



**UNIVERSIDADE
DO BRASIL**
UFRJ

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CLÍNICA
ODONTOLÓGICA**

RAFAEL ROCHA PINTO

**ACURÁCIA DE MENSURAÇÕES LINEARES REALIZADAS POR
ORTODONTISTAS EM MODELOS DIGITAIS COM CONDIÇÕES
CLÍNICAS SIMULADAS: ESTUDO TRANSVERSAL**

Rio de Janeiro

2021

RAFAEL ROCHA PINTO

**ACURÁCIA DE MENSURAÇÕES LINEARES REALIZADAS POR
ORTODONTISTAS EM MODELOS DIGITAIS COM CONDIÇÕES
CLÍNICAS SIMULADAS: ESTUDO TRANSVERSAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
Mestrado Profissional em Clínica Odontológica da
Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Ribeiro Guedes

Rio de Janeiro

2021

Ficha Catalográfica

Pinto, Rafael Rocha.

Acurácia de mensurações lineares realizadas por ortodontistas em modelos digitais com condições clínicas simuladas: estudo transversal. / Rafael Rocha Pinto. – Rio de Janeiro: UFRJ / Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, 2021.

63 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Fabio Ribeiro Guedes.

Dissertação (mestrado) – UFRJ / Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Odontologia, Programa do Mestrado Profissional em Clínica Odontológica, 2021.

Referências: f. 46-48.

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de Referência da Biblioteca Central do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho Joaquim, minha fonte eterna de inspiração.

AGRADECIMENTOS

À **Deus** pelo dom da vida, pela saúde concedida e pelas portas que abriu durante a minha jornada.

À minha querida e doce esposa, **Maria Augusta Visconti Rocha Pinto**. Pela parceria, pelos ensinamentos, e por caminhar diariamente comigo, de mãos dadas, e olhando para frente. Te amo!

À minha mãe, **Rosalia Rocha Pinto**, exemplo de mulher, capaz de se multiplicar em 1000 e dar conta de todas as tarefas. Por sempre me mostrar o caminho do bem, por ter se dedicado intensamente à nossa família, e por ter me permitido chegar até aqui.

Ao meu pai, **Antonio Ferreira Pinto** (in memorian), que construiu junto com minha mãe, tudo o que eu e meus irmãos somos hoje. Me faz uma falta enorme. Joaquim infelizmente não conheceu o “super Toni”, uma pena. O levo comigo no coração. Tenho certeza de que está vibrando (de onde estiver), assim como eu estou, com a conclusão dessa fase da minha carreira.

Ao Prof. Dr. **Fábio Ribeiro Guedes**, meu orientador, pelos ensinamentos e pela ajuda na construção deste trabalho. Obrigado pela confiança depositada em mim.

Ao Prof. Dr. **Aurelino Guedes** por ter participado deste estudo, pelas dicas e sugestões, com toda sua sabedoria e atualizações tecnológicas.

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na pessoa da Diretora, Prof^a. Dr^a. **Márcia Grillo Cabral**.

Aos membros da banca de qualificação, professores **Andrea de Castro Domingos Vieira** e **Matheus Melo Pithon**, por terem aceitado prontamente meu convite, e por terem feitos comentários que engrandeceram este estudo.

Aos membros da banca de defesa, professores **Antônio Carlos de Oliveira Ruellas** e **Francielle Silvestre Verner**, também por terem aceitado o meu convite e por serem exemplo e inspiração para mim e para muitos outros alunos.

À secretária do Mestrado Profissional em Clínica Odontológica, **Jussara**, pela competência e carinho com que cuida das nossas atividades junto à Coordenação.

A todos os ortodontistas que participaram desta pesquisa de forma tão comprometida. Sem eles nada seria possível.

"Pesquisar é acordar para o mundo."

Marcelo Lamy

RESUMO

Pinto, Rafael Rocha. *Acurácia de mensurações lineares realizadas por ortodontistas em modelos digitais com condições clínicas simuladas: estudo transversal*. Rio de Janeiro. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Clínica Odontológica) – Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A tecnologia vem ganhando espaço de maneira acelerada em todas as áreas do conhecimento, não sendo diferente na Odontologia. Na Ortodontia, o correto planejamento exige a utilização de exames complementares, como radiografias, fotografias intra e extraorais, traçados cefalométricos e modelos das arcadas dentárias. Tradicionalmente, os modelos são confeccionados em gesso e obtidos através de uma moldagem com alginato de toda a arcada do paciente. Contudo, a substituição de modelos em gesso por modelos digitais é uma realidade na Odontologia contemporânea, especialmente por possuir vantagens como facilidade de acesso, armazenamento e transferência, e precisão da captura de imagens técnicas. Trata-se de um estudo observacional transversal, que avaliou a acurácia de mensurações lineares, realizadas por ortodontistas, em modelos digitais obtidos por meio de escaneamento direto e imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Alterações clínicas simuladas, com a presença de objetos metálicos, foram realizadas para verificar uma possível interferência nas mensurações e, além disso, foi testada a eficácia da ferramenta de redução de artefatos metálicos (RAM), presente no exame de TCFC. A amostra foi composta por 15 ortodontistas que atuaram como examinadores do estudo, sendo responsáveis pela realização das mensurações nos modelos. Dois crânios secos, com os dentes íntegros, foram utilizados para obtenção dos modelos digitais. Foram utilizados o teste t pareado, para a análise comparativa das mensurações entre examinadores e padrão-ouro, assim como para correlação intraclasse, e o Modelo de Equações de Estimativas Generalizada (Modelo GEE) para verificar se a experiência dos examinadores e uso rotineiro dos modelos digitais interferia na acurácia das mensurações. Os dados obtidos foram tabulados e analisados utilizando o programa SPSS, com o nível de significância 5%. Os ortodontistas apresentaram alta correlação intra-examinador para praticamente todas as variáveis testadas (média de 0,88), exceto nos parâmetros “distâncias intermolares” (média de 0,37) e “discrepância de Bolton” (média de 0,31). Quando as mensurações foram comparadas com o padrão-ouro, os valores encontrados pelos examinadores diferiram estatisticamente em todos os parâmetros testados, em pelo menos um dos modelos obtidos, porém essas diferenças não apresentaram relevância clínica. Nos quesitos tempo de experiência e uso rotineiro de modelos digitais, os grupos estudados não apresentaram diferenças na maioria dos parâmetros avaliados. Além disso, não foram encontradas diferenças nas mensurações realizadas em modelos com metal, com e sem a utilização da ferramenta RAM. Conclui-se que os ortodontistas são capazes de realizar mensurações acuradas em modelos digitais, independente da prática rotineira com essa tecnologia, e o tempo de experiência na especialidade favorece a realização de mensurações mais precisas. As alterações clínicas simuladas com a presença de objetos metálicos, não prejudicaram a análise acurada dos modelos. No entanto, a ferramenta RAM não facilitou a realização das mensurações nos modelos extraídos da TCFC que possuíam objetos metálicos.

Palavras-chave: Modelos Dentários; Modelos Digitais; Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico; Ortodontia; Artefatos.

ABSTRACT

Pinto, Rafael Rocha. *Accuracy of linear measurements performed by orthodontists on digital models with simulated clinical conditions: a cross-sectional study*. Rio de Janeiro. 2021. Dissertation (Professional Master's in Dental Clinic) – Post Graduate Program of the School of Dentistry of the Federal University of Rio de Janeiro.

Technology has been gaining ground in an accelerated way in all areas of knowledge, being no different in Dentistry. In Orthodontics, correct planning requires the use of complementary exams such as radiographs, intra and extraoral photographs, cephalometric tracings, and dental arch models. Traditionally, the models are made in plaster and escape through the molding with alginate of all the patient's arch. However, the replacement of plaster models by digital models is a reality in contemporary Dentistry, especially for having advantages such as ease of access, storage and transfer, and precision in capturing technical images. This is a cross-sectional observational study, which evaluated the accuracy of linear measurements performed by orthodontists, in digital models used through straight scanning and cone beam computed tomography (CBCT) images. Simulated clinical alterations, with the presence of metallic objects, were carried out to verify a possible interference in the measurements and, in addition, the metallic artifact reduction tool (MAR), present in the CBCT exam, was tested. The sample consisted of 15 orthodontists who acted as examiners for the study, being performed by carrying out measurements in the models. Two dry skulls, with intact teeth, were used to obtain the digital models. The paired t-test was used for a comparative analysis of measurements between examiners and the gold standard, as well as for intraclass correlation, and the Generalized Estimating Equation Model (GEE Model) to verify whether the experience of examinations and routine use of digital models interfered with the accuracy of the measurements. The data gathered were tabulated and the SPSS program used throughout with a 5% significance level. The independent orthodontists had high intra-examiner correlation for practically all variables tested (mean of 0.88), except for the parameters "intermolar distances" (mean of 0.37) and "Bolton discrepancy" (mean of 0.31). When the measurements were compared with the gold standard, the values found by the examiners differed statistically in all tested parameters, in at least one of the required models, but these differences did not parallel clinically. In terms of experience time (years) and routine use of digital models, the studied groups did not differ in most of the parameters adopted. Furthermore, no differences were found in the measurements performed on metal models, with and without the use of the MAR tool. It is concluded that orthodontists can perform accurate measurements on digital models, regardless of their routine practice with this technology, and the length of experience in the specialty favors the performance of more accurate measurements. The clinical changes simulated with the presence of metallic objects did not affect the accurate analysis of the models. However, a MAR tool did not facilitate the performance of measurements in models extracted from CBCT that had metallic objects.

Keywords: Dental models; Digital Models; Cone-Beam Computed Tomography; Orthodontics; Artifacts.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Crânios secos posicionados no tomógrafo com as linhas de referência desenhadas nos dentes para obtenção das imagens simuladas em oclusão (A e B) e boca semiaberta (C).....51
- Quadro 1. Descrição dos protocolos obtidos, e dos modelos gerados, em cada uma das fases do estudo, antes da realização do estudo piloto.....53
- Quadro 2. Descrição dos protocolos obtidos, e dos modelos utilizados, após a realização do estudo piloto.....54
- Figura 2. Representação das mensurações realizadas nos modelos digitais utilizando o *software 3Shape 3D Viewer*. Distância inter-caninos e inter-molares no modelo superior (A); Distância inter-caninos e inter-molares no modelo inferior (B); Espaço avaliado (C); Espaço requerido (D); Overjet (E); Overbite (F).....55
- Figura 3. Mensurações realizadas nos dentes com paquímetro digital para estabelecimento do padrão-ouro.....56

LISTA DE ABREVIATURAS

3D – Tridimensional

TC – Tomografia Computadorizada

2D – Bidimensional

TCFC – Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

TCMD – Tomografia Computadorizada de Multidetectors

RAM – Redução de Artefatos Metálicos

CBCT – *Cone Beam Computed Tomography*

MAR – *Metal Artifact Reduction*

FOV – *Field of View*

kV – *Kilovoltage*

mA – *Miliamperage*

DICOM – *Digital Imaging and Communications in Medicine*

IOS – *Intraoral Scanner*

.STL - *Stereolithography*

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	11
2.	Desenvolvimento.....	16
	2.1 Artigo: Are orthodontists able to perform accurate measurements on digital models with simulated clinical conditions? A cross-sectional study.....	16
	2.2 E-book: Guia Prático – Obtenção de Modelo Digital a partir de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.....	42
3.	Conclusões.....	43
4.	Considerações Finais.....	44
5.	Referências.....	46
	Apêndices.....	48
	Apêndice 1. Metodologia Estendida.....	48
	Apêndice 2. Vídeo elaborado para instrução e treinamento dos examinadores do estudo.....	59
	Apêndice 3. Material instrucional elaborado para o treinamento dos examinadores do estudo.....	60
	Anexos.....	61
	Anexo 1. Parecer do CEP/HUCFF/UFRJ.....	61
	Anexo 2. STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of cross-sectional studies.....	62

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia tem evoluído rapidamente nos últimos anos e está presente em praticamente todos os setores, fazendo parte do dia a dia das pessoas. A tendência é que ela se expanda cada vez mais e de maneira acelerada, não sendo diferente na Odontologia. Materiais mais modernos e resistentes, biomateriais de alta tecnologia, e equipamentos que aumentam a qualidade no atendimento e na performance do cirurgião-dentista, já fazem parte do momento atual da profissão, permitindo procedimentos clínicos mais rápidos e previsíveis, causando menos desconforto ao paciente e maior previsibilidade dos tratamentos.

Na ortodontia, para estabelecer o correto plano de tratamento, são necessários exames complementares como as radiografias, fotografias intra e extraorais, traçados cefalométricos e modelos das arcadas dentárias, que atualmente podem ser de gesso, prototipados ou digitais. (1) Os modelos das arcadas do paciente são fundamentais para realização do diagnóstico e planejamento do tratamento, pois permitem documentar a oclusão inicial, e os resultados obtidos com a terapia proposta. (1) Valiosas informações são obtidas a partir da análise dos modelos, como simetria do arco dentário, análise do espaço presente e tamanho dos dentes. (2, 3)

Tradicionalmente, os modelos são confeccionados em gesso e obtidos através de uma moldagem com alginato de toda a arcada do paciente. No entanto, análises convencionais de modelos em gesso possuem desvantagens, pois eles podem ser perdidos e fraturados, além de apresentarem certo grau de degradação com o tempo. (2) Embora medidas dentárias em modelos de gesso, obtidas por paquímetro, sejam demoradas e propensas a erros, devido a variações anatômicas, fatores individuais ou mau

posicionamento e inclinação dos dentes, elas têm sido a forma mais comum de análise nos últimos anos. (2, 4)

A substituição de modelos de estudo confeccionados em gesso por modelos virtuais é uma realidade na Odontologia contemporânea, especialmente por possuir várias vantagens, como facilidade armazenamento e transferência, e a precisão da captura de imagens técnicas. (2, 5) Além disso, modelos confeccionados digitalmente não estão sujeitos às fraturas e/ou degradação com o passar do tempo, permitem acessibilidade instantânea de informações tridimensionais (3D), possibilitam diagnósticos precisos e rápidos de vários padrões de má-oclusão, fornecem imagens virtuais que podem ser transferidas para qualquer lugar no mundo para consulta instantânea e facilitam a análise objetiva para classificação do modelo. (1, 6)

Os modelos digitais podem ser obtidos a partir de escaneamento direto, indireto ou por meio de imagens de tomografia computadorizada (TC). O escaneamento direto é realizado com uso de *scanners* intraorais, diretamente no paciente, enquanto o indireto requer o escaneamento dos modelos físicos ou moldagens, o que aumentaria o tempo de trabalho e não eliminaria a etapa de moldagem, muitas vezes desconfortável ao paciente (1). Os modelos obtidos a partir de imagens de TC exigem um exame tomográfico prévio, que deve estar aliado aos critérios fundamentais para indicação de exames tomográficos em Odontologia (7), o que muitas vezes é uma limitação pois a realização da tomografia pode não estar inserida como um dos exames complementares para elaboração do plano de tratamento.

O uso de imagens bidimensionais (2D) em ortodontia tem sido dominante por muitos anos, no entanto, a falta da terceira dimensão pode resultar na perda de algumas informações importantes, geralmente necessárias para fazer um diagnóstico e formular um plano de tratamento. O exame de TC é capaz de demonstrar a terceira dimensão

capturando os dados em uma multiplicidade de detectores sensíveis (8) e, além disso, possibilitando a geração dos modelos virtuais.

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), desde a década de 90, está presente na Odontologia e passou a permitir diagnósticos e planejamentos mais precisos. (9, 10) A TCFC produz imagens de boa qualidade com menor exposição à radiação, quando comparada à Tomografia Computadorizada de Multidetectors (TCMD). (11) Tanto as aplicações da TCFC dentro da Odontologia, como suas vantagens para as especialidades contemporâneas, vêm sendo discutidas ao longo dos anos, assim como as diretrizes para indicação e seu uso consciente. (11-14) Esse exame vem sendo cada vez mais solicitado para procedimentos em implantodontia, cirurgia bucomaxilofacial, periodontia, endodontia e a ortodontia. (15) Esta modalidade de exame fornece diversas vantagens para a avaliação da região bucomaxilofacial, como a avaliação tridimensional das estruturas, maior acurácia, ausência de distorções e sobreposições. Contudo, uma limitação importante relaciona-se à possibilidade de geração de artefatos nas imagens, que são imperfeições relacionadas à presença de metais na cavidade bucal, que no caso dos dentes, são oriundos de restaurações metálicas, como o amálgama, materiais obturadores dos canais radiculares, implantes e aparelhos ortodônticos fixos. (16, 17)

Tais artefatos apresentam-se como listras ou zonas escuras que afetam a qualidade da imagem de modo geral, podendo ocorrer por diversos efeitos. (19-21) O endurecimento do feixe é o artefato mais comumente observado na TCFC, resultado da absorção substancial dos fótons de menor energia no feixe de raios X ao atravessar o objeto estudado. (18) Quanto mais denso e maior o número atômico do material que compõe o objeto, maior será a quantidade de feixes de raios X absorvidos. (19) Os artefatos gerados pelo endurecimento do feixe são vistos como faixas escuras adjacentes

às estruturas de alta densidade e podem mimetizar algumas alterações, como por exemplo traços de fraturas radiculares (20), além disso, podem prejudicar a interpretação das imagens e provavelmente interferir nas mensurações. (21)

Alguns métodos foram desenvolvidos para tentar reduzir o efeito prejudicial dos artefatos metálicos e melhorar a qualidade das imagens tomográficas, aprimorando a reconstrução das mesmas. A ferramenta de redução de artefatos metálicos (RAM), ocorre por um processo denominado interpolarização. (24, 25) Esta ferramenta diminui a variabilidade dos valores de cinza e aumenta a relação contraste-ruído, melhorando a qualidade da imagem. Além disso, a ferramenta RAM aplica um limiar que corresponde aos valores de cinza do artefato e em seguida, uma imagem com menos artefatos é reconstruída. (22)

Especificamente na ortodontia, esse avanço tecnológico permitiu análises digitais e planejamentos virtuais, aprimorando o diagnóstico. No entanto, os métodos de medição utilizados para esses modelos precisam ser acurados e reprodutíveis. (1) As vantagens potenciais dos modelos digitais, para a quantificação dos problemas ortodônticos, seriam negadas se, a validade, eficiência e facilidade das medições linear e angular das características oclusais não fossem comparáveis às realizadas em modelos de gesso tradicionais, já que estes ainda são considerados “padrão-ouro” na prática clínica. (6) No entanto, ainda há dúvidas sobre a habilidade dos profissionais em mensurar e planejar seus casos ortodônticos utilizando modelos virtuais.

Não foram encontrados, na literatura pesquisada, estudos que relacionassem a capacidade dos ortodontistas em realizarem mensurações em modelos digitais, quando comparados aos modelos de gesso tradicionais, tampouco se essas mensurações sofrem ou não interferências das condições oclusais dos pacientes, como por exemplo presença de restaurações metálicas extensas. Da mesma forma, estudos acerca do uso da ferramenta

RAM em imagens de TCFC utilizadas para obtenção de modelos e sua subsequente análise, também não foram encontrados, o que enfatiza a necessidade em se estudar o assunto, tendo em vista sua real aplicação clínica.

Considerando a lacuna do conhecimento sobre o assunto exposto e levando em conta a importância em minimizar o desconforto do paciente e aliar procedimentos clínicos à tecnologia e à melhoria do diagnóstico, bem como, considerando a hipótese nula de que ortodontistas são capazes de realizar mensurações acuradas em modelos digitais, independente da presença de condições clínicas adversas, o presente estudo se propõe a responder às seguintes questões: “Os ortodontistas realizam mensurações acuradas em modelos digitais?”; “Alterações clínicas simuladas, com a presença de objetos metálicos, interferem nas mensurações realizadas?”; e “A ferramenta RAM facilita a realização das mensurações nos modelos digitais, obtidos da TCFC, que possuem artefatos metálicos?”.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Artigo que será submetido ao periódico “Orthodontics & Craniofacial Research”, Qualis CAPES A1 (2017-2020) Impact Factor (2019) – 1.455. Type of manuscript: Research article.

Are orthodontists able to perform accurate measurements on digital models with simulated clinical conditions? A cross-sectional study.

Rafael Rocha Pinto¹

Mayara Fidelis Bastos²

Francielle Silvestre Verner³

Maria Augusta Visconti⁴

Fábio Ribeiro Guedes⁵

1. DDS, MSc student of Professional Masters in Dental Clinic, Department of Pathology and Oral Diagnosis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-5061-3759.
2. DDS, MSc student of Professional Masters in Dental Clinic, Department of Pathology and Oral Diagnosis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-1470-0353.
3. DDS, MSc, PhD, Professor of Oral Radiology, Department of Dentistry, Federal University of Juiz de Fora/GV Campus, Governador Valadares, Brazil. ORCID iD: 0000-0001-5770-316X.
4. DDS, MSc, PhD, Professor of Oral Radiology, Department of Pathology and Oral Diagnosis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-8837-8387.
5. DDS, MSc, PhD, Professor of Oral Radiology, Department of Pathology and Oral Diagnosis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. ORCID iD: 0000-0002-9679-4698.

Corresponding author:

Maria Augusta Visconti

PhD, Professor - Department of Pathology and Oral Diagnosis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

Address: Avenida Professor Rodolpho Paulo Rocco, 325. 1 andar.

ZIP Code: 21941-617

Phone: +55 21 988899383

E-mail: gutavisconti@odonto.ufrj.br

Abstract

Objectives: To assess the accuracy of orthodontic analyzes performed on digital models, collection by intraoral scanning and CBCT images, with and without the presence of metallic materials in the teeth. Furthermore, verifying whether the artifact reduction tool facilitates the analysis in those CBCT models that contained metal in the teeth. **Materials and Methods:** Simulated clinical alterations, with metallic objects, were performed to verify a possible interference in the measurements, as well as the effectiveness of the metal artifacts reduction tool in the models obtained from cone-beam computed tomography. The sample consisted of 15 orthodontists who performed the measurements on the models. Two dry skulls were used to obtain the digital models. Paired t-test, intraclass correlation and the Generalized Estimating Equation Model were used. The data were tabulated and analyzed, with a significance level of 5%. **Results:** When compared to the gold standard measurements, the examiners' differed statistically in 41,4% of the tested parameters, but these differences were not clinically relevant. In terms of years' experience and routine use of digital models, the studied groups did not show differences for most of the parameters. **Conclusions:** Orthodontists can perform accurate measurements on digital models, regardless of their routine practice with this technology, and the length of experience in the specialty. Clinical changes simulated with metallic objects did not affect the accurate analysis of the models. However, the metal artifacts reduction tool did not facilitate the carrying out of measurements in the models extracted from the cone-beam computed tomography.

Keywords: Dental models; Digital Models; Cone-Beam Computed Tomography; Orthodontics; Artifacts.

Introduction

Specifically in orthodontics, the technological advance has allowed digital analysis and virtual planning, improving the diagnosis, however the measurement methods of models need to be accurate and reproducible. (1-3) The potential advantages of digital models for the quantification of orthodontic problems would be denied if the validity, efficiency, and ease of linear and angular measurements of occlusal features were not comparable to those performed on traditional plaster models, as these are still considered the gold standard in clinical practice. (4-6) Digital models can be obtained from direct or indirect scanning or through computed tomography (CT) images, which in this case must be combined with the fundamental criteria for the indication of tomographic exams in Dentistry (7), being often a limitation as the performance of CT may not be an essential part of the complementary exams for the elaboration of the treatment plan.

Cone beam computed tomography (CBCT) is a specific tomographic examination modality for the maxillofacial region and has been used for various purposes in contemporary dentistry. (8, 9) Cone beam computed tomography (CBCT) has several advantages, such as measurement accuracy, high image resolution, and no overlap or distortion. (10,11) However, an important limitation is the presence of artifacts in the images, characterized by imperfections resulting from various factors (12, 13)

The “beam hardening” is the most common type of artifact observed in CBCT, resulting from the substantial absorption of lower energy photons, present in the X-ray beam, when passing through the studied object. (14) The denser and greater the atomic number of the material that makes up the object, the greater the amount of absorbed x-ray beams. (15) The artifacts generated by the hardening of the beam are seen as dark bands adjacent to the high-density structures and can mimic some changes, such as traces

of root fractures (15, 16), in addition, they can impair image interpretation and probably interfere with measurements. (17)

This type of artifact frequently occurs when there is the presence of metals in the oral cavity, which, in the case of teeth, come from metal restorations, filling materials within root canals, implants and fixed orthodontic appliances. (12, 14) Some methods have been developed to reduce metallic artifacts and improve the quality of tomographic images, improving their reconstruction. The metallic artifact reduction tool (MAR) acts through a process called interpolarization (18, 19). This tool decreases the variability of gray values and increases the contrast-to-noise ratio, improving image quality. In addition, the MAR tool applies a threshold that matches the artifact's gray values and then an image with fewer artifacts is reconstructed. (20)

There is no evidence on studies that relate the ability of orthodontists to perform measurements on digital models, when compared to traditional plaster casts, nor whether these measurements are interfered with by the patients' occlusal conditions, such as the presence of extensive metallic restorations. Likewise, studies on the use of the MAR tool in CBCT images, used to obtain models and their subsequent analysis, were also not found, which emphasizes the need to study the subject, in view of its real clinical application. The hypothesis considered in this study is that orthodontists perform accurate measurements on digital models obtained by intraoral scanning (IOS) or CBCT, regardless of the clinical condition, and the artifact reduction tool facilitates the measurements performed on models with metallic objects.

Considering the knowledge gap and taking into account the importance of technology in improving diagnosis and treatment in Dentistry, the aim of this study was to answer the following questions: “Do orthodontists perform accurate measurements on digital models?”; “Do clinical alterations simulated with the presence of metallic objects

interfere with the measurements performed?"; and "Does the MAR tool facilitate the performance of measurements on digital models, obtained from CBCT, which have metallic artifacts?".

Materials and methods

Study design

This is an analytical observational cross-sectional study, previously approved by the local Research Ethics Committee, under protocol number 3.793.749. The study design followed the guidelines for observational studies found in the STROBE Statement guide—Checklist of items that should be included in reports of cross-sectional studies.

(21)

Participants

The study sample comprised 15 dentists, specialists in orthodontics who had at least one year of experience in the specialty. The sample size calculation was performed using the WinPepi software, version 11.65. A power of 80% and a significance level of 5% were set. To compare the difference between measurements, considering the value measured by the examiner and the gold standard, the minimum sample size calculated was 15 subjects. The calculation made it possible to detect a significant difference of 0.80 deviation between the means, considering the unit standard deviation.

Skull preparation

For the acquisition of tomographic images and digital models, two dry skulls were used, with the upper and lower arches intact. All skulls should have permanent dentition containing from the anterior teeth to the first molars, without the presence of metallic restorations. The skulls were selected at a single moment and stored in a suitable

environment until image acquisition and teeth manipulation. Storage time was 2 weeks. The teeth were fixed to the skull with a high-resistance, fast-drying glue based on cyanoacrylate, to prevent teeth displacement during image acquisition. Artificial gums were not used, as the objects of measurement were the teeth.

Obtaining the models

Obtaining digital models was divided into three phases. To obtain the digital models by direct scanning, the CS3600TM scanner (Carestream Dental, USA) was used. The generated files were digitally stored. To obtain the tomographic images, the Cranex 3DTM cone beam device (Soredex, Finland) was used. The acquisition parameters were fixed for all Phases (I, II, III) of the study, ensuring the same resolution of the images: field of view (FOV) 6 x 8 cm; voxel size 0.3 mm; scan time 4.9 seconds; 90 kV; and 10 mA. The interval between one image acquisition and another was one week, totaling three weeks. Reference lines were drawn on six teeth of each skull to serve as indicators of occlusion positioning during acquisition and thereby ensure standardization of positioning. The generated DICOM files were digitally stored, and the digital models extracted from the CBCT images using the InVesaliusTM software (Brazil) version 3.1.1. The segmentation of the tomography to obtain the models was done without threshold manipulation, using only the software's standard mode.

Initially, a pilot study was carried out to evaluate the measurement conditions of the generated digital models. It was observed that it was not possible to make accurate measurements in the models obtained by CBCT in occlusion, because of occlusal interferences, and so these were excluded from the main sample of this study.

Obtaining the digital models was carried out in phases. (Figure 1)

In Phase I, a digital occlusion model was obtained for each skull and dental arch, through direct scanning; and a digital model extracted from the CBCT, with the teeth in a semi-open position during image acquisition. The generated files were digitally stored. Then, in Phase II, silver metallic restorations were installed on the occlusal face of four teeth of each skull, one per hemiarch. Then, the arch models were obtained following the same protocol used in Phase I. Also in this phase, skulls with metallic objects were submitted to tomographic image acquisition using the MAR tool as well. From the new tomographic images, the digital models were extracted. Thus, at the end of Phase II, a digital model was obtained from each skull and for each dental arch, through direct scanning; a digital model extracted from the CBCT, with the teeth in a semi-open position using the MAR tool; and a digital model, with the teeth in a semi-open position during acquisition, without the MAR tool.

In Phase III, the fixed metallic orthodontic appliance was installed in the two arches of the two skulls. Digital models were obtained following the same methodology applied in Phase II. Therefore, at the end of Phase III, a digital model was obtained from each skull, for each arch, through direct scanning; a digital model extracted from the CBCT, with the teeth in a semi-open position using the MAR tool; and a digital model, with the teeth in a semi-open position during acquisition, without the MAR tool.

Analysis of models and determination of the gold standard

Initially all examiners were previously trained through an explanatory video that taught all the measurements that would be performed. All digital models obtained were randomized, through coding, and distributed to the blind examiners. Each examiner received eight models (upper and lower arch) at a time, at seven-day intervals, to prevent

visual fatigue from interfering with the measurements. (22) They were instructed to use a 21-inch high-resolution liquid crystal display (LCD) under subdued lighting.

The digital models were analyzed with the linear measurement tools of the 3Shape 3D ViewerTM software (3Shape, Denmark). (Figure 2) Descriptions of all parameters measured are shown in Table 1. After 15 days, 20% of the digital models was reassessed to perform the intra-examiner calculation. (23)

The same measurements were repeated twice directly on the skulls with a digital caliper, by a single examiner (R.R.P.), a researcher in the study, specialist in orthodontics with 15 years of experience and seasoned in tomographic images and used as the gold standard for comparison.

Statistical analysis

To determine the intra-examiner coefficient, the paired t-test and intraclass correlation were used. The paired t-test was also used to compare the examiners' responses with the gold standard. The examiners were separated into groups to verify whether the variables “routine use of digital models” or “time of experience in the specialty” influenced the measurements performed. The generalized estimating equation model (GEE model) was used to compare the groups. The model was composed of an exchangeable work correlation matrix, a robust estimator covariance matrix and a normal distribution with identity link function. All analyzes were performed using SPSS and the significance level adopted was 5%.

Results

Of the 15 orthodontists who participated in the study, only two were male. Four of them had between 1 and 5 years of experience in the specialty and the others had 6 to

15 years, and only two reported working with digital models regularly, one with less experience and the other with more experience in the specialty.

The intra-examiner correlations varied according to the parameter measured, with the minimum value found being 0 and the maximum being 0.99. However, only the measurements "intermolar distance" and "Bolton discrepancy" showed great variability, ranging from 0.11 to 0.93 and from 0 to 0.73, respectively, showing the significant interference of the parameter in the reliability of measurements performed by the same examiner at two different times. (Table 2)

Comparisons between the means of measurements performed by the examiners and the gold standard, for each of the parameters tested, in each of the models, are shown in Table 3. For skull 2, in the model obtained by CBCT without metallic interference, the means for measurements performed by the examiners were statistically different ($p < 0.05$) from those obtained by the gold standard in practically all tested parameters, except for "model discrepancy" ($p = 0.224$); these means being larger in seven of the eight parameters measured. This pattern of differences is repeated for practically all models without metallic intervention, except for the IOS model, skull 2, where in half of the evaluated parameters statistically significant differences were found ($p < 0.05$). The averages of the examiners on these IOS models are slightly lower.

In the model obtained by CBCT, with metallic restorations and MAR tool, also for skull 2, no statistically significant difference was found in any of the evaluated parameters. (Table 3) Still in Table 3, it is observed that in all models obtained by IOS, the examiners' responses differed from the gold standard in a statistically significant way, and this difference occurred in 27 (45%) of the 60 parameters tested. The results showed that in the models without metallic interference, the statistically significant difference of the measurements performed by the examiners, in relation to the gold standard, occurred

in 72.22% of the evaluated parameters, while in the models with metal this difference occurred in only 35.1%.

The comparison of answer precision between less experienced (1-5 years) and more experienced (6-15 years) examiners is described in Table 4. No statistical differences were found in the first nine models described ($p>0.05$). From the tenth model onwards, for some parameters, the difference was statistically significant ($p<0.05$). In general, the more experienced examiners had lower means of difference in relation to the gold standard, when compared to the less experienced ones.

When considering the routine use or not of digital models, there was a statistically significant difference in the accuracy of the intercanine/intermolar distances in the IOS model, for Skull 1 ($p = 0.006$). Orthodontists who do not work routinely with the digital models had lower means of difference in the parameter “space required” and greater in the “intercanine/intermolar distance”, when compared to those who work with this method. (Table 5)

Discussion

Given all the technological evolution that is present in dentistry and based on all the advantages that digital models can offer to orthodontists, the aim of this study was to evaluate the accuracy of measurements performed by orthodontists, in digital models, obtained by IOS and CBCT images, with and without the use of the MAR tool. Clinical situations routinely found in patients, such as metallic restorations and metallic orthodontic appliances, were simulated to verify whether they cause interference in the measurements.

In Brazil, there is an average prevalence of 57.7% of decayed teeth in children and adolescents (24), and the rate of teeth with cavity caused by caries among adolescents

is 41.6%. (25) These data suggest a high rate of restored teeth, and for this reason, it was decided to place metallic restorations in the skulls, to simulate a clinical condition that is quite common in Brazil. (25) What motivated the installation of metallic orthodontic appliances in the skulls used in this study was to simulate a condition that may eventually occur in cases of orthodontic replanning. In these situations, new orthodontic documentation is often necessary, including photos and radiographic exams, in addition to arch models, which can be digitally obtained by intraoral scanning, extracted from CBCT images or conventional plaster models. (1, 2, 6)

The intraoral scanning procedure can be more accurate than a traditional impression, as it is subject to the formation of air bubbles, impression material rupture and distortion. (26) It may also be particularly advantageous for patients sensitive to the impression process with impression material, for patients with a cleft palate who are at greater risk of aspiration, and for those where trays are not suitable. (27) In addition, it may be an advantage for patients undergoing orthodontic treatment with fixed appliances, where a traditional impression would be severely distorted. (27, 28) Currently, impressions with silicone-based materials have a recording time greater than the average time required for intraoral digital scanning. (28) However, when compared to the alginate impression procedure, intraoral scanning may require more time, as it is linked to the operator's skill, which can be considered a disadvantage of digital models obtained by direct scanning. (29)

The CBCT, in addition to being a three-dimensional and accurate exam, with wide possibilities in diagnosis, allows the extraction of digital models from DICOM files, using specific software for this purpose. (30) The use of CBCT to obtain digital models and analysis of the dentition generates reliable and accurate measurements. (30) The constant evolution and digitalization of Dentistry, especially Orthodontics, and the advantages

offered by new technologies on the market, reinforce the importance of this study, where digital models were obtained, varying the form of acquisition, and in different situations simulated clinics that are routinely found in the clinical practice of dentistry.

Metallic objects cause artifacts due to the hardening of the X-ray beam, directly affecting the image quality, and may even make the correct diagnosis unfeasible. (15) In order to improve the digital models obtained by CBCT with metallic objects, the MAR tool was used, already described in the literature as an effective way to reduce artifacts in CBCT images. (17) However, in this study, the use of the MAR tool did not facilitate the measurement. The digital models extracted from the CBCT were obtained with the InVesalius 3.1.1 software and it is believed that, even with the tool active during the tomography acquisition, the software algorithm used for this type of reconstruction was not efficient. However, in general, the models generated are good and perfectly applicable to everyday clinical practice.

In all, sixteen models were obtained, eight from each skull. The use of two skulls was necessary to increase the variability of measurements and generate models with different dental anatomy and occlusal types. In this way, it would be possible to identify whether these variables would generate different measurement standards or not. The parameter “intercanine distance” showed a statistically significant difference in all models, when comparing skulls 1 and 2, except for those obtained by CBCT without interventions. The examiners in the present study had difficulty measuring the overjet and overbite in the skull 1, which had these measurements larger when compared to skull 2. The means in these tested parameters, were statistically different from the gold standard. It is believed that this fact occurred due to the difficulty in finding the exact points while manipulating the models in the software. In the other parameters, orthodontists presented

a good standard of measurement between skulls, with mean differences in relation to the gold standard, always within clinically acceptable standards. (28, 30)

The examiners showed good reproducibility for most parameters tested, when considering the same type of digital model. This shows that reliability was directly affected by the type of model and the parameter tested, inferring that the act of repeating the location of a given point to perform the measurement can be difficult and the examiner's opinion on the precise location of a point can vary randomly, directly affecting repeatability, as previously reported in other studies. (31, 32)

The results showed that there is a tendency for orthodontists to overestimate the mesiodistal diameter of teeth in models obtained by CBCT, without metal, while in models obtained by intraoral scanning these measurements are underestimated. These data go against the conclusion of the study by Baumgaertel et al. (2009), who detected underestimated measurements for the size of teeth in models obtained by CBCT, in addition, the study showed that this difference increases, becoming statistically significant when other variables are evaluated, such as the space required. (30) In the present study, orthodontists performed underestimated measurements in models with the presence of metallic objects, both in those extracted from the CBCT, with and without the MAR tool, and in those obtained by intraoral scanning. Previous studies have reported that the presence of metallic artifacts can lead to the underestimation of linear measurements. (31, 33)

For the analysis of models, underestimated or overestimated values for tooth size can lead to significant errors in clinical practice, as the sum of these differences can lead to important changes in treatment planning. Some parameters were defined to determine whether differences in measurements are clinically relevant and could influence treatment decisions or the accuracy of devices made from these models. (28-30) Differences greater

than 0.3 mm for measures such as overjet, overbite, and tooth size (width and height), and greater than 0.4 mm for transverse and sagittal parameters, were considered clinically relevant. (28, 34) In addition, differences greater than 0.75 mm in the sum of the 6 anterior teeth in the superior or inferior dental arch, and greater than 1.5 mm in the sum of 12 teeth in the superior or inferior dental arch, are considered clinically significant. (28, 35) Although the data evaluated showed statistical differences, they did not show clinical relevance.

Inaccuracies with the digital measurement technique can also be attributed to the difficulty in locating the largest mesiodistal diameter of the tooth, as the contact points in digital models are less defined and this is still hampered by tooth crowding, even using the rotation and magnification functions existing in the software. (32) The results of the present study showed that in the parameters where the identification of the reference point seemed to be easier, such as intercanine/intermolar distances, a statistically significant difference was found in most models, configuring a random pattern, which is that models without interventions showed difference, while some models with metallic objects did not. These data go against the study by Abizadeh et al. (2012), who found good repeatability and reproducibility in these same measurements. (32)

The length of experience in the specialty and the routine use of digital models were used to compare the accuracy of measurements between groups, with those with 1 to 5 years in the specialty being considered less experienced, and those with 6 to 15 years being more experienced. More experienced orthodontists had lower means of difference being considered more accurate when compared to less experienced ones. It is believed that the training time gives the professional extra skill in detecting the correct points for measurement, even in models with metallic objects, where it is known that measurements can be difficult. The routine uses of digital models influenced the accuracy of the

measurements performed, as examiners who were already working with this technology obtained more accurate measurements for most variables. No studies were found in the researched literature that assessed the professional's experience in relation to the accuracy of their analyses.

The difficulty in recruiting the sample meeting the eligibility criteria, and at the same time maintaining homogeneity between the groups, considering experience in the specialty and routine use of digital models, can be considered a limitation of this study. New research involving digital methods and the use of technology in Dentistry, for different clinical conditions and different malocclusions, are important and should be considered.

Conclusions

It was concluded that orthodontists perform accurate analyzes on digital models, regardless of the way of obtaining them (IOS or CBCT), with the “required space” parameter being the one that offers the greatest difficulty. Clinical changes simulated with the presence of metallic objects did not interfere with the accuracy of the measurements. The measurements performed on the models obtained from the CBCT images, with the MAR tool, were accurate, however, the use of the tool did not facilitate the analysis.

References

1. Czarnota J, Hey J, Fuhrmann R. Measurements using orthodontic analysis software on digital models obtained by 3D scans of plaster casts : Intrarater reliability and validity. *J Orofac Orthop.* 2016;77(1):22-30.
2. Gul Amuk N, Karsli E, Kurt G. Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning. *Int Orthod.* 2019;17(1):151-8.
3. Jimenez-Gayosso SI, Lara-Carrillo E, Lopez-Gonzalez S, Medina-Solis CE, Scougall-Vilchis RJ, Hernandez-Martinez CT, et al. Difference between manual and digital measurements of dental arches of orthodontic patients. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(22):e10887.
4. Shellhart WC, Lange DW, Kluemper GT, Hicks EP, Kaplan AL. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. *Angle Orthod.* 1995;65(5):327-34.
5. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(1):101-5.
6. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14(1):1-16.
7. Pauwels R. Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015;165(1-4):156-61.
8. Makdissi J. Cone beam CT in orthodontics: the current picture. *Int Orthod.* 2013;11(1):1-20.
9. Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):88.
10. Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC, Bornstein MM. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:393-415.
11. Kamburoglu K, Kolsuz E, Kurt H, Kilic C, Ozen T, Paksoy CS. Accuracy of CBCT measurements of a human skull. *J Digit Imaging.* 2011;24(5):787-93.
12. Queiroz PM, Santaella GM, Groppo FC, Freitas DQ. Metal artifact production and reduction in CBCT with different numbers of basis images. *Imaging Sci Dent.* 2018;48(1):41-4.

13. Fontenele RC, Nascimento EHL, Santaella GM, Freitas DQ. Does the metal artifact reduction algorithm activation mode influence the magnitude of artifacts in CBCT images? *Imaging Sci Dent.* 2020;50(1):23-30.
14. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40(5):265-73.
15. Lira de Farias Freitas AP, Cavalcanti YW, Costa FCM, Peixoto LR, Maia AMA, Rovaris K, et al. Assessment of artefacts produced by metal posts on CBCT images. *Int Endod J.* 2019;52(2):223-36.
16. Kamburoglu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yuksel S, Paksoy CS. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(8):20130176.
17. Queiroz PM, Oliveira ML, Groppo FC, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Evaluation of metal artefact reduction in cone-beam computed tomography images of different dental materials. *Clin Oral Investig.* 2018;22(1):419-23.
18. Bechara B, McMahan CA, Geha H, Noujeim M. Evaluation of a cone beam CT artefact reduction algorithm. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(5):422-8.
19. Korpics M, Johnson P, Patel R, Surucu M, Choi M, Emami B, et al. Metal Artifact Reduction in Cone-Beam Computed Tomography for Head and Neck Radiotherapy. *Technol Cancer Res Treat.* 2016;15(6):Np88-np94.
20. Queiroz PM, Santaella GM, da Paz TD, Freitas DQ. Evaluation of a metal artefact reduction tool on different positions of a metal object in the FOV. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(3):20160366.
21. Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J Anaesth.* 2019;13(Suppl 1):S31-s4.
22. Rosado LPL, Barbosa IS, Junqueira RB, Martins A, Verner FS. Morphometric analysis of the mandibular fossa in dentate and edentulous patients: A cone beam computed tomography study. *J Prosthet Dent.* 2021;125(5):758.e1-.e7.
23. do Carmo WD, Verner FS, Aguiar LM, Visconti MA, Ferreira MD, Lacerda M, et al. Missed canals in endodontically treated maxillary molars of a Brazilian subpopulation: prevalence and association with periapical lesion using cone-beam computed tomography. *Clin Oral Investig.* 2021;25(4):2317-23.
24. Brito ACM, Bezerra IM, Cavalcante DFB, Pereira AC, Vieira V, Montezuma MF, et al. Dental caries experience and associated factors in 12-year-old-children: a population based-study. *Braz Oral Res.* 2020;34:e010.
25. Dutra LDC, Neves É TB, Lima LCM, Gomes MC, Forte FDS, Paiva SM, et al. Degree of family cohesion and social class are associated with the number of cavitated dental caries in adolescents. *Braz Oral Res.* 2020;34:e037.

26. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012;7(8):e43312.
27. Cuperus AM, Harms MC, Rangel FA, Bronkhorst EM, Schols JG, Breuning KH. Dental models made with an intraoral scanner: a validation study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;142(3):308-13.
28. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner. *J Orofac Orthop*. 2017;78(3):211-20.
29. 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 Dentofacial Orthop*. 2014;146(5):673-82.
30. Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, Hans MG. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(1):19-25; discussion -8.
31. Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(3):346-52.
32. Abizadeh N, Moles DR, O'Neill J, Noar JH. Digital versus plaster study models: how accurate and reproducible are they? *J Orthod*. 2012;39(3):151-9.
33. Fakhar HB, Rashtchian R, Parvin M. Effect of Dental Implant Metal Artifacts on Accuracy of Linear Measurements by Two Cone-Beam Computed Tomography Systems Before and After Crown Restoration. *J Dent (Tehran)*. 2017;14(6):329-36.
34. Naidu D, Freer TJ. Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144(2):304-10.
35. 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 Dentofacial Orthop*. 2013;143(1):140-7.

TABLES

Table 1. Parameters definition.

Parameters	Localization	Definition
Intercanine distance	Upper and Lower	Distance between the cusp tip of the upper left canine to cusp tip of the upper right canine.
Intermolar distance	Upper	Distance between the tip of the mesiolingual cusp of the upper left 1st molar to the tip of the mesiolingual cusp of the upper right 1st molar.
	Lower	Distance between the occlusal fossa of the lower left 1st molar to the occlusal fossa of the lower right 1st molar.
Mesiodistal diameter	Upper and Lower	Mesiodistal diameter of each tooth from 1st molar to 1st molar (largest mesiodistal diameter of the mesial contact point to the distal contact point, parallel to the occlusal plane).
Available space	Upper and Lower	Sum of the distance from the mesial contact point of the right first permanent molar to the mesial contact point of the right canine, plus the distance from the mesial contact point of the right canine to the mesial contact point of the right central incisor, plus the distance from the mesial contact point of the right central incisor to the mesial contact point of the left canine, plus the distance from the mesial contact point of the left canine to the mesial contact point of the left first permanent molar.
Required space	Upper and Lower	Diameter sum of 10 anterior teeth.
Model's discrepancy	Upper and Lower	Available space less required space.
Bolton's discrepancy	Anterior - 6	Sum of 6 mandibular anterior teeth divided by the sum of 6 maxillary anterior teeth.
	Total - 12	Sum of 12 mandibular anterior teeth divided by the sum of 12 maxillary anterior teeth.
Overjet		Distance between the labial surface of the most prominent maxillary incisor at the incisal edge level and the labial surface of the mandibular incisor parallel to the occlusal plane.
Overbite		Greater vertical overlap on the maxillary incisor and the mandibular incisor perpendicular to the occlusal plane.

Table 2. Intra-examiner reliability for the parameters "CBCT No Metal", "CBCT Metal MAR", "IOS metal" and "CBCT Brace MAR", in the evaluation and reassessment moments, expressed as ICC (r).

Measurement (mm)	n	r (min – max)
Mesiodistal diameter	360	0.95 - 0.97
Inter canine distance	30	0.91 - 0.99
Inter molar distance	30	0.11 – 0.93
Available Space	30	0.59 – 0.91
Required Space	30	0.86 – 0.96
Bolton`s Discrepancy 6	15	0 – 0.73
Bolton`s Discrepancy 12	15	0 – 0.55
Model`s Discrepancy	30	0.08 – 0.55
Overjet	15	*
Overbite	15	*

* It was not possible to carry out the correlation in these parameters due to the reduced n, as in only 4 of the 16 models it was possible to measure overjet and overbite.

Table 3. Comparison of means (SD) of the responses of orthodontist examiners (Ortho) in comparison with the gold standard (GS) for each parameter studied in each model obtained.

Models		Mesiodistal Diameter	Inter canine Distance	Inter molar Distance	Required Space	Available Space	Model's Discrepancy	Bolton's Discrepancy 6	Bolton's Discrepancy 12	Overjet	Overbite
		n = 120	n = 30	n = 30	n = 30	n = 30	n = 30	n = 15	n = 15	n = 15	n = 15
Skull 1 CBCT	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	-0.04 (0.54)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	8.16 (1.76)	31.66 (4.41)	43.62 (3.40)	75.09 (5.01)	74.30 (5.34)	-0.79 (3.02)	0.84 (0.04)	0.95 (0.04)		
	p value	<0.001	0.015	0.194	0.003	0.003	0.166	<0.001	0.003		
Skull 2 CBCT	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	8.09 (1.62)	30.61 (4.74)	41.18 (0.71)	75.13 (4.85)	74.78 (6.55)	-0.35 (4.70)	0.83 (0.05)	0.97 (0.05)		
	p value	<0.001	0.009	0.007	0.006	0.02	0.224	<0.001	0.003		
Skull 1 IOS	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	-0.04 (0.54)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	7.70 (1.85)	31.36 (4.70)	42.98 (0.67)	70.28 (5.44)	72.70 (6.52)	2.42 (3.94)	0.78 (0.03)	0.94 (0.04)	4.20 (1.68)	3.42 (0.67)
	p value	<0.001	<0.001	0.013	<0.001	0.618	0.002	0.259	0.092	0.007	0.001
Skull 2 IOS	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	7.64 (1.70)	30.40 (4.89)	41.39 (1.21)	70.30 (6.11)	72.42 (6.65)	2.12 (3.99)	0.78 (0.04)	0.93 (0.05)	3.03 (1.03)	0.16 (1.84)
	p value	<0.001	0.115	0.013	0.001	0.025	0.046	0.613	0.142	0.377	0.742
Skull 1 CBCT Met Rest MAR	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	-0.04 (0.54)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	7.94 (1.77)	31.30 (4.50)	42.95 (1.93)	72.86 (5.19)	72.06 (5.32)	-0.80 (3.20)	0.80 (0.06)	0.95 (0.05)		
	p value	0.352	0.002	0.505	0.696	0.011	0.186	0.033	0.039		
Skull 1 CBCT Met Rest No MAR	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	-0.04 (0.54)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	7.97 (1.72)	31.30 (4.44)	43.00 (2.03)	73.35 (5.00)	72.63 (4.86)	-0.72 (3.76)	0.82 (0.07)	0.96 (0.05)		
	p value	0.938	0.011	0.502	0.774	0.246	0.315	0.015	0.005		
Skull 2 IOS Met Rest	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	7.68 (1.70)	30.37 (4.68)	41.17 (1.04)	70.78 (6.27)	73.95 (12.51)	2.11 (4.40)	0.79 (0.06)	0.92 (0.04)	3.30 (0.57)	0.40 (1.40)
	p value	<0.001	0.221	0.062	0.009	0.854	0.066	0.391	0.298	0.861	0.287
Skull 1 IOS Met Rest	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	-0.04 (0.54)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	7.70 (1.79)	31.41 (4.54)	42.72 (1.00)	70.31 (5.40)	71.26 (7.39)	0.95 (6.70)	0.78 (0.04)	0.93 (0.03)	3.61 (2.07)	3.49 (1.06)
	p value	<0.001	<0.001	0.617	<0.001	0.138	0.428	0.106	0.056	0.003	0.013

*Paired t test

Table 3. Comparison of means (SD) of the responses of orthodontist examiners (Ortho) in comparison with the gold standard (GS) for each parameter studied in each model obtained – cont.

Models		Mesiodistal Diameter	Inter canine Distance	Inter molar Distance	Required Space	Available Space	Model's Discrepancy	Bolton's Discrepancy 6	Bolton's Discrepancy 12	Overjet	Overbite
		n = 120	n = 30	n = 30	n = 30	n = 30	n = 30	n = 15	n = 15	n = 15	n = 15
Skull 2 CBCT Met Rest MAR	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	7.87 (1.55)	30.57 (4.51)	40.38 (1.67)	73.46 (6.29)	73.62 (7.71)	0.16 (4.11)	0.78 (0.03)	0.92 (0.03)		
	p value	0.558	0.371	0.177	0.313	0.912	0.505	0.5	0.504		
Skull 2 CBCT Met Rest No MAR	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	7.89 (1.58)	30.60 (4.21)	41.39 (1.42)	73.80 (6.11)	73.54 (6.38)	-0.26 (4.99)	0.80 (0.04)	0.92 (0.04)		
	p value	0.415	0.255	0.032	0.186	0.986	0.318	0.062	0.336		
Skull 1 CBCT Braces MAR	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	-0.04 (0.54)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	7.94 (1.83)	31.10 (4.38)	43.36 (1.39)	72.55 (5.05)	73.75 (8.06)	1.20 (6.64)	0.83 (0.03)	0.93 (0.05)		
	p value	0.369	<0.001	0.019	0.433	0.539	0.301	<0.001	0.273		
Skull 2 CBCT Braces MAR	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	7.82 (1.57)	30.40 (4.34)	41.28 (0.61)	72.68 (6.05)	73.48 (7.10)	0.80 (4.27)	0.80 (0.03)	0.92 (0.02)		
	p value	0.268	0.413	<0.001	0.737	0.885	0.849	0.01	0.163		
Skull 1 IOS Braces	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	18.35 (19.25)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	7.71 (1.82)	31.42 (4.56)	42.44 (1.47)	70.27 (5.55)	71.51 (5.26)	18.17 (18.22)	0.78 (0.04)	0.93 (0.03)	4.12 (1.87)	3.21 (1.29)
	p value	<0.001	<0.001	0.181	<0.001	<0.001	0.761	0.232	0.152	0.009	0.164
Skull 2 IOS Braces	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	7.65 (1.58)	30.97 (4.99)	40.78 (3.58)	70.85 (5.96)	72.00 (6.29)	1.16 (3.71)	0.77 (0.04)	0.92 (0.02)	4.77 (5.10)	-0.36 (1.55)
	p value	<0.001	0.186	0.967	0.002	<0.001	0.452	0.994	0.203	0.274	0.379
Skull 1 CBCT Braces No MAR	GS	7.97 (1.73)	32.21 (5.16)	42.79 (0.64)	73.12 (4.84)	73.08 (5.39)	-0.04 (0.54)	0.77 (0.00)	0.92 (0.00)	5.57 (0.00)	2.72 (0.00)
	Ortho	7.84 (1.74)	31.29 (4.42)	42.43 (3.48)	71.89 (4.60)	70.98 (6.68)	-0.92 (6.16)	0.82 (0.04)	0.95 (0.04)		
	p value	<0.001	0.081	0.572	0.088	0.024	0.437	<0.001	0.007		
Skull 2 CBCT Braces No MAR	GS	7.85 (1.53)	30.25 (4.97)	40.81 (0.03)	72.88 (5.80)	73.54 (6.36)	0.65 (0.56)	0.77 (0.00)	0.91 (0.00)	3.27 (0.00)	0.00 (0.00)
	Ortho	7.83 (1.64)	30.40 (4.41)	41.37 (0.89)	72.69 (6.37)	72.83 (7.41)	0.14 (3.78)	0.77 (0.02)	0.91 (0.03)		
	p value	0.496	0.499	0.002	0.74	0.217	0.441	0.53	0.433		

*Paired t test

Table 4. Comparison of the means (SD) of the precision of the answers of the orthodontist examiners (Ortho) in relation to the time of experience in years (1-5 or 6-15) for the parameters intercanine/intermolar distance, required space and evaluated space, in each model studied.

Models		Mesiodistal Diameter		Intercanine and Intermolar Distance		Required Space		Available Space	
		1-5 (n=96)	6-15 (n=264)	1-5 (n=16)	6-15 (n=44)	1-5 (n=8)	6-15 (n=22)	1-5 (n=8)	6-15 (n=22)
Skull 1 CBCT	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	8.16 (1.71)	8.17 (1.79)	36.91 (6.51)	37.90 (7.47)	75.08 (4.54)	75.09 (5.27)	2.76 (1.90)	74.32 (5.55)
	p value	0.961		0.164		0.991		0.918	
Skull 2 CBCT	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	8.17 (1.63)	8.06 (1.62)	36.03 (6.72)	35.84 (6.22)	75.73 (4.81)	74.91 (4.96)	2.96 (2.50)	74.34 (6.49)
	p value	0.417		0.491		0.526		0.117	
Skull 1 IOS	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	7.76 (1.62)	7.67 (1.93)	37.16 (6.89)	37.17 (6.76)	71.77 (5.73)	69.74 (5.37)	2.42 (3.16)	72.40 (5.98)
	p value	0.5		0.975		0.054		0.44	
Skull 2 IOS	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	7.80 (1.65)	7.59 (1.72)	36.03 (6.66)	35.84 (6.62)	72.02 (5.51)	69.67 (6.32)	2.67 (2.07)	72.74 (6.90)
	p value	0.122		0.36		0.089		0.329	
Skull 1 CBCT Met Rest MAR	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	8.07 (1.79)	7.90 (1.77)	37.13 (6.94)	37.13 (6.83)	74.03 (6.04)	72.43 (4.94)	1.61 (1.16)	71.81 (5.29)
	p value	0.243		0.999		0.251		0.365	
Skull 1 CBCT Met Rest No MAR	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	8.01 (1.58)	7.95 (1.77)	36.97 (7.21)	37.08 (6.77)	74.25 (4.75)	73.02 (5.15)	2.19 (1.03)	72.57 (4.68)
	p value	0.686		0.524		0.405		0.82	
Skull 2 IOS Met Rest	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	7.90 (1.91)	7.59 (1.61)	36.16 (6.79)	35.63 (6.33)	72.23 (6.24)	70.25 (6.34)	12.49 (20.85)	72.78 (6.98)
	p value	0.15		0.107		0.201		0.318	
Skull 1 IOS Met Rest	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	7.79 (1.71)	7.66 (1.81)	37.12 (6.72)	37.05 (6.59)	71.60 (5.31)	69.84 (5.48)	2.20 (1.99)	71.21 (7.92)
	p value	0.399		0.709		0.243		0.845	
Skull 2 CBCT Met Rest MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	7.96 (1.49)	7.84 (1.57)	35.24 (6.19)	35.45 (6.00)	74.64 (6.87)	73.02 (6.18)	3.85 (2.37)	72.77 (7.30)
	p value	0.511		0.111		0.349		0.281	
Skull 2 CBCT Met Rest No MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	8.10 (1.60)	7.81 (1.56)	35.97 (6.22)	36.01 (6.36)	75.46 (6.69)	73.20 (5.93)	4.13 (2.71)	73.38 (6.53)
	p value	0.022*		0.876		0.071		0.681	
Skull 1 CBCT Braces MAR	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	8.11 (1.79)	7.87 (1.84)	37.84 (7.49)	37.01 (6.85)	74.69 (5.86)	71.77 (4.63)	7.26 (7.08)	72.82 (4.64)
	p value	0.042*		0.079		0.012*		0.383	
Skull 2 CBCT Braces MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	7.92 (1.52)	7.78 (1.58)	35.97 (6.55)	35.80 (6.27)	73.88 (6.07)	72.24 (6.12)	2.50 (1.72)	73.49 (7.30)
	p value	0.356		0.477		0.255		0.969	
Skull 1 IOS Braces	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	7.86 (1.77)	7.66 (1.84)	37.30 (6.68)	36.80 (6.49)	71.92 (5.66)	69.67 (5.52)	2.39 (1.90)	71.55 (5.27)
	p value	0.164		0.079		0.112		0.727	
Skull 2 IOS Braces	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	7.86 (1.57)	7.58 (1.57)	35.88 (6.48)	35.88 (6.66)	72.80 (5.80)	70.13 (5.99)	2.48 (1.28)	71.86 (6.37)
	p value	0.014*		0.993		0.021*		0.595	
Skull 1 CBCT Braces No MAR	GS	7.97 (1.74)	7.97 (1.73)	37.50 (6.62)	37.50 (6.48)	73.12 (5.09)	73.12 (4.87)	73.08 (5.66)	73.08 (5.42)
	Ortho	8.01 (1.71)	7.78 (1.75)	36.78 (7.05)	36.89 (6.88)	73.56 (4.27)	71.29 (4.66)	2.97 (2.02)	70.29 (7.10)
	p value	0.047*		0.805		0.042*		0.043*	
Skull 2 CBCT Braces No MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.53)	35.53 (6.52)	35.53 (6.38)	72.88 (6.09)	72.88 (5.83)	73.54 (6.69)	73.54 (6.40)
	Ortho	8.09 (1.61)	7.73 (1.64)	36.24 (6.80)	35.76 (6.28)	75.42 (6.83)	71.70 (6.05)	2.78 (2.65)	72.22 (6.95)
	p value	0.000*		0.004*		0.000*		0.15	

GEE model

*Significant values

Table 5. Comparison of the means (SD) of the precision of the answers of the orthodontist examiners (Ortho) in relation to the routine use of digital models for the variables intercanine/intermolar distance, required space and available space, in each model studied.

Models	Mesiodistal Diameter		Intercanine and Intermolar Distance		Required Space		Available Space		
	No (n=312)	Yes (n=48)	No (n=52)	Yes (n=8)	No (n=26)	Yes (n=4)	No (n=26)	Yes (n=4)	
Skull 1 CBCT	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	8.16 (1.78)	8.20 (1.66)	37.69 (7.27)	37.28 (7.06)	75.01 (5.22)	75.62 (3.84)	-0.64 (3.15)	73.89 (5.58)
	p value	0.769		0.319		0.647		0.596	
Skull 2 CBCT	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	8.10 (1.65)	8.02 (1.47)	35.88 (6.28)	36.01 (6.87)	75.16 (4.85)	74.96 (5.59)	-0.38 (4.88)	74.82 (6.69)
	p value	0.640		0.567		0.913		0.952	
Skull 1 IOS	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	7.67 (1.88)	7.88 (1.70)	37.22 (6.71)	36.82 (7.37)	69.95 (5.33)	72.45 (6.50)	2.82 (4.06)	72.25 (6.21)
	p value	0.135		0.006*		0.025*		0.556	
Skull 2 IOS	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	7.62 (1.70)	7.79 (1.73)	35.91 (6.62)	35.80 (6.66)	70.11 (6.14)	71.52 (6.64)	2.59 (3.81)	70.57 (6.19)
	p value	0.154		0.405		0.329		0.271	
Skull 1 CBCT Met Rest MAR	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	7.93 (1.77)	8.06 (1.81)	37.11 (6.74)	37.21 (7.73)	72.70 (5.17)	73.86 (6.06)	-0.65 (3.37)	72.05 (7.07)
	p value	0.450		0.847		0.486		0.995	
Skull 1 CBCT Met Rest No MAR	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	7.95 (1.73)	8.09 (1.65)	37.08 (6.69)	36.84 (8.17)	73.14 (4.97)	74.70 (5.71)	-0.53 (3.96)	72.75 (6.08)
	p value	0.379		0.564		0.251		0.943	
Skull 2 IOS Met Rest	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	7.65 (1.71)	7.85 (1.60)	35.78 (6.42)	35.71 (6.71)	70.49 (6.34)	72.61 (6.33)	2.54 (4.56)	71.94 (6.93)
	p value	0.094		0.674		0.049*		0.978	
Skull 1 IOS Met Rest	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	7.66 (1.79)	7.93 (1.76)	37.14 (6.60)	36.61 (6.77)	69.93 (5.38)	72.77 (5.67)	1.40 (3.62)	70.76 (15.09)
	p value	0.004*		0.182		0.002*		0.493	
Skull 2 CBCT Met Rest MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	7.87 (1.55)	7.89 (1.58)	35.39 (6.00)	35.40 (6.46)	73.43 (6.32)	73.64 (7.03)	0.23 (4.30)	73.36 (7.56)
	p value	0.918		0.622		0.891		0.898	
Skull 2 CBCT Met Rest No MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	7.85 (1.57)	8.16 (1.61)	36.01 (6.22)	35.88 (7.04)	73.49 (6.19)	75.86 (5.95)	0.13 (5.19)	73.06 (6.63)
	p value	0.001*		0.442		0.013*		0.663	
Skull 1 CBCT Braces MAR	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	7.92 (1.82)	8.03 (1.89)	37.17 (6.94)	37.59 (7.63)	72.48 (5.31)	72.96 (3.31)	1.48 (6.84)	72.35 (7.45)
	p value	0.301		0.642		0.622		0.277	
Skull 2 CBCT Braces MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	7.79 (1.56)	7.98 (1.61)	35.81 (6.28)	36.04 (6.74)	72.44 (5.97)	74.25 (7.25)	1.11 (4.46)	73.03 (7.53)
	p value	0.114		0.490		0.107		0.764	
Skull 1 IOS Braces	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	7.67 (1.83)	7.95 (1.74)	36.90 (6.49)	37.17 (6.95)	69.89 (5.74)	72.69 (3.84)	3.12 (2.82)	71.04 (6.30)
	p value	0.002		0.628		0.003*		0.346	
Skull 2 IOS Braces	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	7.61 (1.57)	7.92 (1.58)	35.86 (6.58)	36.02 (6.87)	70.46 (5.97)	73.35 (6.07)	1.63 (3.74)	71.44 (6.23)
	p value	0.001*		0.562		0.002*		0.633	
Skull 1 CBCT Braces No MAR	GS	7.97 (1.73)	7.97 (1.75)	37.50 (6.47)	37.50 (6.85)	73.12 (4.85)	73.12 (5.50)	73.08 (5.40)	73.08 (6.11)
	Ortho	7.82 (1.74)	7.97 (1.72)	36.82 (6.88)	37.15 (7.19)	71.72 (4.85)	73.04 (2.58)	-0.07 (4.87)	66.61 (9.30)
	p value	0.189		0.301		0.172		0.191	
Skull 2 CBCT Braces No MAR	GS	7.85 (1.53)	7.85 (1.54)	35.53 (6.37)	35.53 (6.75)	72.88 (5.81)	72.88 (6.58)	73.54 (6.38)	73.54 (7.22)
	Ortho	7.78 (1.65)	8.15 (1.51)	35.85 (6.41)	36.14 (6.50)	72.18 (6.36)	76.04 (6.15)	0.68 (3.68)	72.65 (7.70)
	p value	0.000*		0.483		0.000*		0.897	

GEE Model

*significant values

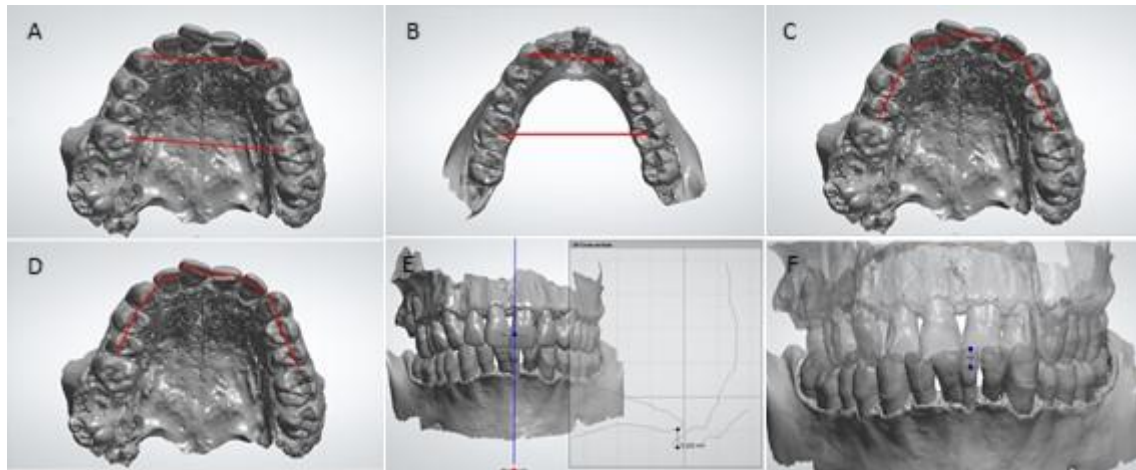
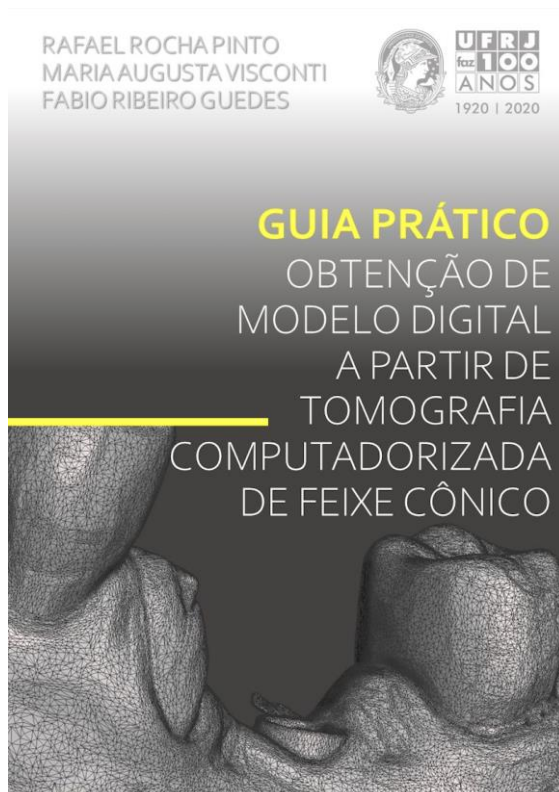


Figure 2. Representation of measurements performed on the models using the 3Shape 3D Viewer software. A) Intercanine and intermolar distance in the upper model. B) Intercanine and intermolar distance in the lower model. C) Assessed space. D) Space required. E) Overjet. F) Overbite.

2.2 E-book

Link de acesso para ao E-Book:

[Guia Prático – Obtenção de Modelo Digital a partir de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.](#)



RAFAEL ROCHA PINTO
MARIA AUGUSTA VISCONTI
FABIO RIBEIRO GUEDES

GUIA PRÁTICO
OBTENÇÃO DE
MODELO DIGITAL
A PARTIR DE TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA DE
FEIXE CÔNICO
PRIMEIRA EDIÇÃO

2



3. CONCLUSÕES

- Os ortodontistas são capazes de realizar mensurações acuradas em modelos digitais, independente da prática rotineira com essa tecnologia. O tempo de experiência na especialidade favorece a realização de mensurações mais precisas, no entanto, a anatomia dentária e os tipos oclusais interferem significativamente nas mensurações realizadas.
- As alterações clínicas simuladas, com a presença de objetos metálicos, não prejudicaram a análise dos modelos.
- A ferramenta RAM não facilita as mensurações realizadas em modelos obtidos de TCFC que possuem objetos metálicos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a evolução tecnológica cada vez mais presente na prática clínica da Odontologia, especialmente na Ortodontia, onde os recursos mais modernos podem contribuir significativamente com diagnóstico e plano de tratamento, acompanhar o desenvolvimento e performance dos ortodontistas se faz importante para manter a excelência na especialidade. Os *scanners* intraorais, alinhadores ortodônticos, *softwares* para manipulação de modelos digitais e para realização de *setup* ortodôntico são alguns exemplos de tecnologias que atualmente podem fazer parte da rotina dos ortodontistas. Todas essas ferramentas visam dar mais conforto ao paciente e mais agilidade e praticidade ao profissional.

Com o desenvolvimento deste estudo foi possível identificar que a manipulação de modelos digitais ainda não faz parte da prática clínica diária da maioria dos ortodontistas, sendo uma tecnologia ainda não aderida por boa parte dos profissionais. No entanto, vários são os estudos que comprovam a eficácia e confiabilidade dos modelos digitais para confecção de aparelhos ortodônticos. Alguns fatores podem ser considerados para explicar esse quadro como, por exemplo, o alto custo do *scanner* intraoral, a dificuldade em encontrar um centro de imagem que ofereça esse tipo de serviço e, até mesmo, a resistência do próprio ortodontista em sair de sua “zona de conforto”.

Com o intuito de oferecer acessibilidade a um maior número de ortodontistas optou-se, neste estudo, pelo uso ferramentas gratuitas para obtenção e mensuração dos modelos digitais. O *software* InVesalius[®] 3.1.1 é um produto nacional e de acesso livre, além disso, o programa possibilita a geração de modelos em formato *.STL* (*stereolithography*) a partir de imagens DICOM. Algumas limitações são claras, e a principal delas é a dificuldade em criar os modelos tridimensionais a partir de imagens

tomográficas que possuem muitos artefatos. O algoritmo de reconstrução do programa, para este tipo específico de reconstrução, não é muito eficiente. Contudo, de uma maneira geral, os modelos gerados pelo InVesalius® são bons e perfeitamente aplicáveis no dia a dia clínico.

Além dos objetivos principais já expostos anteriormente, este estudo mostrou que é possível realizar bons diagnósticos utilizando modelos digitais e principalmente com o auxílio de *softwares* gratuitos, no entanto, é importante o treinamento e atualização profissional em relação às novas tecnologias disponíveis no mercado. Ademais, a manipulação de modelos digitais não necessariamente precisa ser onerosa para o profissional, já que um computador com configuração simples é capaz de manipular as imagens geradas. Dessa forma, o profissional pode ser manter atualizado com as práticas contemporâneas e a comunicação com o seu paciente será mais fácil e empolgante.

5. REFERÊNCIAS

1. Czarnota J, Hey J, Fuhrmann R. Measurements using orthodontic analysis software on digital models obtained by 3D scans of plaster casts : Intrarater reliability and validity. *J Orofac Orthop.* 2016;77(1):22-30.
2. Gul Amuk N, Karsli E, Kurt G. Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning. *Int Orthod.* 2019;17(1):151-8.
3. Jimenez-Gayosso SI, Lara-Carrillo E, Lopez-Gonzalez S, Medina-Solis CE, Scougall-Vilchis RJ, Hernandez-Martinez CT, et al. Difference between manual and digital measurements of dental arches of orthodontic patients. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(22):e10887.
4. Shellhart WC, Lange DW, Kluemper GT, Hicks EP, Kaplan AL. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. *Angle Orthod.* 1995;65(5):327-34.
5. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(1):101-5.
6. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14(1):1-16.
7. Pauwels R. Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015;165(1-4):156-61.
8. Makdissi J. Cone beam CT in orthodontics: the current picture. *Int Orthod.* 2013;11(1):1-20.
9. Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):88.
10. Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC, Bornstein MM. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:393-415.
11. Lechuga L, Weidlich GA. Cone Beam CT vs. Fan Beam CT: A Comparison of Image Quality and Dose Delivered Between Two Differing CT Imaging Modalities. *Cureus.* 2016;8(9):e778.
12. Barateau A, De Crevoisier R, Largent A, Mylona E, Perichon N, Castelli J, et al. Comparison of CBCT-based dose calculation methods in head and neck cancer

radiotherapy: from Hounsfield unit to density calibration curve to deep learning. *Med Phys.* 2020;47(10):4683-93.

13. Nasseh I, Al-Rawi W. Cone Beam Computed Tomography. *Dent Clin North Am.* 2018;62(3):361-91.

14. Yeung AWK, Jacobs R, Bornstein MM. Novel low-dose protocols using cone beam computed tomography in dental medicine: a review focusing on indications, limitations, and future possibilities. *Clin Oral Investig.* 2019;23(6):2573-81.

15. Kamburoglu K, Kolsuz E, Kurt H, Kilic C, Ozen T, Paksoy CS. Accuracy of CBCT measurements of a human skull. *J Digit Imaging.* 2011;24(5):787-93.

16. Queiroz PM, Santaella GM, Groppo FC, Freitas DQ. Metal artifact production and reduction in CBCT with different numbers of basis images. *Imaging Sci Dent.* 2018;48(1):41-4.

17. Fontenele RC, Nascimento EHL, Santaella GM, Freitas DQ. Does the metal artifact reduction algorithm activation mode influence the magnitude of artifacts in CBCT images? *Imaging Sci Dent.* 2020;50(1):23-30.

18. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40(5):265-73.

19. Lira de Farias Freitas AP, Cavalcanti YW, Costa FCM, Peixoto LR, Maia AMA, Rovaris K, et al. Assessment of artefacts produced by metal posts on CBCT images. *Int Endod J.* 2019;52(2):223-36.

20. Kamburoglu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yuksel S, Paksoy CS. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(8):20130176.

21. Queiroz PM, Oliveira ML, Groppo FC, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Evaluation of metal artefact reduction in cone-beam computed tomography images of different dental materials. *Clin Oral Investig.* 2018;22(1):419-23.

22. Queiroz PM, Santaella GM, da Paz TD, Freitas DQ. Evaluation of a metal artefact reduction tool on different positions of a metal object in the FOV. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(3):20160366.

23. Grunheid T, Patel N, De Felipe NL, Wey A, Gaillard PR, Larson BE. Accuracy, reproducibility, and time efficiency of dental measurements using different technologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(2):157-64.

24. Fakhari HB, Rashtchian R, Parvin M. Effect of Dental Implant Metal Artifacts on Accuracy of Linear Measurements by Two Cone-Beam Computed Tomography Systems Before and After Crown Restoration. *J Dent (Tehran).* 2017;14(6):329-36.

25. Bechara B, McMahan CA, Geha H, Noujeim M. Evaluation of a cone beam CT artefact reduction algorithm. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(5):422-8.
n -8.
26. Rosado LPL, Barbosa IS, Junqueira RB, Martins A, Verner FS. Morphometric analysis of the mandibular fossa in dentate and edentulous patients: A cone beam computed tomography study. *J Prosthet Dent.* 2021;125(5):758.e1-.e7.
27. do Carmo WD, Verner FS, Aguiar LM, Visconti MA, Ferreira MD, Lacerda M, et al. Missed canals in endodontically treated maxillary molars of a Brazilian subpopulation: prevalence and association with periapical lesion using cone-beam computed tomography. *Clin Oral Investig.* 2021;25(4):2317-23.

APÊNDICE 1

Metodologia Estendida

Trata-se de um estudo analítico observacional transversal, previamente aprovado pelo comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (CEP/HUCFF/UFRJ), sob o parecer número 3.793.749 (Anexo 1). O delineamento do estudo seguiu as diretrizes para estudos observacionais presentes no guia *STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of cross-sectional studies*. (27) (Anexo 2)

Seleção da amostra

A casuística para o presente estudo compreendeu 15 cirurgiões-dentistas, selecionados a partir dos seguintes critérios de elegibilidade: especialistas em ortodontia que possuíssem pelo menos um ano de experiência na especialidade. O cálculo do tamanho amostral foi realizado utilizando o programa Winpepi, versão 11.65. Foi fixado o poder de 80% e um nível de significância de 5%. O tamanho da amostra mínimo calculado foi de 15 sujeitos para comparar a diferença entre medidas, considerando os valores mensurados pelos examinadores e o padrão-ouro. Esse cálculo possibilitou detectar uma diferença significativa de 0.80 de desvio entre as médias, considerando o desvio padrão unitário.

Todos os examinadores foram recrutados em um único momento, via aplicativo de mensagens “WhatsApp” e somente foram incluídos efetivamente no estudo após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Preparo dos crânios

Para aquisição das imagens tomográficas e dos modelos digitais foram utilizados dois crânios secos, com as arcadas superior e inferior intactas. Todos os crânios deveriam possuir dentição permanente contendo desde os dentes anteriores até os primeiros molares, sem a presença de restaurações metálicas.

Os crânios foram selecionados em um momento único e armazenados em ambiente adequado até a aquisição de imagens e manipulação dos dentes para simulação das condições clínicas. O tempo de armazenamento foi de 2 semanas. Os dentes foram fixados ao crânio com cola de alta resistência e secagem rápida a base de cianocrilato (Super Bonder[®] – Loctite, Brasil) para evitar qualquer movimentação dentária durante a manipulação. Não foi utilizada gengiva artificial, pois os objetos de medição foram as coroas dos dentes.

Obtenção dos modelos

Para obtenção das imagens foi utilizado o tomógrafo computadorizado de feixe cônico Cranex[®] 3D (Soredex Finlândia). Os parâmetros de aquisição foram fixados para todas as Fases (I, II, III) do estudo, sendo eles: campo de visão (field of view - FOV) 6 x 8 cm; tamanho do voxel 0,3 mm; tempo de escaneamento de 4,9 segundos; 90 kV; e 10 mA. O intervalo entre uma aquisição de imagem e outra foi de uma semana, totalizando três semanas.

Para obtenção dos modelos digitais a partir das imagens TCFC, linhas de referência foram desenhadas em seis dentes, de cada crânio, para servirem como indicadores de posicionamento da oclusão durante a aquisição e com isso garantir a padronização do posicionamento. (Figura 1)



Figura 1. Crânios secos posicionados no tomógrafo com as linhas de referência desenhadas nos dentes para obtenção das imagens simuladas em oclusão (A e B) e boca semiaberta (C).

Os arquivos gerados em formato *digital imaging and communications in medicine* (DICOM) foram armazenados e os modelos digitais extraídos das imagens de TCFC através do *software* gratuito, nacional, InVesalius® versão 3.1.1.

Fase I

Nesta fase, foram obtidos todos os modelos das arcadas dentárias dos dois crânios. Para obtenção dos modelos digitais, através do escaneamento direto, foi utilizado o *scanner* CS3600® (Carestream Dental, USA). Os arquivos gerados foram armazenados digitalmente. Ao final da Fase I foram obtidos, de cada uma das arcadas, para cada crânio: um modelo digital em oclusão, através do escaneamento direto; um modelo digital extraído da TCFC, com os dentes em oclusão durante a aquisição da imagem; e um modelo digital extraído da TCFC, com os dentes em posição semiaberta durante a aquisição da imagem.

Fase II

Nesta fase, foram confeccionadas restaurações metálicas em quatro dentes de cada crânio, um por hemiarcada. Em seguida foram obtidos os modelos das arcadas seguindo exatamente o mesmo protocolo utilizado na *Fase I*. Ainda na *Fase II*, os crânios com objetos metálicos também foram submetidos à aquisição da imagem tomográfica utilizando a ferramenta RAM própria do aparelho.

A partir das novas imagens tomográficas, foram extraídos os modelos digitais. Dessa forma, ao final da *Fase II*, foram obtidos de cada crânio, para cada arcada: um modelo digital obtido através do escaneamento direto; um modelo digital extraído da TCFC, com os dentes em oclusão durante a aquisição, sem a ferramenta RAM; um modelo digital extraído da TCFC, com os dentes em posição semiaberta durante a aquisição, sem a ferramenta RAM; um modelo digital, com os dentes em oclusão utilizando a ferramenta RAM; e um modelo digital, com os dentes em posição semiaberta durante a aquisição, também utilizando a ferramenta RAM.

Fase III

Nesta fase, foi instalado o aparelho ortodôntico fixo metálico nas duas arcadas dos dois crânios. Os modelos digitais foram obtidos, seguindo a mesma metodologia aplicada na *Fase II*. Portanto, ao final da *Fase III*, foram obtidos de cada crânio, para cada arcada dentária: um modelo digital através do escaneamento direto; um modelo digital extraído da TCFC, com os dentes em oclusão durante a aquisição, sem a ferramenta RAM; um modelo digital extraído da TCFC, com os dentes em posição semiaberta durante a aquisição, sem a ferramenta RAM; um modelo digital, com os dentes em oclusão utilizando a ferramenta RAM; e um modelo digital, com os dentes em posição semiaberta durante a aquisição, também utilizando a ferramenta RAM.

Todos os protocolos, assim como a descrição das imagens geradas nas Fases I, II e III, previamente à realização do estudo piloto, estão dispostos no Quadro 1.

Procedimentos	Crânio 1			Crânio 2			n
	Dentes Hígidos Fase I	Restaurações Metálicas Fase II	Aparelho Ortodôntico Fase III	Dentes Hígidos Fase I	Restaurações Metálicas Fase II	Aparelho Ortodôntico Fase III	Total de Modelos
Escaneamento Direto							6
TCFC oclusão com RAM							6
TCFC semiaberta com RAM							6
TCFC oclusão sem RAM							4
TCFC semiaberta sem RAM							4
Total de Modelos	3	5	5	3	5	5	26

Quadro 1. Descrição dos protocolos obtidos, e dos modelos gerados, em cada uma das fases do estudo, antes da realização do estudo piloto.

Estudo Piloto

Após a aquisição de todas as imagens, um estudo piloto inicial foi realizado para melhor entendimento e padronização das mensurações propostas. Sendo assim, um único examinador (R.R.P.), pesquisador do estudo, com 15 anos de experiência na especialidade e treinamento em imagens tomográficas, realizou todas as mensurações propostas. Os dados obtidos foram analisados e as inconsistências na metodologia foram ajustadas para o início efetivo da pesquisa. Quando os modelos foram obtidos em oclusão, discrepâncias em medições referentes ao tamanho méso-distal dos dentes, foram muito frequentes e

significativas, e por este motivo, todos os modelos obtidos em oclusão foram excluídos do estudo principal. Dessa forma, os protocolos, assim como a descrição das imagens que permaneceram no estudo principal estão dispostos no Quadro 2.

Procedimentos	Crânio 1			Crânio 2			n
	Dentes Hígidos Fase I	Restaurações Metálicas Fase II	Aparelho Ortodôntico Fase III	Dentes Hígidos Fase I	Restaurações Metálicas Fase II	Aparelho Ortodôntico Fase III	Total de Modelos
Escaneamento Direto							6
TCFC semiaberta com RAM							6
TCFC semiaberta sem RAM							4
Total de Modelos	2	3	3	2	3	3	16

Quadro 2. Descrição dos protocolos obtidos, e dos modelos utilizados, após a realização do estudo piloto.

Análise dos modelos e determinação do padrão-ouro

Inicialmente todos os examinadores receberam um vídeo explicativo e um material instrucional para orientá-los a realizar as mensurações necessárias e a utilizar as ferramentas do *software*. Em seguida os modelos digitais obtidos foram aleatorizados por meio de códigos e disponibilizados aos examinadores. Cada examinador recebeu oito modelos (arcada superior e inferior) por vez, em intervalos de sete dias, para evitar que a fadiga visual causasse interferência nas mensurações. (26)

Na análise dos modelos, foram obtidas as seguintes mensurações lineares: (1) distância inter-caninos (distância entre cúspides); (2) distância inter-molares (inferior:

fossa central do primeiro molar à fossa central do primeiro molar do lado oposto; e superior: cúspide méso-palatina do primeiro molar à cúspide méso-palatina do primeiro molar do lado oposto); (3) largura méso-distal dos dentes (primeiros molares, segundos pré-molares, primeiros pré-molares, caninos, incisivos laterais e incisivos centrais); (4) espaço disponível na arcada dentária (somatório da distância entre a face mesial do primeiro molar à face distal do incisivo lateral e distância entre a face distal do incisivo lateral à face mesial do incisivo central nos quatro quadrantes); (5) espaço requerido na arcada dentária (somatório da maior distância méso-distal de todos os dentes permanentes presentes à partir da face mesial do primeiro molar, nos quatro quadrantes); (6) discrepância de Bolton; (7) Overjet (distância da face vestibular do incisivo superior mais proeminente à superfície labial correspondente do incisivo inferior em oclusão habitual e na direção horizontal); e (8) Overbite (Distância entre a borda do incisivo superior e a correspondente borda do incisivo inferior em oclusão habitual e na direção vertical).

Os modelos digitais foram analisados com as ferramentas de mensuração linear do *software* 3Shape 3D Viewer® (3Shape, Dinamarca). (Figura 3)

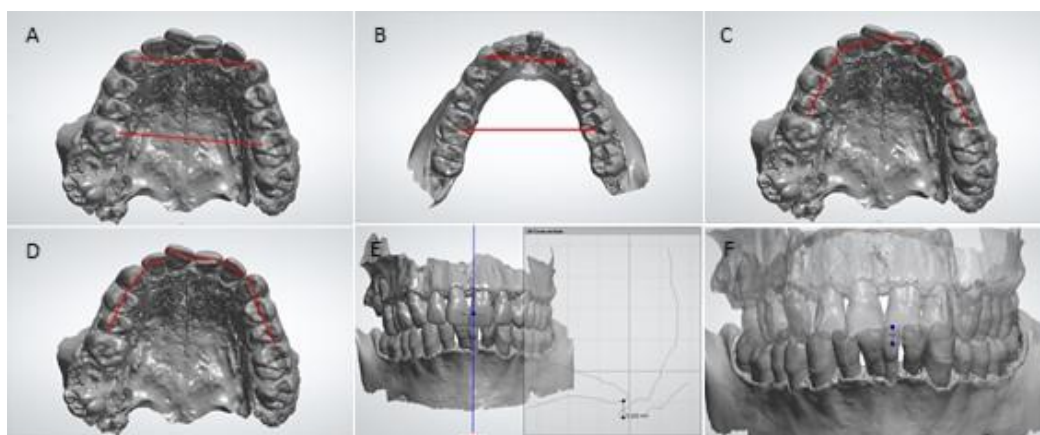


Figura 2. Representação das mensurações realizadas nos modelos digitais utilizando o *software* 3Shape 3D Viewer. Distância inter-caninos e inter-molares no modelo superior (A); Distância inter-caninos e inter-molares no modelo inferior (B); Espaço avaliado (C); Espaço requerido (D); Overjet (E); Overbite (F).

Todos os dados foram tabulados utilizando o programa Excel[®] (Microsoft). Em um segundo momento, após 15 dias do final da etapa de avaliação, 20% dos modelos foram reavaliados para realização do cálculo intra-examinador. (27)

As mesmas mensurações foram realizadas diretamente nos crânios, com o uso de um paquímetro digital, determinadas por um único examinador (R.R.P.), pesquisador do estudo, especialista em ortodontia há 15 anos e com experiência em imagens tomográficas, e utilizadas como padrão-ouro para comparação. (Figura 2)



Figura 3. Mensurações realizadas nos dentes com paquímetro digital para estabelecimento do padrão-ouro.

Elaboração do E-Book

Visando contribuir para a divulgação do assunto e devolver o conhecimento adquirido com o estudo para os profissionais que atuam na clínica odontológica, especialmente na Ortodontia, foi confeccionado um E-book intitulado “Guia prático – Obtenção de Modelo Digital a partir de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico”.

(Apêndice 2) Trata-se de um tutorial prático para obtenção de modelos digitais, a partir de imagens de TCFC, utilizando *softwares* gratuitos.

Análise estatística

As medidas dos 24 dentes examinados, em cada modelo, foram compiladas para simplificar as análises e interpretações. Para determinar o cálculo intra-examinador foi utilizado o Teste t pareado. Para cada variável mensurada foi calculada a diferença absoluta entre a média das respostas obtida pelos examinadores e a média do padrão-ouro, ou seja, foi calculado o erro cometido pelo examinador nos dois momentos (avaliação e reavaliação). Além dos valores médios, foi calculada a soma das diferenças absolutas para evidenciar o erro acumulado. A correlação intraclass também foi realizada.

O Teste t pareado também foi utilizado para comparar as respostas dos examinadores com o padrão-ouro. Para cada modelo, foi calculada a diferença absoluta entre as respostas, determinando o erro cometido pelo examinador, e a média das diferenças dos erros nos 24 dentes. Além do valor médio, foi calculada a soma das diferenças absolutas para determinar o erro de medição acumulado. Valores próximos de zero são esperados para sucesso das mensurações realizadas.

Os examinadores foram separados em grupos para verificar se as variáveis “trabalho rotineiro com modelos digitais” ou “maior tempo de experiência na especialidade” influenciaram nas mensurações realizadas. O modelo de equações de estimacões generalizadas (Modelo GEE) foi usado para comparar os grupos. Essa análise identifica dentro de um grupo o examinador e suas respostas, discriminando as variâncias intra e inter examinadores. O modelo foi composto por uma matriz de correlaçao de trabalho *exchangeable*, uma matriz de covariância de estimador robusto e uma

distribuição normal com função ligação identidade. Todas as análises foram realizadas no SPSS e o nível de significância adotado foi de 5%.

APÊNDICE 2

Vídeo elaborado para instrução e treinamento dos examinadores do estudo.

Link para acesso:

<https://1drv.ms/v/s!Aqv9StgbE1vBx1isnf0szzJxE-fh?e=iaOy12>

APÊNDICE 3

Material instrucional elaborado para o treinamento dos examinadores do estudo.

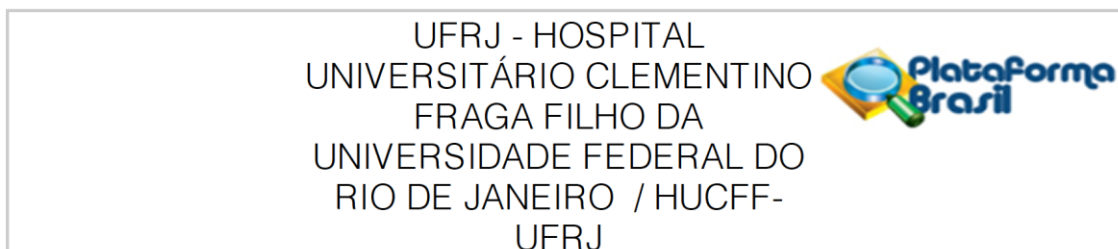
Link para acesso:

<https://1drv.ms/b/s!Aqv9StgbE1vBx1v2RJadMhIpkI23?e=U82QMh>

ANEXOS

ANEXO 1

Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CEP/HUCFF/UFRJ).



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Precisão de medidas realizadas por ortodontistas em modelos de arcadas dentárias.

Pesquisador: Fabio Ribeiro Guedes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 24978619.1.0000.5257

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.793.749

Apresentação do Projeto:

Protocolo 403-19 recebido em 5.11.2019.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 03 de Janeiro de 2020

Assinado por:
Carlos Alberto Guimarães
(Coordenador(a))

ANEXO 2

STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of *cross-sectional studies*

	Item No	Recommendation
Title and abstract	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
Introduction		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
Methods		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses
Results		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses

Discussion		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
Other information		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

*Give information separately for exposed and unexposed groups.

Note: An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at www.strobe-statement.org.