



Estudo comparativo da acurácia de modelos digitais obtidos por escaneamento intraoral e tomografia computadorizada de feixe cônico

Comparative study of the accuracy of digital models obtained by intraoral scanning and cone beam computed tomography

Estudio comparativo de la precisión de los modelos digitales obtenidos mediante barrido intraoral y tomografía computarizada de haz cónico

Lucas Eduardo Ribeiro de Vasconcelos¹, Yasmim Maria Cassimiro de Queiroga e Silveira¹, Lucas Lemos Dupont¹, Danielle Lago Bruno de Faria¹, Maria Vitória Vidal Nóbrega¹, Maria Camilly Gonçalves Lima¹, Larissa Soderini Ferraciù¹, Karen Almeida Matos¹, Mayrla Milene de Jesus¹, Claudia Cristina Brainer de Oliveira Mota¹.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico e do escaneamento digital intraoral na produção de modelos digitais odontológicos. **Métodos:** Trata-se de um estudo de acurácia aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa (parecer número 6.259.856), no qual modelos digitais de tomografia computadorizada de feixe cônico e escaneamento intraoral foram comparados a modelos de gesso obtidos a partir de dois voluntários. Os modelos de gesso foram produzidos a partir de uma moldagem com polivinilsiloxano em dupla impressão. Foram realizadas mensurações em pontos previamente determinados nos modelos para comparação. Posteriormente, os modelos digitais foram sobrepostos para avaliar a presença de distorções dente a dente. **Resultados:** Não houve diferença entre os modelos de gesso e os modelos digitais quando comparadas as distâncias entre os pontos de referência e a largura vestibulo-lingual dos dentes. Ao sobrepor os modelos digitais DICOM e STL, porém, foram verificadas diferenças de sobrecontorno quando considerados os grupos de dentes e as faces. **Conclusão:** Os modelos digitais têm conquistado espaço crescente na rotina clínica odontológica, todavia, devem ser considerados com cautela quando da necessidade de planejamentos que requerem grande precisão.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico, Técnica de moldagem odontológica, Processamento de imagem assistida por computador, Materiais para moldagem odontológica, Precisão da medição dimensional.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the accuracy of cone beam computed tomography and intraoral digital scanning in the production of digital dental models. **Methods:** An accuracy study was carried out, approved by the Research Ethics Committee (opinion number 6,259,856). Digital models of cone beam computed tomography and intraoral scanning were compared to plaster models obtained from two volunteers. The plaster models were produced from a polyvinylsiloxane mold in double impression. Measurements were taken at previously determined points in the models for comparison. Subsequently, the digital models were superimposed to evaluate the presence of tooth-to-tooth distortions. **Results:** There was no difference between the plaster models and the digital models when comparing the distances between the reference points and the buccolingual width of the teeth. When superimposing the DICOM and STL digital models, however, differences in overcontour were observed when considering groups of teeth and faces. **Conclusion:** Digital models have

¹ Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES-UNITA) Caruaru - PE.

gained increasing space in the dental clinical routine, however, they should be considered with caution when planning is required that requires great precision.

Keywords: Cone beam computed tomography, Dental impression technique, Computer aided image processing, Materials for dental impression, Dimensional measurement accuracy.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la precisión de la tomografía computarizada de haz cónico y el escaneo digital intraoral en la producción de modelos dentales digitales. **Métodos:** Se trata de un estudio de precisión aprobado por el Comité de Ética en Investigación (número de opinión 6.259.856), en el que se compararon modelos digitales de tomografía computarizada de haz cónico y escaneo intraoral con modelos de yeso obtenidos de dos voluntarios. Los modelos de yeso se fabricaron a partir de un molde de polivinilsiloxano en doble impresión. Las mediciones se tomaron en puntos previamente determinados en los modelos para comparación. Posteriormente, se superpusieron los modelos digitales para evaluar la presencia de distorsiones diente a diente. **Resultados:** No hubo diferencia entre los modelos de yeso y los modelos digitales al comparar las distancias entre los puntos de referencia y el ancho vestibulolingual de los dientes. Sin embargo, al superponer los modelos digitales DICOM y STL, se observaron diferencias en el sobrecontorno al considerar grupos de dientes y caras. **Conclusión:** Los modelos digitales han ganado cada vez más espacio en la rutina clínica odontológica, sin embargo, deben considerarse con cautela cuando se requiere una planificación que requiere gran precisión.

Palabras clave: Tomografía computarizada de haz cónico, Técnica de impresión dental, Procesamiento de imágenes asistido por computadora, Materiales para impresión dental, Precisión de medición dimensional.

INTRODUÇÃO

Os modelos odontológicos são essenciais no processo de diagnóstico e planejamento de tratamento individualizado. Estes modelos são classicamente produzidos por meio de materiais de moldagem e gesso, ou podem ser gerados digitalmente (GOMES ICF, et al., 2021; DIKER B e TAK O, 2021). Apesar dos avanços tecnológicos na obtenção de modelos digitais, quando comparados com o fluxo de trabalho convencional, ainda se observam limitações quanto à acurácia, portanto, mais informações sobre os modelos digitais ainda são necessárias (EMARA A, et al 2020).

Os materiais de moldagem têm por objetivo reproduzir, de modo preciso, os elementos dentários e estruturas adjacentes, gerando um molde, também chamado de cópia negativa, que posteriormente será vazado em gesso para obtenção de um modelo (PEGORARO LF, et al., 2013). As características ideais esperadas para o gesso a ser usado na confecção do modelo odontológico, por sua vez, incluem alta dureza superficial, necessária para que o material seja resistente a abrasão e arranhões, boa reprodutibilidade e baixa rugosidade para reproduzir com precisão as estruturas copiadas na moldagem. Além disso, as alterações dimensionais devem ser mínimas durante o processo de presa do material, para que não afetem o ajuste e a precisão da cópia negativa (QUEIROZ ME, et al., 2021).

A confecção de modelos de gesso traz consigo algumas desvantagens, como a dificuldade de armazenamento ou o risco de fratura ou até mesmo, risco de perda do modelo. Além disso, durante o procedimento de moldagem, o paciente pode relatar ânsia de vômito, bem como podem existir distorções dimensionais em função de falhas técnicas durante a manipulação e inserção do material na cavidade oral, ou até mesmo falha no preenchimento do gesso, podendo resultar na formação de bolhas no modelo dentário (QUEIROZ FRL, 2021).

Sem dúvida a mudança mais significativa no campo odontológico nos últimos anos tem sido o desenvolvimento da odontologia digital, que traz vantagens sobre a confecção do modelo de gesso convencional, como o menor desconforto para sua obtenção, espaço de armazenamento compacto, aplicações para o tratamento, fácil customização e o fato de não serem propensos a danos, fraturas, perdas e necessidade de armazenamento físico (SURYAJAYA M, et al., 2021).

Os scanners intraorais (IOS, sigla em inglês para Intraoral Scanner) foram introduzidos na odontologia na década de 80 trazendo inúmeras vantagens e benefícios, contudo, apesar de diversos estudos mostrarem a eficácia e confiabilidade do scanner intraoral, diferenças na precisão de tamanho das arcadas e problemas

de reprodutibilidade entre as tecnologias utilizadas são encontradas. No escaneamento intraoral, a presença de saliva, bem como o movimento de cabeça do paciente e a limitação de espaço intrabucal podem diminuir a precisão, quando comparado ao escaneamento de modelos de gesso (MOURA IG e PASINI M, 2020; PINARGOTE NWS, 2024).

Os recursos digitais de escaneamento intraoral e de manufatura aditiva apontam para possibilidades de soluções inovadoras, não só no que tange ao diagnóstico, mas também nas ferramentas utilizadas para o restabelecimento da forma e função, que trarão ao paciente o resultado integral após o tratamento (MOREIRA LMYA, 2022).

Outra forma de reconstrução tridimensional é a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT, sigla em inglês para Cone Beam Computed Tomography), um exame de imagem volumétrico que fornece análise bi e tridimensional. Foi introduzida em 1998 e tornou-se uma técnica diagnóstica estabelecida em vários campos odontológicos. (KOMURO A, et al. 2021)

Um sistema de imagem 3D pode ser útil, por exemplo, no diagnóstico precoce de lesões, fornecendo informações sobre a localização (coronal, terço cervical, médio ou apical), extensão e proximidade com o canal mandibular ou espaço periodontal, facilitando a instituição do tratamento adequado. As reconstruções volumétricas são realizadas através do processamento de dados dos planos bidimensionais (MASSARO C, et al., 2020; YEUNG M, et al., 2019). A CBCT é uma tecnologia emergente de imagem dentomaxilofacial que fornece à odontologia uma ferramenta prática para reconstrução não invasiva de dentes e suas estruturas adjacentes, fornecendo informações até mesmo para realização de uma cirurgia guiada (KAASALAINEN T, et al., 2021).

A precisão dimensional dos modelos digitais em comparação ao convencional tem sido tema de investigações constantes, já que as distâncias medidas obtidas de imagens digitais e modelos de gesso não podem diferir significativamente, especialmente quando os modelos produzidos têm por finalidade produzir estruturas protéticas ou guias cirúrgicos (TOMITA Y, et al., 2018). Desta forma, o presente estudo propôs avaliar a acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico e do escaneamento digital intraoral na produção de modelos digitais odontológicos.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo observacional transversal de acurácia aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da ASCES-UNITA sob parecer número 6.259.856 (CAAE 72485823.4.0000.5203). Este trabalho foi uma adaptação dos estudos de Komoro A, et al. (2021), Ferraro JM, et al. (2022), e Freitas BN, et al. (2023).

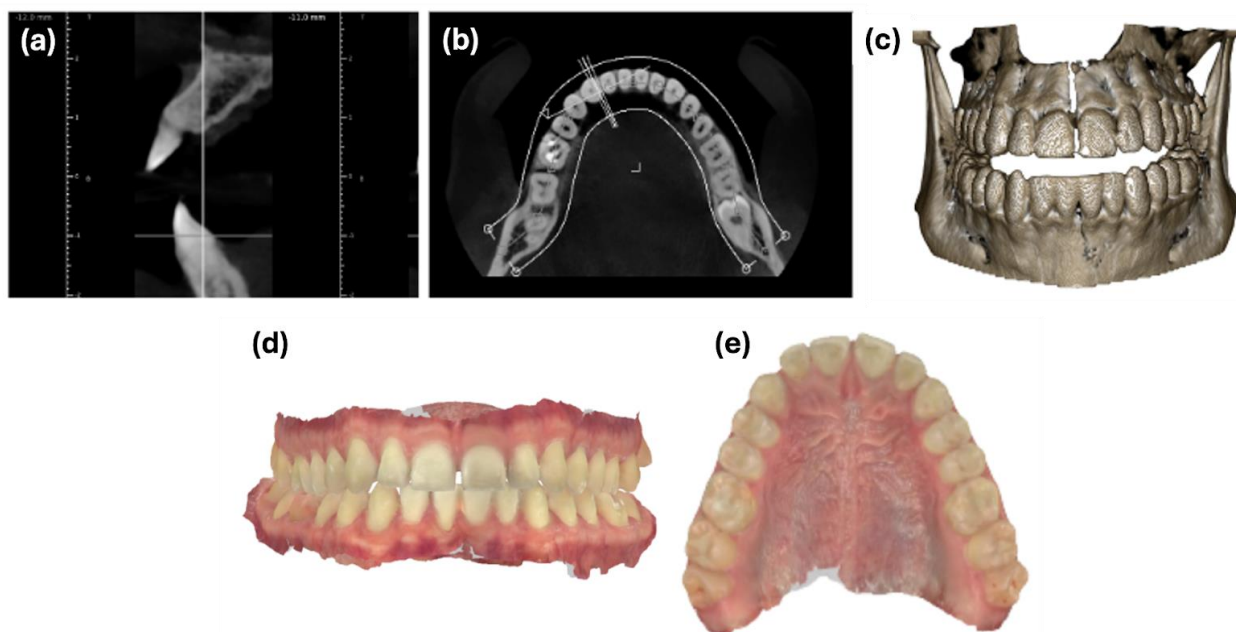
A amostra foi composta por exames de imagem (CBCT e IOS) e modelos de gesso obtidos a partir de dois voluntários que apresentavam 28 dentes erupcionados na boca e não possuíam aparelho fixo instalado ou limitação de abertura de boca (distância incisal < 35 mm). Os procedimentos de moldagem, confecção dos modelos de gesso, escaneamento intraoral e aquisição de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico foram realizados por um profissional capacitado.

Dois avaliadores participantes da equipe proponente do estudo foram calibrados para realizar o processamento digital das imagens de IOS e CBCT em software específico e mensuração de pontos pré-estabelecidos nos modelos. Para obtenção do modelo de gesso convencional, os participantes voluntários foram moldados com polivinilsiloxano, PVS, (Empress XT, 3M, Estados Unidos), nas consistências densa e fluida. Caracteristicamente, os moldes de PVS apresentam estabilidade dimensional, resistência à ruptura moderada a alta, hidrofília e impressão detalhada (LIMA MBB, et al, 2019). A manipulação do material foi realizada de acordo com as instruções do fabricante para moldagem em dupla impressão.

Após a moldagem, os moldes foram lavados em água corrente para remoção de saliva e resíduos orgânicos e desinfetados com imersão em hipoclorito de sódio a 1% por 15 minutos. Para a produção do modelo de gesso, foi utilizado gesso-pedra tipo IV (Zero Stone, Dental News, Alemanha), respeitando as instruções do fabricante. Os mesmos voluntários foram escaneados para obtenção dos modelos digitais (**Figura 1**). Foram digitalizados os arcos superior e inferior de ambos.

O sistema de tomografia computadorizada de feixe cônico usado foi o Carestream CS9600 (Carestream, Atlanta), com protocolo de aquisição 3D Imaging Workflow Using Smartauto 3D (tamanho de voxel 125 µm, FoV Ø100 x H50/80, 90 kV e 5 mA) e armazenamento dos dados no formato DICOM (**Figuras 1a, 1b, 1c**). Este equipamento foi recentemente introduzido no mercado e o fabricante relata o uso de uma dose reduzida de radiação que é alcançada usando filtragem adicional (DAVIS, et al., 2020).

Figura 1 – Imagens representativas da tomografia computadorizada de feixe cônico (a, b, c) e do escaneamento digital intraoral (d, e). (a) e (b) seções bidimensionais nos planos sagital e axial, respectivamente; (c) reconstrução volumétrica tridimensional; (d) imagem IOS em norma frontal e (e) plano oclusal.



Fonte: Vasconcelos LER, et al., 2024.

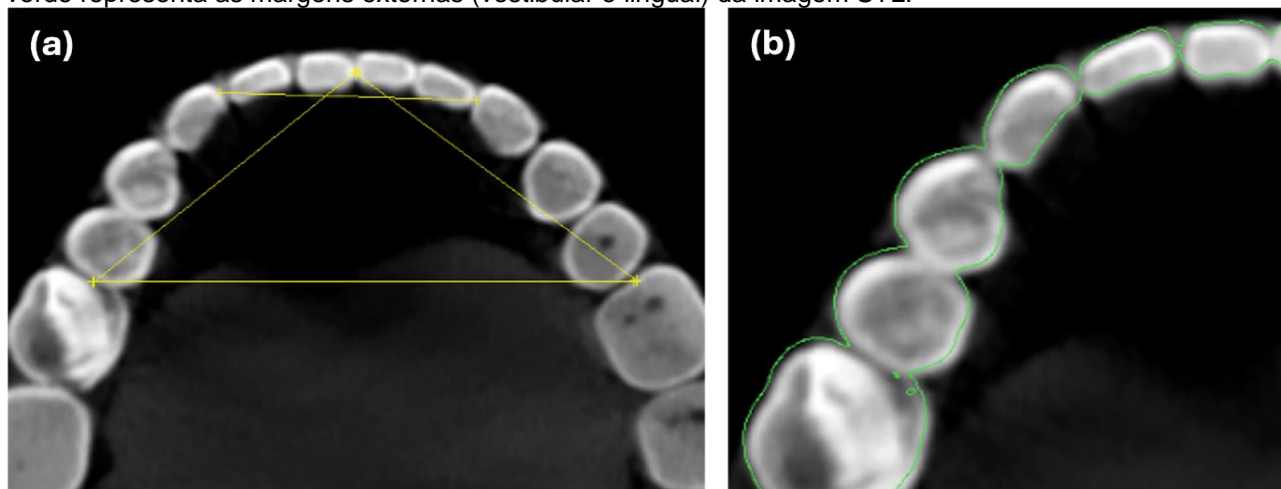
O escaneamento intraoral, por sua vez, foi realizado com o iTero 2 (Align Technology Inc, Israel) (**Figuras 1d e 1e**). O scanner intraoral iTero fornece um escaneamento de alta precisão e modelos digitais salvos em formato STL, arquivos que têm a possibilidade de serem enviados diretamente ao laboratório de prótese, com armazenamento na nuvem digital. Este tipo de IOS pode ser empregado tanto in-vivo (digitalização intraoral) e ex-vivo (escaneamento extraoral) para construir modelos essenciais para o diagnóstico e desenho do plano de tratamento (JABRI et al., 2021).

O volume de dados de imagem capturados pelos métodos de CBCT e IOS foram armazenados nos formatos DICOM e STL, respectivamente. Posteriormente, estes arquivos foram processados para reconstrução 3D e as imagens foram mensuradas através do software Blue Sky Plan (Blue Sky Bio LLC, Estados Unidos). Todas as avaliações foram realizadas em um único computador, visando uniformizar o sistema de avaliação, bem como variáveis de tamanho, resolução, brilho e contraste do monitor.

A reprodutibilidade dos modelos digitais foi analisada através da mensuração das distâncias entre pontos previamente determinados nos modelos digitais produzidos por CBCT e por IOS, e posteriormente comparados com as medidas dos modelos convencionais de gesso. Inicialmente dois avaliadores calibrados realizaram a análise dos modelos tridimensionais e as mensurações do modelo mestre.

As medidas pré-estabelecidas no modelo mestre foram entre os primeiros molares direito e esquerdo, entre os caninos direito e esquerdo e entre os primeiros molares e os incisivos centrais (**Figura 2a**). Estas medidas foram repetidas após 15 dias, para cálculo do índice de concordância de Kappa. Apenas após um índice de concordância de Kappa 70%, deu-se o início da mensuração dos arquivos digitais.

Figura 2 – (a) Imagem DICOM indicando as mensurações entre os primeiros molares direito e esquerdo, primeiros molares-incisivos e caninos direito e esquerdo realizadas nos modelos digitais e no modelo mestre; (b) Imagens DICOM e STL sobrepostas: a imagem DICOM corresponde aos tons de cinza, enquanto a linha verde representa as margens externas (vestibular e lingual) da imagem STL.



Fonte: Vasconcelos LER, et al., 2024.

Após a calibração, foi realizada mais uma etapa de mensuração: desta vez foram novamente medidas as distâncias entre os primeiros molares direito e esquerdo, entre os primeiros molares e os incisivos centrais, e entre os caninos direito e esquerdo, e também foram mensuradas a largura e a espessura dos primeiros molares, dos caninos e dos incisivos centrais (nos sentidos mesial-distal e vestibular-lingual/palatino). Cada uma das distâncias determinadas foi mensurada 10 vezes pelos dois avaliadores às cegas. As mesmas medidas foram realizadas no modelo de gesso com auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão), pelos dois avaliadores, também com 10 mensurações para cada distância.

Posteriormente, os arquivos DICOM e STL foram sobrepostos para comparação dos respectivos contornos dente a dente (para todos os elementos dentários). Nesta fase foram considerados os escores +1, 0 e -1 para registrar a ocorrência, respectivamente, de contração, coincidência ou expansão da imagem DICOM em relação à imagem STL, conforme observado na **Figura 2b**.

Os dados foram tabulados em planilha Excel (Microsoft, Estados Unidos) e analisados estatisticamente através do software SPSS Statistics 25.0.0 (IBM, Estados Unidos). Os resultados das variáveis numéricas foram expressos por média e desvio padrão (média \pm DP) e a variável categórica por frequências absolutas e percentuais. Para a comparação entre os três tipos de modelo foram utilizados os testes F (ANOVA) ou Kruskal-Wallis e na comparação entre os arcos foi utilizado o teste t-Student pareado ou Wilcoxon pareado.

Para avaliar a associação entre duas variáveis categóricas foi utilizado o teste Qui-quadrado de Pearson. A escolha dos testes F (ANOVA) e t-Student pareado ocorreram nas situações em que os dados ou a diferença entre os arcos apresentavam distribuição normal e os testes de Kruskal-Wallis ou Wilcoxon pareado no caso da rejeição da normalidade. A verificação da normalidade foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk. A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5%

RESULTADOS

Da **Tabela 1** se destaca que: as médias das diferenças foram reduzidos entre o modelo de Gesso e cada um dos outros dois modelos, sendo que a maior diferença ocorreu entre os modelos Gesso e Dicom na variável medial do incisivo direito no 1º molar direito superior, com valor 0,70 mais elevada no modelo de Gesso (34,41 x 33,71) e não foram registradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os três tipos de modelo. Entre os arcos foram registradas diferenças significativas nas distâncias entre caninos e medial do incisivo direito e medial do incisivo esquerdo e nas três variáveis em cada um dos modelos, as médias foram correspondentemente mais elevadas no arco superior do que no arco inferior. Na distância entre os 1º molares

as médias variaram de 46,31 a 46,47; entre os caninos as médias variaram de 21,67 a 21,81 no arco inferior e de 28,89 a 29,37 no arco superior; na distância medial do incisivo direito as médias variaram de 31,11 a 31,22 no arco inferior e de 33,71 a 34,44 no arco superior; as médias na distância medial do incisivo esquerdo as médias variaram de 30,98 a 31,12 no arco inferior e de 34,64 a 34,91 no arco superior.

Tabela 1 – Estatísticas das distâncias entre os pontos de referência, segundo o arco (superior e inferior) e o tipo de modelo.

Distâncias/Modelo	Tipo de modelo			
	Gesso (G)	DICOM (D)	STL	Valor de p
Média ± DP				
Entre os primeiros molares:	46,43 ± 0,40	46,37 ± 0,40	46,44 ± 0,53	p (1)= 0,707
Inferior	46,39 ± 0,51	46,31 ± 0,46	46,44 ± 0,65	p(1) = 0,766
Superior	46,47 ± 0,25	46,42 ± 0,32	46,45 ± 0,39	p(1) = 0,887
Valor de p	P (3) = 0,459	P (3) = 0,401	P (3) = 0,919	-
Entre os caninos:	25,52 ± 3,91	25,28 ± 3,86	25,46 ± 3,95	p(2) = 0,531
Inferior	21,67 ± 0,30	21,67 ± 0,45	21,81 ± 0,36	p(1) = 0,427
Superior	29,37 ± 0,25	28,89 ± 1,72	29,11 ± 1,97	p(2) = 0,065
Valor de p	p(4) < 0,001*	p(4) < 0,001*	p(4) < 0,001*	-
1° molar direito/ mesial do incisivo direito:	32,77 ± 1,82	32,41 ± 2,28	32,83 ± 1,85	p(2) = 0,694
Inferior	31,14 ± 0,92	31,11 ± 1,03	31,22 ± 0,91	p(2) = 0,864
Superior	34,41 ± 0,56	33,71 ± 2,46	34,44 ± 0,88	p(2) = 0,519
Valor de p	p(3) < 0,001*	p(4) = 0,001*	p(4) < 0,001*	-
1° molar esquerdo/ mesial do incisivo esquerdo:	32,94 ± 2,11	32,83 ± 2,11	32,98 ± 2,07	p(2) = 0,878
Inferior	30,98 ± 0,84	31,02 ± 0,84	31,12 ± 0,88	p(2) = 0,808
Superior	34,91 ± 0,58	34,64 ± 1,22	34,85 ± 0,83	p(2) = 0,818
Valor de p	p(3) < 0,001*	p(4) < 0,001*	p(4) < 0,001*	-

Nota: (*) Diferença significativa ao nível de 5,0%; (1) Teste F(ANOVA) entre o tipo de modelo; (2) Teste Kruskal Wallis entre o tipo de modelo; (3) Teste t-Student pareado; (4) Teste Wilcoxon pareado.

Fonte: Vasconcelos LER, et al., 2024.

Da Tabela 2 se enfatiza que: a maior média da largura diferença entre os modelos ocorreu Gesso e STL no incisivo central direito superior com valor 0,20 (3,68 x 3,48) e não foram registradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os modelos para nenhuma das variáveis analisadas. Diferenças significativas entre os arcos foram verificadas em todas as variáveis em cada um dos modelos, sendo que as médias no arco superior foram correspondentes mais elevadas no arco superior do que inferior.

Na variável incisivo central superior a média variou de 1,93 a 2,07 no arco inferior e de 3,48 a 3,68 no arco superior; na largura do incisivo central esquerdo as médias variaram de 1,93 a 2,02 no arco inferior e de 3,12 a 3,24 no arco superior; na largura do canino direito as médias oscilaram de 3,53 a 3,61 no arco inferior e de 5,55 a 5,65 no arco superior; no canino esquerdo a 3,64 a 3,76 no arco inferior e de 4,83 a 4,95 no arco superior; na medida do primeiro molar direito as médias variaram de 9,00 a 9,09 no arco inferior e de 9,31 a 9,40 no arco superior; no primeiro molar as médias variaram 8,90 a 9,06 no arco inferior e de 9,41 a 9,47 no arco superior. Porém, essas medidas são justificadas pelas particularidades anatômicas dos dentes superiores e inferiores.

Tabela 2 – Estatísticas das larguras vestibulo-lingual dos incisivos centrais, caninos e primeiros molares, segundo o arco (superior e inferior) e o tipo de modelo.

Larguras V-L	Tipo de modelo			
	Gesso (G)	DICOM (D)	STL	Valor de p
Média ± DP				
Incisivo central direito:	,85 ± 1,15	2,73 ± 1,17	2,77 ± 1,10	p ⁽¹⁾ = 0,710
Inferior	2,03 ± 0,41	1,93 ± 0,42	2,07 ± 0,43	p ⁽¹⁾ = 0,395
Superior	3,68 ± 1,06	3,54 ± 1,14	3,48 ± 1,12	p ⁽¹⁾ = 0,684

Valor de p	p ⁽³⁾ < 0,001*	p ⁽³⁾ < 0,001*	p ⁽³⁾ < 0,001*	-
Incisivo central esquerdo:	2,62 ± 0,96	2,57 ± 1,00	2,57 ± 0,93	p ⁽¹⁾ = 0,870
Inferior	2,01 ± 0,45	1,93 ± 0,40	2,02 ± 0,45	p ⁽²⁾ = 0,783
Superior	3,24 ± 0,94	3,21 ± 1,02	3,12 ± 0,97	p ⁽¹⁾ = 0,952
Valor de p	p ⁽⁴⁾ < 0,001*	p ⁽³⁾ < 0,001*	p ⁽³⁾ < 0,001*	-
Canino direito:	4,63 ± 1,29	4,54 ± 1,34	4,62 ± 1,30	p ⁽¹⁾ = 0,816
Inferior	3,61 ± 0,42	3,53 ± 0,35	3,60 ± 0,39	p ⁽¹⁾ = 0,744
Superior	5,65 ± 1,02	5,55 ± 1,18	5,63 ± 1,08	p ⁽¹⁾ = 0,944
Valor de p	p ⁽⁴⁾ < 0,001*	p ⁽⁴⁾ < 0,001*	p ⁽³⁾ < 0,001*	-
Canino esquerdo:	4,33 ± 0,84	4,23 ± 0,89	4,32 ± 0,85	p ⁽¹⁾ = 0,740
Inferior	3,71 ± 0,39	3,64 ± 0,44	3,76 ± 0,35	p ⁽¹⁾ = 0,575
Superior	4,95 ± 0,70	4,83 ± 0,83	4,87 ± 0,84	p ⁽¹⁾ = 0,552
Valor de p	p ⁽⁴⁾ < 0,001*	p ⁽⁴⁾ < 0,001*	p ⁽³⁾ < 0,001*	-
Primeiro molar direito:	9,23 ± 0,32	9,15 ± 0,35	9,24 ± 0,39	p ⁽¹⁾ = 0,345
Inferior	9,08 ± 0,20	9,00 ± 0,25	9,09 ± 0,30	p ⁽¹⁾ = 0,158
Superior	9,39 ± 0,34	9,31 ± 0,38	9,40 ± 0,41	p ⁽²⁾ = 0,713
Valor de p	p ⁽³⁾ < 0,001*	p ⁽³⁾ = 0,004*	p ⁽³⁾ = 0,004*	-
Primeiro molar esquerdo:	9,21 ± 0,47	9,17 ± 0,52	9,24 ± 0,44	p ⁽²⁾ = 0,840
Inferior	8,96 ± 0,36	8,90 ± 0,45	9,06 ± 0,32	p ⁽¹⁾ = 0,259
Superior	9,47 ± 0,42	9,45 ± 0,45	9,41 ± 0,48	p ⁽²⁾ = 0,915
Valor de p	p ⁽⁴⁾ = 0,008*	p ⁽³⁾ = 0,005*	p ⁽³⁾ = 0,005*	-

Nota: (*) Diferença significativa ao nível de 5,0%; (1) Teste Kruskal Wallis; (2) Teste F(ANOVA); (3) Teste t-Student pareado; (4) Teste Wilcoxon pareado.

Fonte: Vasconcelos LER, et al., 2024.

Ao sobrepor os modelos digitais DICOM e STL, foram analisadas as diferenças de sobrecontorno dos incisivos, caninos, pré-molares e molares, sendo atribuídos escores -1, 0 ou +1 quando observadas contração, coincidência ou expansão, respectivamente, do DICOM em relação ao STL. Estes dados são apresentados na **Tabela 3**, que evidencia a diferença estatisticamente significativa entre os modelos digitais, quando considerados os dentes e as faces (vestibular e lingual).

Tabela 3 – Avaliação das diferenças entre os modelos STL e DICOM sobrepostos.

Variável	Contração (-1)	Coincidência (0)	Expansão (+1)	Total	Valor de p
n (%)					
Grupo Total	185 (16,5)	623 (55,6)	312 (27,9)	1120 (100,0)	-
Arco					
Superior	91 (16,3)	306 (54,6)	163 (29,1)	560 (100,0)	p ⁽¹⁾ = 0,647
Inferior	94 (16,8)	317 (56,6)	149 (26,6)	560 (100,0)	
Face					
Vestibular	38 (6,8)	316 (56,4)	206 (36,8)	560 (100,0)	p ⁽¹⁾ < 0,001*
Lingual	147 (26,3)	307 (54,8)	106 (18,9)	560 (100,0)	
Grupo de dentes					
Incisivos	75 (23,4)	177 (55,3)	68 (21,3)	320 (100,0)	p ⁽¹⁾ < 0,001*
Caninos	28 (17,5)	85 (53,1)	47 (29,4)	160 (100,0)	
Pré-molares	33 (10,3)	180 (56,3)	107 (33,4)	320 (100,0)	
Molares	49 (15,3)	181 (56,6)	90 (28,1)	320 (100,0)	

Nota: (*) Associação significativa ao nível de 5,0%; (1) Teste Qui-quadrado de Pearson.

Fonte: Vasconcelos LER, et al., 2024.

DISCUSSÃO

No âmbito do alto interesse do mercado odontológico pelas tecnologias digitais aplicadas à rotina clínica, o designo deste estudo é trazer informações sobre veracidade e distorções que podem variar de acordo com a técnica a ser realizada pelo profissional, seja ela de modo convencional, seja de modo digital, IOS ou CBCT. A escolha de novos métodos de obtenção de imagem se dá, principalmente, pelo aumento de sua aplicação e por representarem o paciente digital, principalmente quando a impressão convencional não é possível. Os

moldes para obtenção de modelos de gesso convencionais são passíveis de sofrer alterações dimensionais, desde que não se encontrem em condições ideais, ou que não siga as recomendações dadas pelo fabricante (MANGANICO, et al, 2018).

Para moldagem com materiais elastoméricos, que visam maior precisão na reprodução das estruturas copiadas, por exemplo, a literatura mostra que o ambiente bucal deve estar seco, visto que a saliva pode interferir no resultado final, da mesma forma, o operador pode influenciar no resultado, dito isto, faz-se necessária uma calibração prévia dos operadores e seleção de pontos anatômicos para mensuração. Além disto, outros fatores influenciam na aquisição do molde, como limitação de abertura bucal, ou ânsia de vômito. Por sua vez, a incrementação da tecnologia na odontologia traz conforto, rapidez e facilidade para o paciente e cirurgião-dentista, trazendo uma experiência agradável para o paciente (REVELL G, et al, 2021).

Ao analisar as medições obtidas a partir dos modelos digitais de IOS e CBCT do presente estudo, as distâncias (primeiro molar esquerdo a primeiro molar direito, entre os caninos direito e esquerdo, mesial do 1° molar a mesial do incisivo central) e larguras (vestíbulo-distal dos primeiros molares, caninos e incisivos centrais) determinadas não mostraram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os modelos de gesso e digitais. É possível observar diferenças entre os arcos superiores e inferiores, porém, são diferenças compatíveis entre os arcos, visto que cada um tem suas características e dimensões próprias. Entretanto, quando comparamos os modelos digitais entre si, sobrepondo o DICOM e STL, com o intuito de analisar o sobrecontorno das faces vestibular e lingual, é possível observar que existe diferença estatística entre os mesmos.

O estudo de FREITAS BN, et al. (2023) sobre o aspecto de precisão e detalhamento revelou que tanto o IOS, como a CBCT, são eficazes para representar o paciente no formato digital, mostra ainda, que o IOS tende a oferecer maior reprodução das características dentárias, já a CBCT mostra ser mais eficaz para capturar a estrutura óssea adjacente. Mostrando que os resultados desta pesquisa se enquadram com os achados encontrados. O estudo de KOMURO A, et al. (2021) confirmou que o escaneamento intraoral fornece resultados mais consistentes e com menor variação dimensional em comparação ao CBCT quando se trata de criar modelos digitais. Trazendo resultados semelhantes a este estudo.

O estudo de FERRARO JM, et al (2022) mostrou que, quando impressos os modelos 3D obtidos a partir da CBCT, podem apresentar erros dimensionais e distorções. Erros, estes, atribuídos às limitações de resolução da CBCT ou da conversão e impressão dos modelos 3D. Contradizendo com os resultados achados, porém, as discrepâncias podem ser explicadas pela diferença de máquinas utilizadas para aquisição da imagem, ou pode ser explicado também pela conversão do modelo digital no formato 3D, podendo ocasionar erros dimensionais.

Vale ressaltar que o limite de acurácia clinicamente aceito pode variar, dependendo da aplicação clínica em Odontologia, conforme preconizado por FREITAS BN, et al. (2022). As diferenças apresentadas no presente estudo não são clinicamente significativas, tampouco afetariam seu uso em modelos de diagnóstico, como na ortodontia, por exemplo (FERRARO JM, et al, 2022). Contudo, quando do planejamento de tratamentos que requerem maior acurácia, a exemplo de moldagens de trabalho para tratamentos reabilitadores, a indicação dos modelos deve ser considerada com cautela.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados do presente estudo, não houve diferença entre os modelos de gesso e os modelos digitais quando comparadas as distâncias entre os pontos de referência (entre os primeiros molares direito e esquerdo, entre os caninos direito e esquerdo, da mesial dos primeiros molares à mesial dos incisivos centrais); também não houve diferença entre a largura vestibulo-lingual dos dentes quando comparados os modelos de gesso, DICOM e STL. Ao sobrepor os modelos digitais DICOM e STL, porém, foram verificadas diferenças de sobrecontorno quando considerados os grupos de dentes (incisivos, caninos, pré-molares e molares) e as faces (vestibular e lingual ou palatina). Diante do que foi exposto neste trabalho, quando comparado com a literatura, os modelos digitais têm conquistado espaço crescente na rotina clínica

odontológica, trazendo conforto e segurança para o paciente devido sua praticidade. Todavia, devem ser considerados com cautela quando da necessidade de planejamentos que requerem grande precisão.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Este trabalho foi realizado no âmbito do Programa Institucional de Iniciação Científica (INICIA) da ASCES-UNITA, com apoio através de bolsa de estudos. Os autores agradecem à Clínica de Radiologia Especializada DocFace, pela disponibilidade de realização dos exames de imagem e ao laboratório de Pesquisa Biofotônica e Materiais Aplicados à Saúde por fornecer o espaço para construção e pesquisa do artigo.

REFERÊNCIAS

1. DAVIS TA, et al. Quantitative Performance Characterization of Radiation Dose for the Carestream CS9600 Cone-Beam Computed Tomography Machine. *Journal of Endodontics*. 2020; 47(1): 78-87.
2. DIKER B e TAK O. Accuracy of six intraoral scanners for scanning complete-arch and 4-unit fixed partial dentures: an in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2021.
3. EMARA A, et al. Comparative Evaluation of Digitization of Diagnostic Dental Cast (Plaster) Models Using Different Scanning Technologies. *Dentistry journal*. 2020; 8: 379.
4. FERRARO JM, et al. Accuracy of three-dimensional printed models derived from cone-beam computed tomography. *The Angle Orthodontist*, 2022.
5. FREITAS BN, et al. Comparison of intraoral scanning and CBCT to generate digital and 3D-printed casts by fused deposition modeling and digital light processing. *Journal of Dentistry*. 2022; 128: 2-9.
6. GOMES ICF, et al. Moldagem convencional x Moldagem digital: onde estamos e para onde vamos. *Revista Pró-univerSUS*, 2021; 12(1): 54-59.
7. JABRI MA, et al. Uma visão geral sobre a veracidade do sistema de digitalização digital intraoral e utilização do scanner iTero para análise de modelos de estudo ortodôntico tanto In-Vivo quanto Ex-Vivo. *Jornal nigeriano de prática clínica* 2021; 24 (1): 1-7.
8. KAASALAINEN T, et al. Dental cone beam CT: An updated review. *Physica medica*, 2021; 88: 193-217.
9. KIHARA H, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review." *Journal of Prosthodontic Research*. 64(2): 109-113.
10. KOMURO A, et al. Accuracy and dimensional reproducibility by model scanning, intraoral scanning, and CBCT imaging for digital implant dentistry. *International Journal Of Implant Dentistry*, 2021; 7(1).
11. LIMA MBB, et al. Comparação de diferentes técnicas de moldagem com silicone de adição—estudo in vitro. *Revista Odontológica do Brasil Central*, 2019; 28(85): 62-67.
12. MANGANO C, et al. Combinando varreduras intraorais, tomografia computadorizada de feixe cônico e varreduras faciais: o paciente virtual. *Journal of Craniofacial Surgery*, 2018; 2241–2246.
13. MASSARO C, et al. Comparison of linear and angular changes assessed in digital dental models and cone-beam computed tomography. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 2020; 23(1).
14. MOREIRA LMYA. Precisão dos escaneamentos intraorais e modelos 3D, com diferentes escâneres e softwares: revisão sistemática. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2022.
15. MOURA IG e PASINI M. O uso do scanner intraoral na odontologia: revisão de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em odontologia) - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2020; 18.
16. PEGORARO LF. Prótese Fixa: Bases Para o Planejamento em Reabilitação Oral. São Paulo: Artes médicas, 2013; 2: 487.
17. PINARGOTE NWS, et al. Materials and Methods for All-Ceramic Dental Restorations Using Computer-Aided Design (CAD) and Computer-Aided Manufacturing (CAM) Technologies-A Brief Review. *Dentistry journal*, 2024; 12(3): 47.
18. PRACTICAL NONPARAMETRIC STATISTICS WJ. Conover Second Edition Editora John Wiley & amp; Sons - New York Texas Tech University, 1980; 495.

19. PRACTICAL STATISTICS FOR MEDICAL RESEARCH DOUGLAS G. Altman Chapman and Hall, Great Britain, London. 1991; 611.
20. QUEIROZ FRL. Modelos odontológicos digitais: o fim da era do modelo de gesso? Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em odontologia) - Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, São Luís, 2021; 42.
21. QUEIROZ ME, et al. Evaluation of the Physical-Mechanical Properties of Type IV Gypsum. *Journal of Health Sciences*, 2021; 23(1): 7-11.
22. REVELL G, et al. Avaliação do escaneamento de implante de arco completo com 5 scanners intraorais diferentes em termos de veracidade e experiência do operador. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2021.
23. SURYAJAYA W, et al. Accuracy of digital dental models and three-dimensional printed dental models in linear measurements and Bolton analysis. *F1000Research*, 2021; 10(180): 318652.
24. TOMITA Y, et al. Accuracy of digital modelos generated by conventional impression/plaster-model methods and intraoral scanning. *Dental materials journal*. 2018; 37(4).
25. YEUNG M, et al. Accuracy and precision of 3D-printed implant surgical guides with different implant systems: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2019; 123(6).