) e 24 (1º pré molar superior esquerdo) e, também, realizar a mesialização dos elementos posteriores do segmento superior direito.

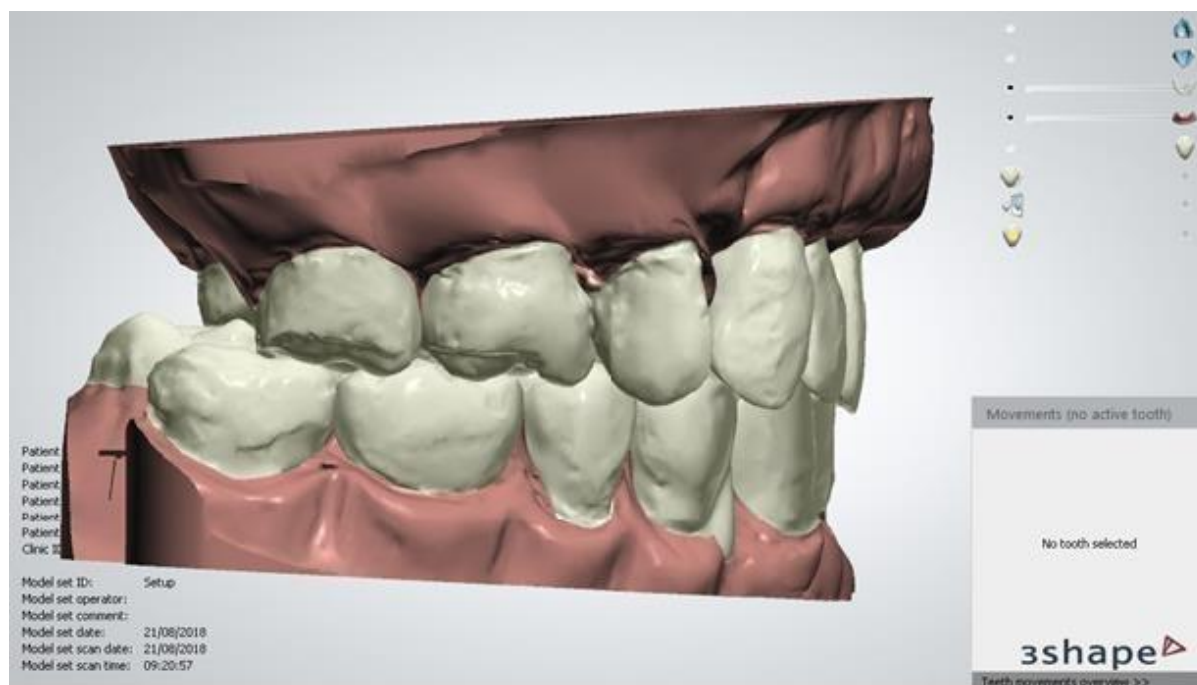
O software utilizado foi o *OrthoAnalyzer™ 3Shape*. É possível obter uma cópia deste programa de forma gratuita, porém para seu correto manuseio é necessário um amplo treinamento prévio, além do pagamento de uma licença de uso para sua versão completa.

Figura 5 - Vista frontal setup virtual



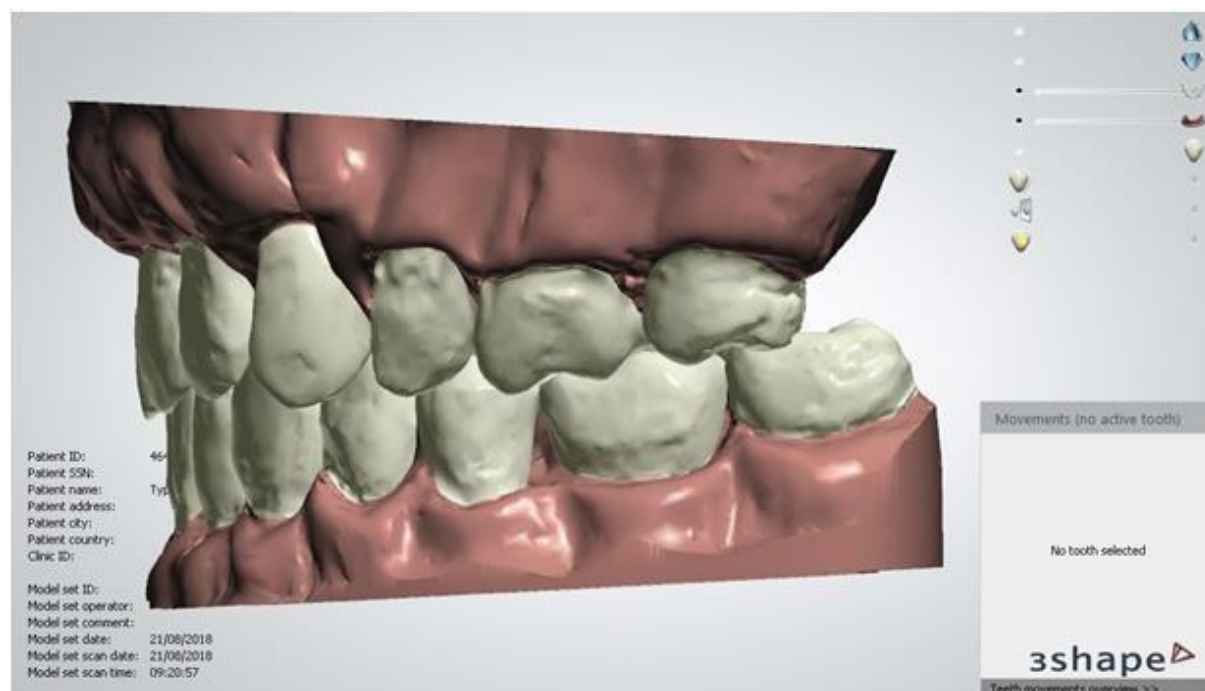
Fonte: Elaborado pelo autor no *software Orthoanalyzer*.

Figura 6 - Vista lateral direita setup virtual



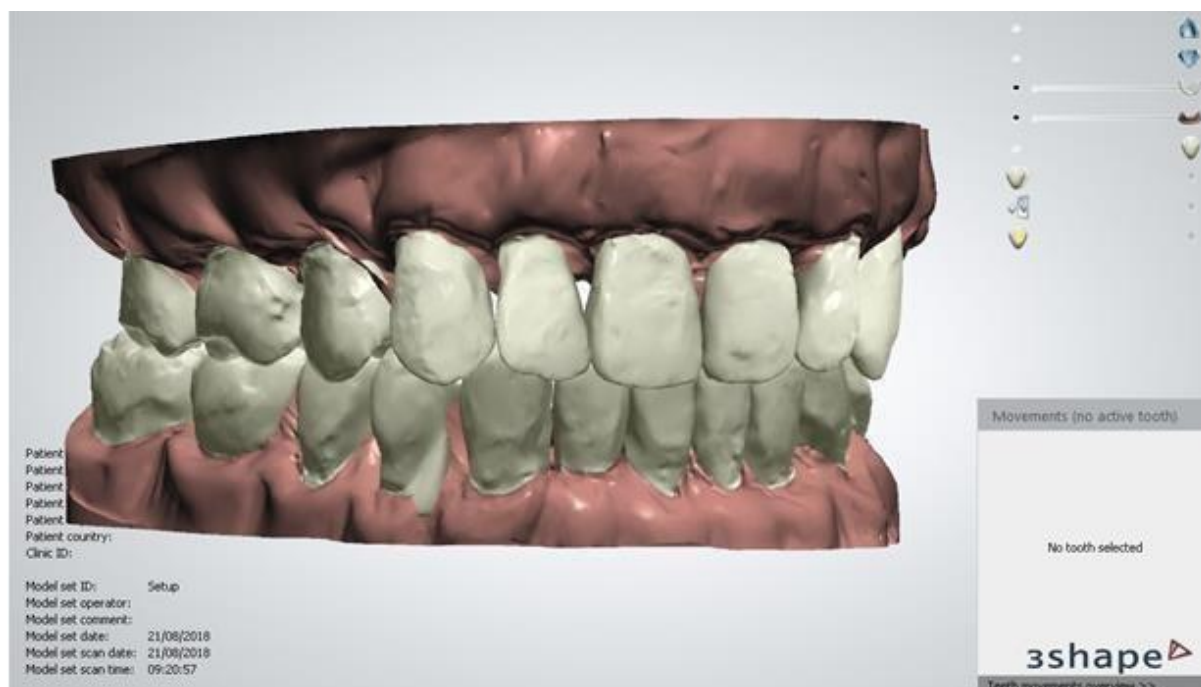
Fonte: Elaborado pelo autor no *software Orthoanalyzer*.

Figura 7 - Vista lateral esquerda setup virtual



Fonte: Elaborado pelo autor no *software Orthoanalyzer*.

Figura 8 - Vista lateral direita em 45°



Fonte: Elaborado pelo autor no *software Orthoanalyzer*.

4.2.4 Simulação do tratamento ortodôntico

Para atingir um estágio de tratamento em que fosse possível fazer uma análise comparativa foi realizada a simulação de tratamento no typodont previamente montado em maloclusão. Inicialmente, foi instalado uma aparatologia ortodôntica fixa da técnica de Edgewise, prescrição Roth, com slot 0,022", modelo *Advanced Series, Orthometric*. Neste tratamento foram realizadas as extrações dos elementos de dentários 14 (1° pré-molar superior direito) e 24 (1° pré-molar superior esquerdo). Este procedimento minimizou a sobressaliência existente e facilitou a correção da vestibuloversão. Na arcada inferior o alinhamento e nivelamento foi alcançado com a utilização de fios flexíveis de nitinol e, posteriormente, correção do torque dos dentes com fios

metálicos de secção retangular. Em seguida passou-se a etapa de retração do segmento anterior, para tanto foi utilizada a técnica de retração com alça de Bull confeccionada manualmente, que possui um maior controle em relação a sobremordida e ao torque dos elementos anteriores. Esta retração auxiliou na correção da mordida aberta anterior. A captura das imagens foi realizada após o término desta etapa, com os caninos em posição de classe I de Angle.

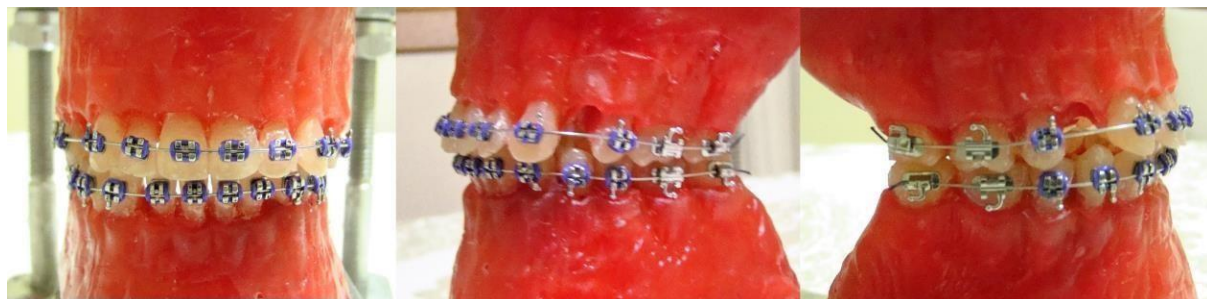
Entre cada etapa do tratamento ortodôntico, em uma panela com água à temperatura constante de 50°C, o tyodont, com seu respectivo par de arcos ortodônticos, era mergulhado por aproximadamente 3 minutos. Na sequência, o tyodont era lavado sob água corrente, à temperatura ambiente, durante 2 minutos, para a estabilização da ativação.

Figura 9 - Alinhamento e nivelamento arcos Nitinol 0,014"



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 - Sequência de alinhamento e nivelamento arcos Nitinol 0,016"



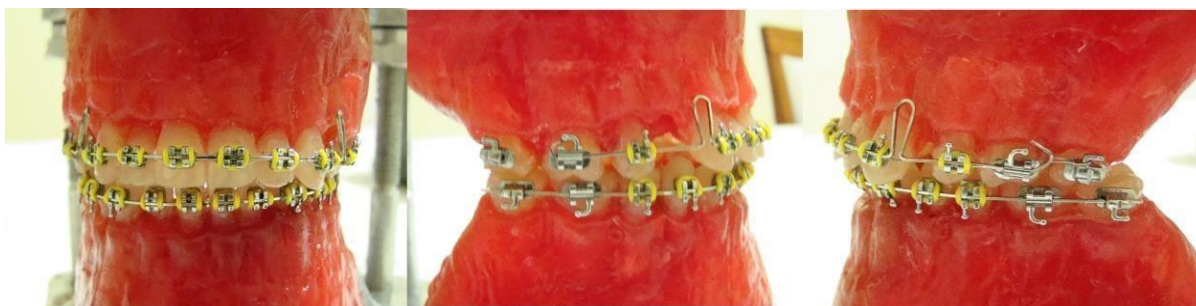
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 - Arcos Nitinol retangulares 0,016 x 0,022"



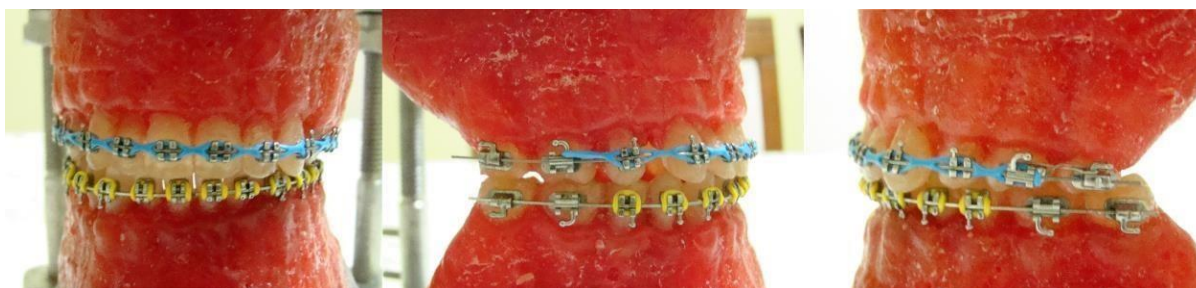
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 - Início retração da bateria anterior com alça de Bull em fio de aço 0,017 x 0,025"



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Realinhamento e fechamento de espaços com fio Nitinol 0,017 x 0,025"



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.5 Escaneamento do estágio atual do tratamento

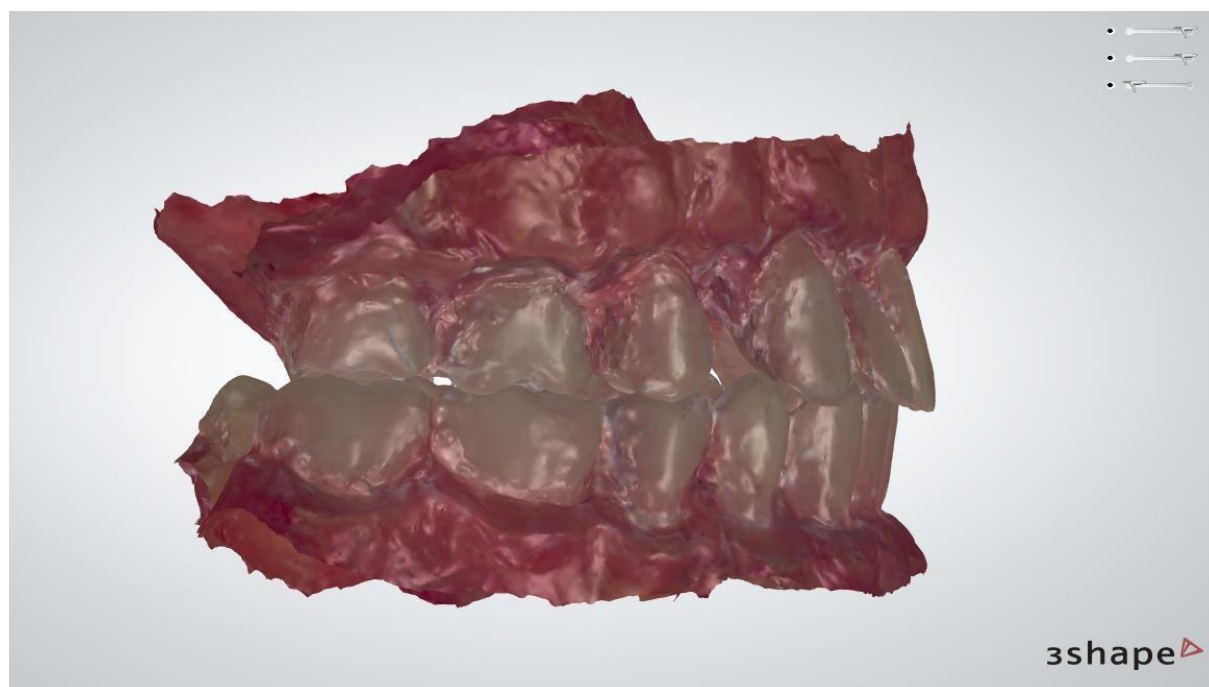
A próxima etapa iniciou com o escaneamento do momento atual do tratamento. O escaneamento foi realizado com escâner intraoral (*TRIOS® 3 Shape*). O escaneamento foi realizado em três vistas diferentes: arcada superior, faces vestibular, palatina e oclusal; arcada inferior, faces vestibular, lingual e oclusal; máxima intercuspidação habitual (MIH), face vestibular. Esta última vista tem como objetivo obter o registro da posição de mordida.

Figura 14 - Vista frontal do escaneamento pós tratamento



Fonte: Elaborado pelo autor no escâner *TRIOS 3Shape*.

Figura 15 - Vista lateral direita do escaneamento pós tratamento



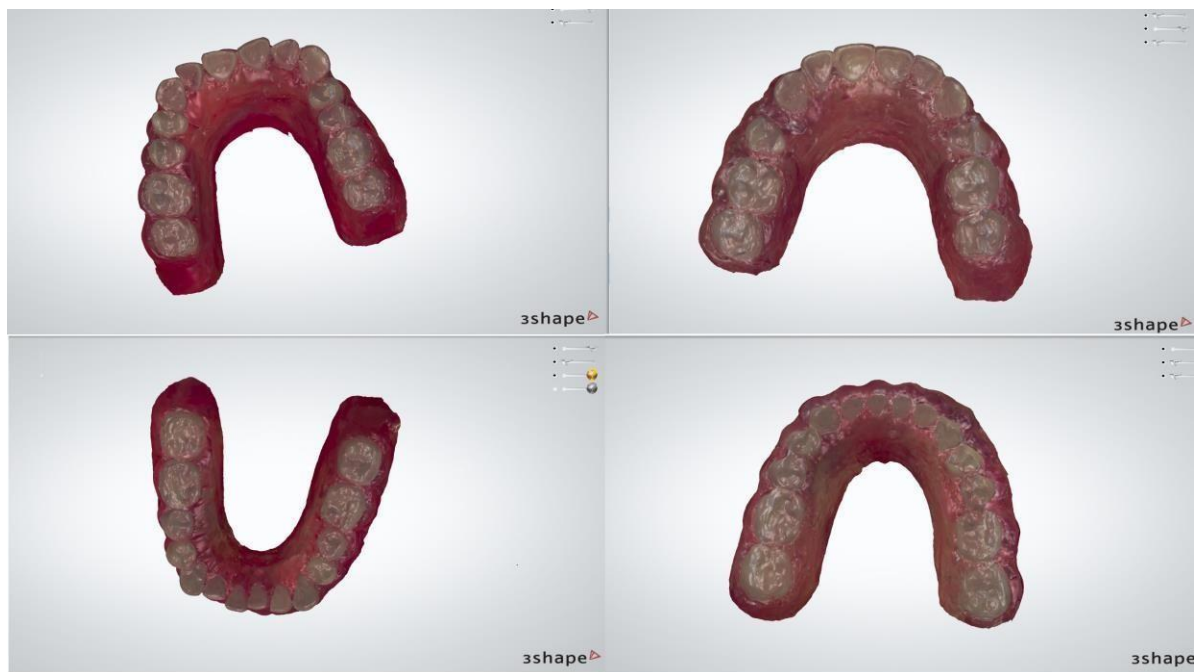
Fonte: Elaborado pelo autor no escâner *TRIOS 3Shape*.

Figura 16 - Vista lateral esquerda do escaneamento pós tratamento



Fonte: Elaborado pelo autor no escâner *TRIOS 3Shape*.

Figura 17 - Vista oclusal: comparativo antes e depois do tratamento



Fonte: Elaborado pelo autor no escâner *TRIOS 3Shape*.

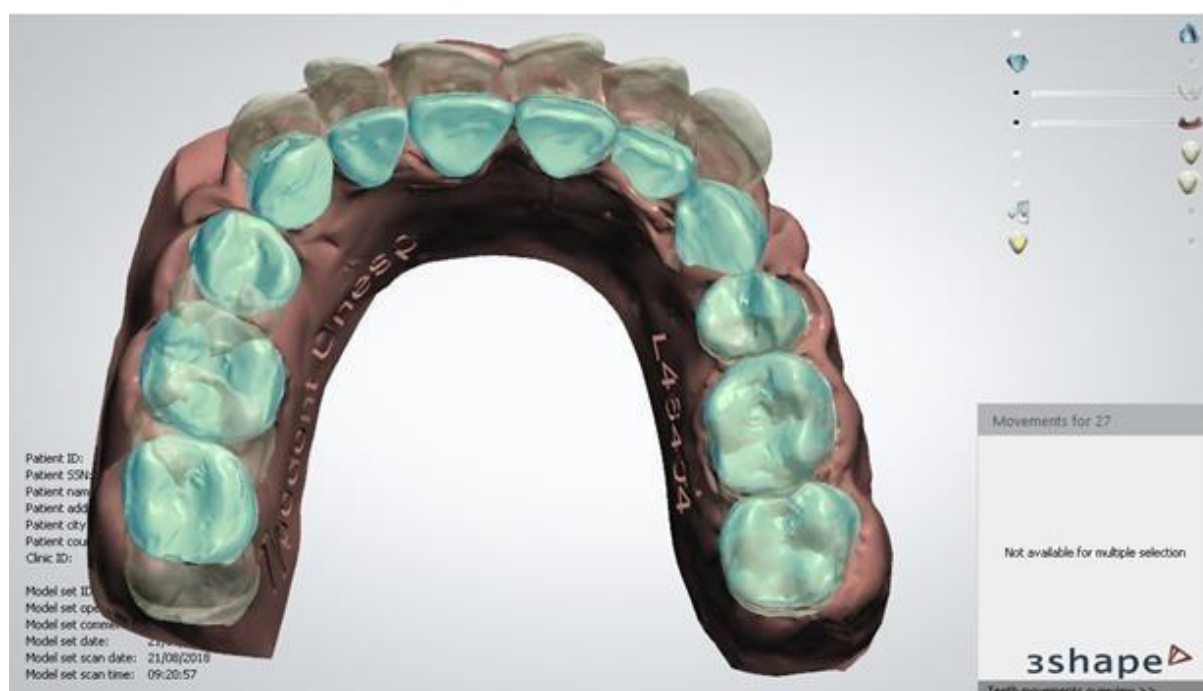
4.2.6 Sobreposição e comparação das imagens

As sobreposições dos modelos dentais digitais 3D do typodont pós-tratamento inicial e o setup virtual gerados pelo *OrthoAnalyzer™ 3Shape* foi feito no software *GOM Inspect* para obter um desvio global das sobreposições, quantificadas em milímetros a partir de aproximadamente 200.000 pontos. O desvio global é um melhor ajuste geral das posições individuais dos dentes. O software calcula este desvio global usando um cálculo de pré-alinhamento entre o modelo odontológico digital baseado no typodont em tratamento e setup virtual com o padrão ideal de resultado. A empresa responsável pelo software *GOM Inspect* afirma que, o pré-alinhamento alinha automaticamente os dados reais com os dados nominais, independentemente das posições iniciais. Um pré-

alinhamento pode ser realizado com um alinhamento automático que pode ser melhorado manualmente. Antes de executar o sobreposições, a porção gengival e os braquetes e acessórios colados no typodont foi removida digitalmente do arquivos STL para garantir que os dados das sobreposições resultem apenas da posição de os dentes, e não do movimento da cera e dos braquetes durante a manipulação dos typodonts.

Os padrões profissionais da *ABO (American Board of Orthodontics)* consideram discrepâncias menores que 0,5 mm para alinhamento e diferenças de crista marginal para ser clinicamente aceitável. O software *GOM Inspect* é capaz de detectar desvios que são muito menores do que o que é clinicamente relevante; devido a isso, os valores de desvio máximo e mínimo foram definidos em 0,5 mm e -0,5 mm respectivamente.

Figura 18 - Sobreposição inicial e final por vista oclusal superior



Fonte: Elaborado pelo autor no *software Orthoanalyzer*.

Figura 19 - Sobreposição inicial e final por vista oclusal inferior



Fonte: Elaborado pelo autor no *software Orthoanalyzer*.

4.2.7 Relatório de resultados

O software *GOM Inspect* possui um módulo de relatórios, que permite ao usuário gerar relatórios com capturas de tela, imagens, tabelas, diagramas, textos e gráficos. Os resultados podem ser exibidos e editados na interface do usuário ou exportados como documento PDF, facilitando a interpretação e comunicação entre os interessados. Modelos previamente idealizados podem ser reutilizados, e cada captura de tela armazenada em um relatório pode ser restaurada em uma janela 3D.

5 RESULTADOS

No trabalho realizado foi possível obter como resultado efetivo a quantificação dos movimentos dentários produzidos e a sua comparação com as medidas iniciais obtidas pelo escaneamento do modelo pré-tratamento. Além disso, foi obtida um resultado comparativo entre o estágio do tratamento em que o typodont foi submetido ao escaneamento e o modelo ideal criado em computador.

Foi detectado um nível de distorção inferior aos indicados pela *American Board of Orthodontics*, o que valida o teste utilizado. As distorções são ocasionadas pela manipulação do typodont e seus dentes em resina, o que gerou irregularidades nas imagens capturadas. Porém, não foram encontradas distorções ocasionadas por erros de referenciamento ou técnica de manipulação de imagens.

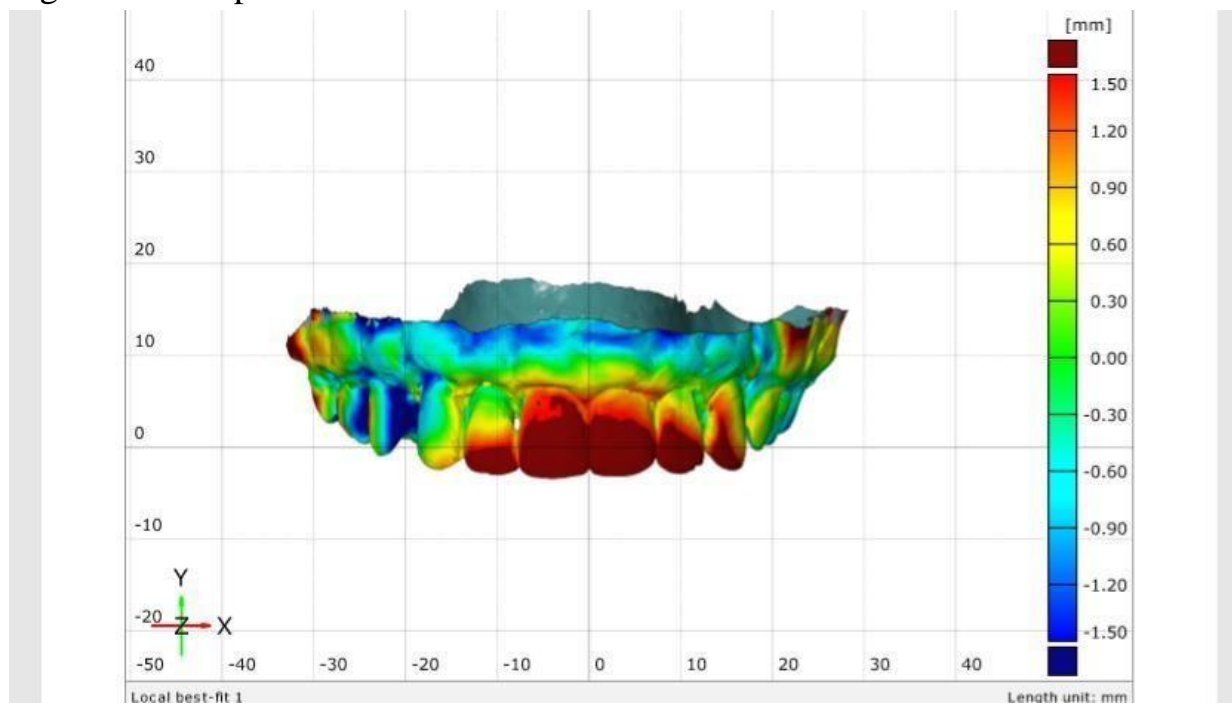
Os relatórios de resultado apontam que a metodologia atendeu aos testes impostos, principalmente no que se refere a quantificação do estágio atual do tratamento, mostrando um comparativo com o ideal de finalização ortodôntica (setup virtual).

Na sequência de figuras a seguir (figuras 20, 21, 22, 23 e 24) podemos observar os mapas de calor gerados pela sobreposição das imagens. As áreas em azul mais intenso demonstram as áreas onde houve distorção negativa do modelo escaneado em relação ao setup virtual, ou seja, áreas onde a movimentação está aquém do necessário. Já as áreas em vermelho mais intenso demonstram locais onde houve distorção positiva em relação ao setup virtual, áreas onde a movimentação superou o desejado em relação ao setup. O desejado são áreas em verde, que representam o exato casamento entre as imagens, isto é, a movimentação ortodôntica levou os dentes ao exato ponto previsto no

planejamento virtual. Devido as alterações ocorridas na cera do typodont houve uma grande variação nas regiões de gengiva e palato, fato que não deve ocorrer em testes com modelos obtidos a partir de pacientes reais.

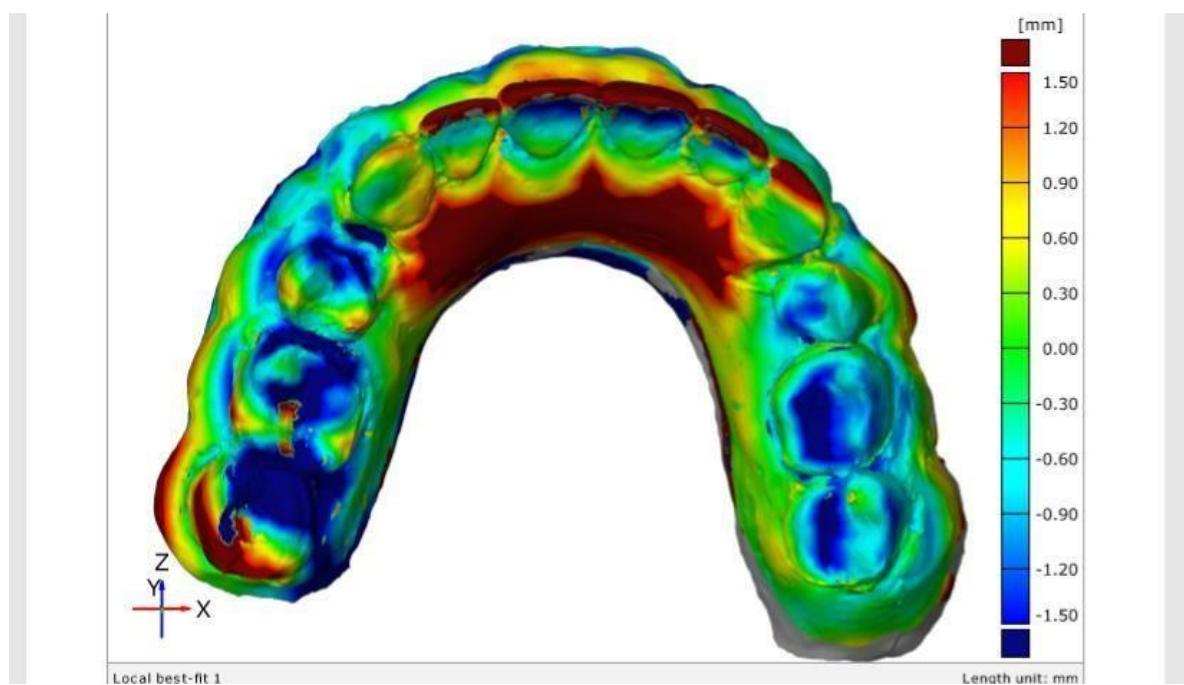
Ainda analisando os mapas de calor podemos detectar os locais onde ainda serão necessárias movimentações dentárias, essas áreas são mais evidentes no modelo referente a maxila, onde observamos a maior incidência de regiões com predominância na cor vermelha.

Figura 20 - Mapa de calor vista vestibular da maxila



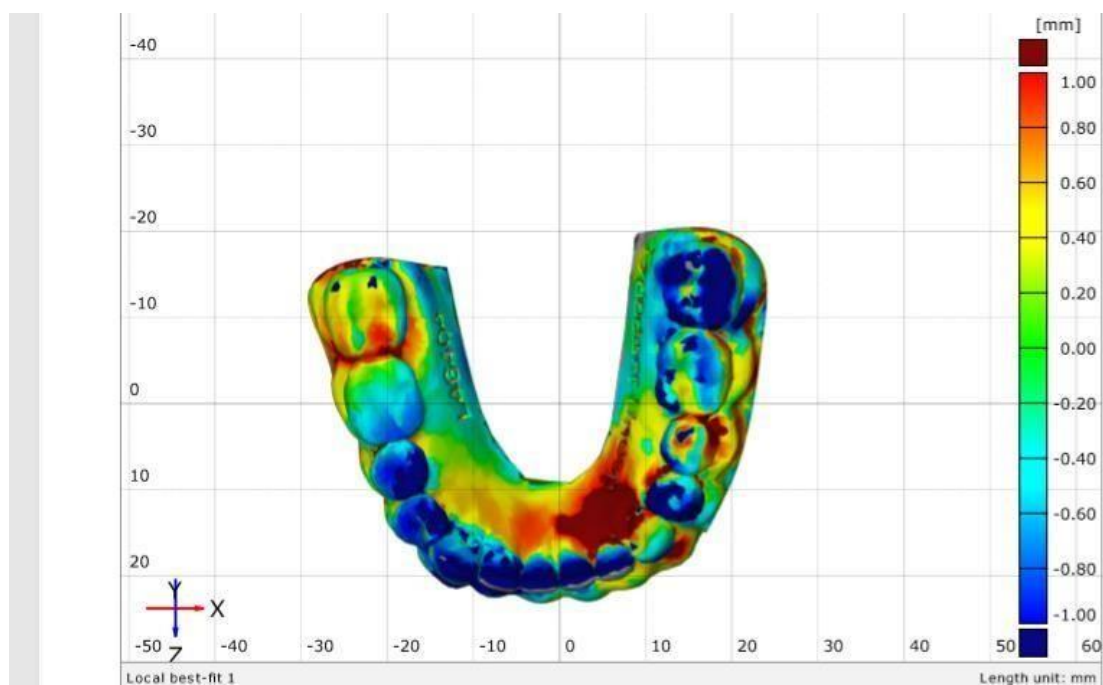
Fonte: Elaborado pelo autor no *software GOM Inspect*.

Figura 21 - Mapa de calor vista oclusal da maxila



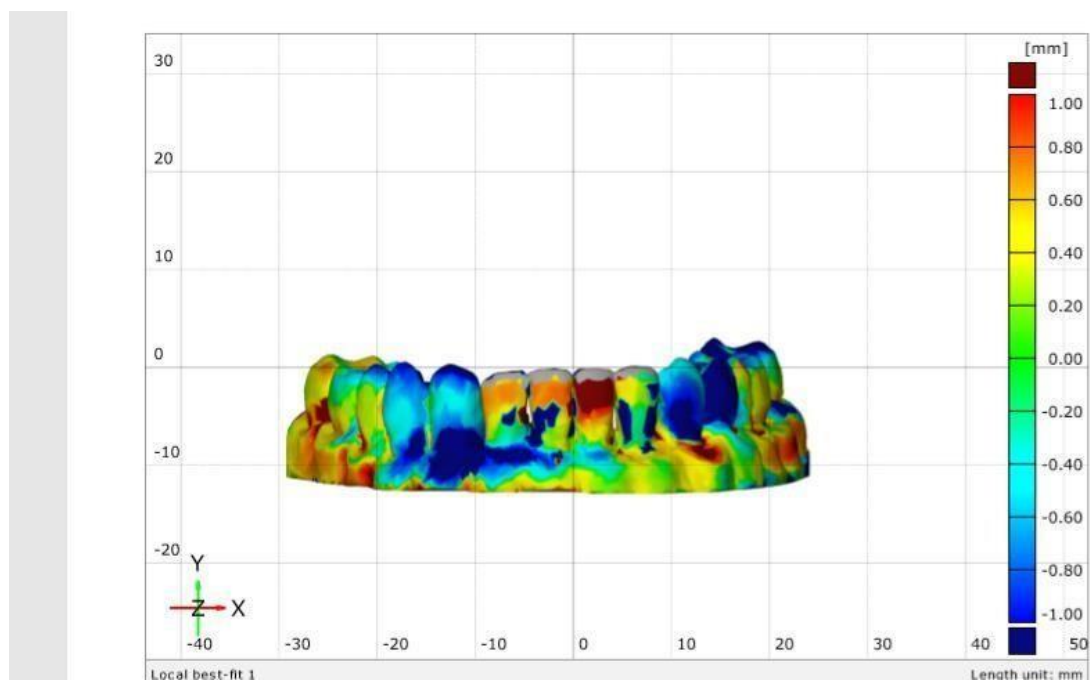
Fonte: Elaborado pelo autor no *software GOM Inspect*.

Figura 22 - Mapa de calor vista oclusal da mandíbula



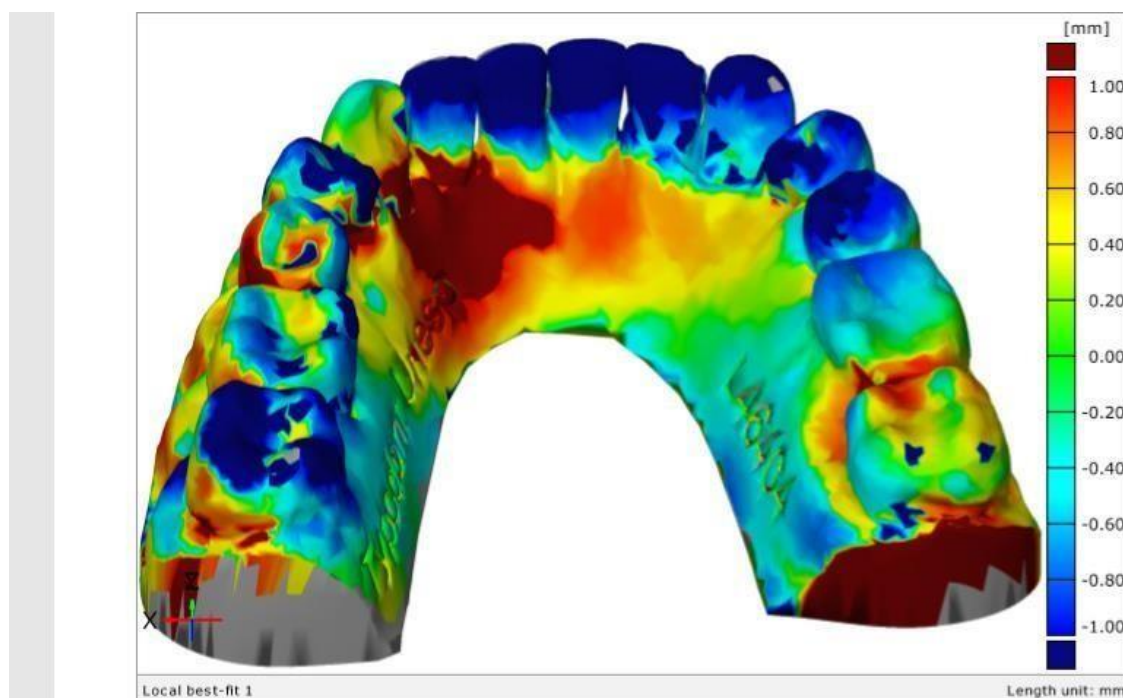
Fonte: Elaborado pelo autor no *software GOM Inspect*.

Figura 23 - Mapa de calor vista vestibular da mandíbula



Fonte: Elaborado pelo autor no *software GOM Inspect*.

Figura 24 - Mapa de calor por vista postéro-anterior da mandíbula



Fonte: Elaborado pelo autor no *software GOM Inspect*.

Na tabela abaixo (Tabela 1) podemos observar a quantificação das alterações ocasionadas pelo tratamento ortodôntico no simulador de maloclusão. Os elementos sofreram alterações em diversos sentidos podendo-se destacar: extrusão do elemento 17; retrusão dos elementos 13, 15, 33 e 43; angulação dos elementos 23, 3 e 43; rotação dos elementos 12, 22 e 42; torque dos elementos 13, 23, 22 e 43. Essas movimentações foram necessárias para atingir as chaves de oclusão propostas por Andrews, em 1971. Vale salientar que o tratamento não atingiu a meta clínica para finalização, apenas parte do tratamento foi realizado. É interessante observar que as medidas das mudanças de posição se aproximam dos números obtidos no mapa de calor gerado pelo software *GOM Inspect*.

Vários elementos da arcada inferior sofreram alterações na sua circunferência, devido aos desgastes interproximais necessários para a obtenção do correto alinhamento. Na arcada superior este procedimento foi dispensado por conta da opção pela exodontia dos elementos 14 e 24.

Tabela 1 - Relatório de movimentação dentária

Nº do dente	Rotação	Angulação	Inclinação	Extrusão	Longo eixo	Circunferência
17				-2,2 mm	81,2°	30,2 mm
16		6,7°		-0,2 mm	85,3°	31,8 mm
15	-14,0°	-1,9°	-10,1°	-0,6 mm	79,0°	23,7 mm
13	14,2°	3,1°	-22,3°	-0,2 mm	63,9°	20,3 mm
12	26,6°	12,4°	-10,8°	1,3 mm	58,7°	15,7 mm
11	9,0°	2,0°	-7,3°	1,0 mm	70,4°	19,9 mm
21	23,2°	2,6°	-11,9°	1,1 mm	70,4°	19,8 mm
22	38,1°	8,0°	-16,2°	1,8 mm	62,6°	15,9 mm
23	4,9°	-16,0°	-23,8°	1,4 mm	52,2°	21,0 mm
25		-11,8°		-0,4 mm	78,3°	21,8 mm
26					79,5°	30,7 mm
27				0,1 mm	80,6°	29,5 mm
37	6,4°				78,6°	31,4 mm
36	6,8°				73,5°	31,0 mm
35		-7,7°		-0,1 mm	73,4°	21,1 mm
34	16,9°	-17,3°	-12,5°	-1,2 mm	73,4°	19,6 mm
33	9,4°	-11,2°	-24,0°	0,5 mm	56,4°	17,5 mm
32	-0,5°	-4,1°	-15,0°	0,1 mm	61,7°	13,8 mm
31	-4,8°	-8,2°	-12,4°	-0,8 mm	66,2°	13,5 mm
41	0,2°	1,2°	-15,8°	-0,8 mm	59,7°	13,4 mm
42	19,5°	5,9°	-16,3°	-1,7 mm	59,7°	14,3 mm
43	8,0°	-16,8°	-25,5°	-2,0 mm	56,4°	17,9 mm
44	16,3°	-12,8°	-7,2°	-0,9 mm	83,2°	19,7 mm
45		-15,7°		-1,0 mm	78,7°	21,5 mm
46	5,0°	-9,0°		-0,3 mm	86,4°	31,5 mm
47				1,4 mm	82,8°	33,2 mm

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO

Confrontar os resultados obtidos com a literatura atual torna-se tarefa difícil diante da escassez de trabalhos similares. Porém, podemos ressaltar alguns autores que encontraram em suas pesquisas resultados aproximados aos do projeto realizado, mesmo atuando com metodologias diferentes.

Os resultados obtidos por estudos semelhantes demonstram que o desvio global médio aumentou principalmente do escaneamento pós tratamento para o modelo do setup virtual. 95% das diferenças de desvio médio indicaram significância estatística para (valor de $p < 0,05$). As diferenças, embora estatisticamente significativas, não foram significativas nos modelos, uma vez que todas as médias foram inferiores ao limiar de 0,5 mm. Resultado similar ao encontrado no presente trabalho (Ayache, Salah, 2018; Hoye, 2018; Morris, 2018).

Alguns autores alegaram que não foi levado em conta outras condições que poderiam afetar a qualidade dos escaneamentos intraorais, incluindo saliva, restaurações, variações na anatomia dentária, tamanho da língua e aparelhos ortodônticos fixos. Seus estudos também foram realizados em typodont com maloclusão, incluindo apinhamento anterior em Classe I e não levaram em consideração a variedade de maloclusões presentes na população. Devido a esses fatores, os resultados obtidos não podem ser considerados completamente precisos em condições intraorais (Hoye, 2018; Morris, 2018).

No caso usado como base para este estudo foi realizado uma movimentação muito extensa dos dentes, incluindo a retração do segmento anterior da maxila. Isto trouxe alguns inconvenientes para a leitura e interpretação final dos resultados obtidos. Os casos estudados em artigos similares mostram movimentações menores que 3 mm, no comparativo entre

modelo inicial e modelo de referência. Este fato nos mostra que a metodologia aplicada ao monitoramento de tratamentos ortodônticos tende a ser mais confiável em casos com movimentações dentárias limitadas.

Outra limitação deste estudo que deve ser considerado é que ele não foi testado em pacientes clínicos. É possível crer que a segmentação dos dentes em estruturas ósseas craniofaciais de pacientes reais seja significativamente mais complexa. A segmentação de limites com o software atual é trabalhosa e demorada. Com a nova geração de escâneres 3D e outras melhorias no software de renderização 3D e processamento de imagens, esperava-se tornar o processo muito mais fácil e rápido para uso clínico no futuro (Swennen, 2009), o que de fato observamos no decorrente período.

O tratamento ortodôntico bem-sucedido requer o posicionamento dos dentes em uma oclusão estável e funcional, bem como de maneira estética. A maior parte do foco nos tratamentos ortodônticos está nas posições das coroas dos dentes, e não nas raízes, porque as raízes geralmente não estão envolvidas na estética e nos contatos oclusais (Busato, Janson, Freitas, 2014). Pesquisas atuais mostraram que mesmo com a colocação adequada das raízes após o tratamento ortodôntico, algumas recidivas ainda são esperadas. Além disso, uma oclusão normal que ocorra naturalmente pode não permanecer por toda a vida. No entanto, é razoável especular que o posicionamento ideal das raízes no osso basal poderia diminuir a quantidade de recidiva após o tratamento ortodôntico. Além disso, muitos ortodontistas notam falhas no alinhamento da coroa somente depois de observar as angulações incorretas da raiz detectadas pelos raios X. A *American Board of Orthodontics* recomenda o uso de radiografias panorâmicas ao avaliar as angulações radiculares e requer paralelismo radicular geral. Assim, muitos ortodontistas ainda tentem obter a colocação correta da raiz ao tratar os pacientes e faça radiografias panorâmicas de pré-tratamento, progresso e pós- tratamento. Alguns estudos indicaram que as radiografias panorâmicas não são

representações precisas de posições e angulações radiculares, especialmente nas áreas canina e pré-molar, portanto, é necessário um novo método para avaliar as raízes (Lee et al., 2014; Deguchi et al., 2011). Este modelo proposto no trabalho pode ser utilizado para a sobreposição e comparação de TCFC, e assim, quantificar a movimentação radicular.

A tecnologia tem o potencial de mudar a paisagem atual da ortodontia e pode se mostrar uma ferramenta muito valiosa. Os ortodontistas podem agora ter uma ferramenta para analisar quantitativamente o tratamento ortodôntico e auxiliar no monitoramento em tempo real dos pacientes. Embora seja uma ferramenta muito útil, os aplicativos de monitoramento têm suas limitações. A interação humana entre um ortodontista em tratamento e o paciente simplesmente não pode ser substituída. O uso de um dispositivo de monitoramento, combinado com o julgamento clínico do ortodontista de supervisão, produzirá um tratamento mais individualizado e um melhor resultado (Kaggal et al., 2018; Roisin et al., 2016).

O cenário atual da comunidade ortodôntica está mudando rapidamente, pois muitos pacientes procuram opções de tratamento mais convenientes e mais rápidas. A indústria reconheceu isso e agora está buscando oferecer alinhadores diretamente ao consumidor, permitindo que os pacientes que nunca tiveram um exame inicial recebam as impressões e iniciem o tratamento. Muitas dessas empresas provavelmente considerariam essas tecnologias de monitoramento muito úteis para tratar os pacientes remotamente sem nunca precisar consultar um ortodontista (Roisin et al., 2016). Isso pode trazer um efeito nocivo ao entendimento dos pacientes sobre a necessidade do acompanhamento de um ortodontista, e, também, causar prejuízos em relação a saúde deste paciente, uma vez que ele não passaria pelo crivo básico de um diagnóstico profissional (Baheti, Toshniwal 2014).

Os aplicativos adequados para pacientes que utilizam alertas para o

desgaste elástico e substituição de alinhadores pode ser útil para os ortodontistas concluírem o tratamento precocemente. O tempo do tratamento ortodôntico pode ser reduzido e melhor administrado se os pacientes forem capazes de acessar informações sobre cuidados e progressos do tratamento (Baheti, Toshniwal, 2014).

Mais uma vez vale ressaltar que a maioria dos estudos, voltados a área do monitoramento de terapias ortodônticas, são direcionados ao uso de alinhadores estéticos, o que facilita tanto a captura das imagens pelo escâner, quanto o comparativo com os modelos de referência. Isso se dá pelo fato de não haver nesse tipo de tratamento, elementos colocados sobre a superfície dos dentes.

7 CONCLUSÃO

Após a realização deste estudo podemos concluir que a metodologia proposta atende as necessidades sugeridas. Além disso, abre a possibilidade da utilização do processo não só para avaliar a qualidade nas finalizações ortodônticas, mas também como possibilidade de monitoramento de terapia ortodôntica em tratamentos realizados com aparatologia convencional.

Diversos estudos retratados anteriormente no texto apontam para a questão do monitoramento presencial ou remoto de tratamentos ortodônticos realizados com alinhadores estéticos, porém pouco falam sobre as terapias convencionais. Talvez por conta da dificuldade em manipular uma imagem em que apareçam as imperfeições na face dos elementos dentários oriundas da colagem de bráquetes e acessórios. Neste ponto o estudo aqui relatado supera seus pares na literatura, pois aponta uma alternativa viável para o monitoramento de tratamentos ortodônticos com alinhadores estéticos ou aparelhos convencionais, com o uso de ferramentas simples, acessíveis e com um baixo custo.

Contudo, é necessário avançar nas pesquisas e desenvolvimento, principalmente no quesito mensuração. A metodologia foi falha na proposta de criar um valor absoluto para o estágio de desenvolvimento do tratamento, obtendo apenas os resultados lineares da medição metrológica em milímetros.

REFERÊNCIAS*

Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* 1972;62(3):296–309.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13596 A. Engenharia de software - Qualidade de produto Parte 1 : Modelo de qualidade. 2003;1–21.

Ayache W, Salah P. Method for monitoring an orthodontic treatment. US Patent. US20180204332A1. 2018.

Baheti MJ, Toshniwal N. Orthodontic apps at fingertips. *Prog Orthod.* 2014;;1–5.

Barone S, Paoli A, Razionale AV. Creation of 3D multi-body orthodontic models by using independent imaging sensors. *Sensors (Switzerland).* 2013;13(2):2033–50.

Bueno GN. Confiabilidade de diferentes métodos de aquisição de modelos dentários digitais [dissertação]. Rio de Janeiro (RJ): Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2014.

Busato, MC. Janson, G. Freitas M. Estabilidade pós-contenção das alterações da forma do arco inferior na má oclusão de Classe II de Angle tratada com e sem a extração de prés-molares. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2014;11(October 2006):129–37.

Camardella LT, Kant E, Oswaldo CR. Virtual setup: application in orthodontic practice “ dischen Praxis Virtuelles Setup: Anwendung in der kieferorthopa. *J Orofac Orthop.* 2016

Daniels C, Richmond S. The Development of the Index of Complexity, Outcome and Need (ICON). *J Orthod.* 2000;27:149–62.

Deguchi T, Kurosaka H, Oikawa H, Kuroda S, Takahashi I, Yamashiro T, et al. Comparison of orthodontic treatment outcomes in adults with skeletal open bite between conventional edgewise treatment and implant-anchored orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*; 2011;139(4):S60–8.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [atualizado 04 nov 2015; acesso em 25 set 2018]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

Fox NA, Chapple JR. Measuring failure of orthodontic treatment: a comparison of outcome indicators. *J Orthod.* 2004;31:319–22.

Freitas KMS de, Freitas MR de, Janson G, Henriques JFC, Pinzan A. Avaliação pelo índice PAR dos resultados do tratamento ortodôntico da má oclusão de Classe I tratada com extrações. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2008;13(2):94–104.

Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: A systematic review of the clinical evidence. *Eur J Orthod.* 2016;38(4):422–8.

Harrel W, Hatcher DC, Bolt RL. In search of anatomic truth: 3-dimensional digital modeling and the future of orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;122:325–30.

Hoye L. Reliability of Dental Monitoring™ 3D Digital Dental Models Using Video [tese]. Chicago (IL): University of Illinois at Chicago; 2018.

Jacob HB, Wyatt GD, Buschang PH. Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. *Prog Orthod Progress in Orthodontics;* 2015; 16-38

Kaggal G, Rao L, Mokhtar N, Iskandar YHP. Managing orthodontic needs through mobile apps. *J Hosp Manag Heal. Policy.* 2018;2:1–7.

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.

Lee RJ, Pham J, Choy M, Weissheimer A, Jr HLD, Sameshima GT, et al. Monitoring of tyodont 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.

Martin CB, Chalmers EV., McIntyre GT, Cochrane H, Mossey PA. Orthodontic scanners: what's available? *J Orthod.* 2015;42(2):136–43.

Mayers M, Firestone AR, Rashid R, Vig KWL. Comparison of peer assessment rating (PAR) index scores of plaster and computer-based digital models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;431–4.

Mezio M, Caterini L. Self-perception of malocclusion severity: IOTN-AC. *Webmed Cent.* 2017;1–6.

Monnerat C, Mucha JN. A oclusão funcional ideal e a estabilidade do tratamento ortodôntico: uma revisão. *Ortod Gaúcha.* 1998;2(Jul/Dez); 117-126.

Morris R. Reliability of dental monitoring reconstructed digital dental models using photo mode [tese]. Chicago (IL): University of Illinois University of Illinois at Chicago; 2018.

Nurazreena W, Hassan W, Othman SA, Chan CS, Ahmad R, Nor S, et al. Assessing agreement in measurements of orthodontic study models: Digital caliper on plaster models vs 3-dimensional software on models scanned by structured-light scanner. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2016. 150(5):886–95.

Oliveira CM. The planning , contracting and monitoring of orthodontic services, and the use of the IOTN index: a survey of consultants in dental public health in the United Kingdom. *Br Dent J.* 2003;195:704–6.

Onyeaso C. Relationship between index of complexity, outcome and need, dental aesthetic index, peer assessment rating index, and American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1999;131(2):248–52.

Patzelt SBM, Bishti S, Stampf S, Att W. Accuracy of computer-aided design/computer-aided manufacturing-generated dental casts based on intraoral scanner data. *J Am Dent Assoc.* 2014;145(11):1133–40.

Richmond S, Shaw WC, Brien KDO, Buchanan IB, Jones R, Stephens CD, et al. The development of the PAR Index (Peer Assessment Rating): reliability and validity. 2018;14(May):125–39.

Richmond S, Shaw WC, Roberts CT, Andrews M. The PAR Index (Peer Assessment Rating): methods to improvement and standards. *Eur J Orthod* 1992;14:180–7.

Ricketts R. A detailed consideration of the line of occlusion. *Angle Orthod.* 1977. p. 274–82.

Roisin L, Brézulier D, Sorel O. Remotely-controlled orthodontics: fundamentals and description of the Dental Monitoring system. *J Dentofac Anom Orthod.* 2016;19:1–12.

Solaberrieta E, Otegi R, Goicoechea N, Brizuela A, Pradies G. Comparison of a conventional and virtual occlusal record. *J Prosthet Dent*. 2015. 114:1–6.

Swennen GRJ. Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. *J Oral M Surgery*. 2009. 67(10):2080–92.

Teixeira SA, Almeida FM. A Influência do tratamento ortodôntico nas disfunções temporomandibulares. *Arq Bras Odontol*. 2007. 65:129-137.

Trifkovic B, Budak I, Todorovic A, Vukelic D, Lazic V, Puskar T. Comparative analysis on measuring performances of dental intraoral and extraoral optical 3D digitization systems. *Measurement*. 2013. 47: 45-53.

Vianna MS, Casagrande FA, Camargo ES. *Setup*: um Auxílio no Diagnóstico Ortodôntico. *J Bras Ortodon Ortop Facial*. 2002;7:398–405.

Weissheimer A, Menezes LM, Lima EM De. Basic and Essential Aspects to the finishing of orthodontic treatment. *Ortod Gaúcha*. 2007;11(Aug):37–44.