

Avaliação da acurácia e confiabilidade de modelos digitais por escaneamento do modelo de gesso

Evaluation of the accuracy and reliability of digital models by scanning the plaster cast

Leonardo Tavares Camardella¹, Jonathas Martins de Souza²,
Beatriz de Souza Vilella³, Oswaldo de Vasconcelos Vilella³



Prêmio Jovem Pesquisador
Revista OrtodontiaSPO
Integração de aspectos clínicos e científicos em
Ortodontia e Ortopedia Funcional dos Maxilares.

RESUMO

Introdução: o objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia e a confiabilidade de medições feitas em modelos digitais obtidos com um scanner a laser de superfície (R700; 3Shape, Copenhagen, Dinamarca). **Material e métodos:** foram selecionados 30 modelos ortodônticos de gesso de dentições permanentes. As medições foram realizadas por três examinadores com um paquímetro digital, diretamente sobre os modelos de gesso, e digitalmente, através do programa Ortho Analyser (3Shape, Copenhagen, Dinamarca), nos modelos digitais. Determinaram-se 62 medidas, incluindo diâmetro e altura dentária, overjet, overbite, distâncias intercanino e intermolar, e relação sagital bilateral. Utilizou-se o teste t pareado para avaliar o erro intraexaminador e a acurácia das medições nos modelos digitais. Avaliou-se a reprodutibilidade entre os examinadores por meio do coeficiente de correlação intraclasse e a confiabilidade pelo teste de Bland e Altman. **Resultados:** apesar de existirem diferenças estatisticamente significantes entre as medições realizadas entre os modelos de gesso e os digitais, as discrepâncias foram consideradas clinicamente não significantes. Tanto os modelos de gesso quanto os modelos digitais apresentaram altos valores no coeficiente de correlação intraclasse entre os examinadores. **Conclusão:** os modelos digitais por escaneamento do modelo de gesso, utilizando o scanner R700 e o programa Ortho Analyser, podem ser utilizados com acurácia clinicamente aceitável e uma excelente confiabilidade e reprodutibilidade. Os modelos digitais podem substituir os modelos de gesso com segurança.

Unitermos – Arco dentário; Modelos anatômicos; Modelos digitais; Ortodontia.

ABSTRACT

Introduction: the aim of this study was to evaluate the accuracy and reliability of measurements made on digital models obtained with a laser scanner surface (R700; 3Shape, Copenhagen, Denmark). **Material and methods:** thirty orthodontic plaster models of permanent dentition were selected. The measurements were performed by three examiners with a digital caliper directly on the plaster casts and digitally, through Ortho Analyser software (3Shape, Copenhagen, Denmark), in digital models. It was determined sixty two measures, including diameter and tooth height, overjet, overbite, intercanino and intermolar distances and bilateral sagittal relationship. It was used paired t test to assess intra-examiner error and the accuracy of measurements in digital models. It was evaluated the reproducibility between examiners using the intraclass correlation coefficient and reliability by Bland and Altman test. **Results:** although there were significant differences between the plaster casts and the digital models measurements, the discrepancies were considered clinically insignificant. Plaster casts and digital models showed high values of intraclass correlation coefficient among examiners. **Conclusion:** digital models by scanning plaster cast using the R700 scanner and Ortho Analyser software can be used with clinically acceptable accuracy and excellent reliability and reproducibility. Digital models can replace the plaster models safely.

Key words – Dental arch; Anatomical models; Digital models; Orthodontics.

¹Mestre em Ortodontia – Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB/USP); Doutorando em Clínica Odontológica – Universidade Federal Fluminense (UFF); Professor da escola de pós-graduação em Ortodontia – Smile Odontologia, Niterói/RJ.

²Cirurgião-dentista – Universidade Federal Fluminense (UFF); Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – Pibic-CNPq.

³Professores doutores da disciplina de Ortodontia – Universidade Federal Fluminense (UFF).

| Introdução

Os modelos de gesso perpetuam, ao longo do tempo, as condições morfológicas da oclusão do paciente, captadas em um determinado momento. Isto possibilita, além do diagnóstico e do plano de tratamento, infinitas comparações, estabelecendo uma análise dinâmica da evolução dos casos clínicos. A possibilidade de se digitalizar os modelos de gesso, ou mesmo de escanear os dentes diretamente da boca do paciente, é um recurso que está se tornando uma rotina na clínica ortodôntica. No ano de 2014, 35% dos programas de pós-graduação em Ortodontia dos EUA e Canadá utilizavam modelos de estudo digitais na maioria dos casos tratados em seus programas, com uma tendência de aumento em sua utilização no futuro¹.

As principais vantagens do modelo digital são: precisão, rapidez na obtenção de dados para o diagnóstico^{2,3}, facilidade de armazenamento^{4,11} e a possibilidade de transferência de informações através dos meios de comunicação virtual^{5,7,13}. Além disso, com os modelos digitais, não existe a necessidade de duplicação do molde, o que oferece uma economia de tempo e material¹². Os modelos digitais eliminam a necessidade de espaço para estoque¹⁰, pois eles podem ser armazenados em HDs, *pendrives*, CDs, DVDs, dentre outros, na forma de *backups*, além de permitir a realização de análises ortodônticas de modo mais fácil e confeccionar *setups* virtuais.

Algumas desvantagens do uso de modelos digitais para os ortodontistas seria o custo de confecção, a falta de familiarização na análise de modelos ortodônticos digitais, incapacidade de montagem no articulador e impossibilidade de tato¹. Além disso, como são arquivos, os modelos digitais podem ser apagados do computador acidentalmente ou danificados por vírus, e o ortodontista pode perdê-los para sempre, caso não tenha uma cópia armazenada em um HD externo, por exemplo.

Os modelos digitais podem ser adquiridos pelo método indireto por escaneamento a laser de modelos de gesso e moldagens, e pelo método direto por escaneamento a laser intrabucal ou pela tomografia de feixe cônico do paciente. O escaneamento dos modelos de gesso é um dos métodos mais utilizados para a confecção dos modelos digitais e, com o intuito de validar sua utilização na rotina clínica ortodôntica, há na literatura diversos trabalhos que avaliaram a acurácia e a confiabilidade dos modelos digitais por escaneamento dos modelos de gesso. A grande parte dos estudos presentes na literatura não verificou diferenças estatisticamente significantes nas medidas dos modelos digitais^{2-3,9,14-16}, ou encontraram diferenças estatisticamente significantes, mas não clinicamente

significantes^{4,8,11-13,17-21}, enquanto outros estudos encontraram diferenças clinicamente significantes^{10,22}.

Diversos estudos que compararam os modelos de gesso com modelos digitais concluíram que podem ser obtidas medições confiáveis para a distância intermolar e intercanino^{2,14,16-17,20}, diâmetro mesiodista^{2,12,14,17,20}, altura da coroa²³, *overjet*^{9,14,17}, *overbite*^{9,14} e comprimento do arco^{16,17}. Esses estudos concluíram que os modelos digitais são clinicamente aceitáveis, apesar da ocorrência de algumas diferenças estatisticamente significantes com diferenças médias entre 0,03 a 0,4 mm. Especula-se que possíveis causas da variabilidade de resultados entre os diferentes estudos podem ser em virtude de erros de técnica do examinador²⁴, propriedade dos materiais^{10,24} e as inevitáveis diferenças entre os programas utilizados.

Embora não haja padrões universais para definir a precisão de um modelo em Ortodontia, geralmente é aceito que uma medição com precisão de até 0,10 mm é adequada para fins clínicos e não compromete o valor de um modelo como ferramenta diagnóstica¹⁵. Entretanto, vários estudos comparando modelos de gesso com modelos digitais atestaram que uma diferença de medição inferior a 0,20 mm é clinicamente aceitável, por ser praticamente idêntica à confiabilidade determinada por medições manuais^{4,6,9,18,20}. Para medidas transversais como distâncias intercaninos ou intermolares, diferenças até 0,4 mm foram consideradas com pouca relevância clínica^{6,24}. Outros autores^{21,23} consideraram diferenças de até 0,5 mm como clinicamente insignificantes.

Em todo o mundo, existem diversas empresas que disponibilizam modelos digitais com diversos modelos de *scanners* e programas de visualização, sendo que a grande maioria ainda não está disponível no Brasil. Os estudos que verificaram o grau de precisão e confiabilidade de medidas de modelos digitais com seus respectivos programas de medição, em sua grande maioria, avaliaram modelos digitais de empresas americanas, como a Cadent (OrthoCAD)^{3,5-6,13-14,16,18,21-22} e GeoDigm Corporation Inc (E-models)^{4,7,9,12}, e dinamarquesa, como a 3Shape (OrthoAnalyser)¹⁹. Quase todos os métodos foram considerados como confiáveis e precisos, com exceção de poucos estudos²².

Somente um trabalho¹⁹ avaliou o grau de acurácia e confiabilidade de modelos digitais unindo um *scanner* e programas de visualização utilizados também no Brasil. No entanto, seu principal objetivo foi verificar a influência do tempo pós-moldagem na precisão do modelo digital. O objetivo deste trabalho foi verificar se os modelos digitais por escaneamento do modelo de gesso apresentam a acurácia e a confiabilidade necessária para serem aplicados por ortodontistas brasileiros.

Material e Métodos

Realizou-se um cálculo amostral utilizando a fórmula descrita por Pandis²⁵, considerando um poder de teste de 90%, α de 0,05, diferença a ser detectada de 1 mm e desvio-padrão de 1,16 mm, por meio de um estudo-piloto prévio com dez indivíduos. O cálculo amostral revelou a necessidade de uma amostra composta por, pelo menos, 29 indivíduos. Portanto, selecionou-se um total de 30 voluntários para a pesquisa.

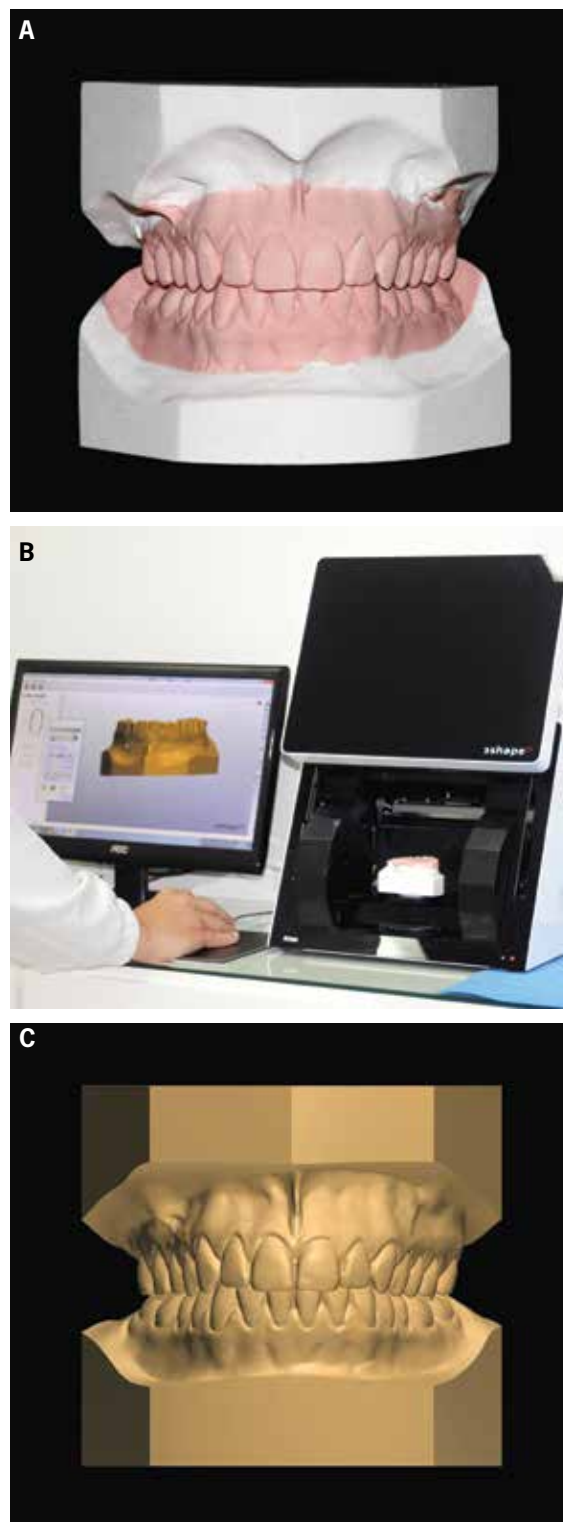
Os voluntários possuíam idade entre 21 e 39 anos, com média de 27,73 anos. Todos foram informados sobre a pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense (UFF), sob o número 221.664.

Os critérios de inclusão da amostra foram os seguintes: presença de dentição permanente com todos os dentes totalmente irrompidos (no mínimo até primeiros molares permanentes superiores e inferiores); ausência de anomalias de número, tamanho e forma; presença de dentes sem recessões, abrasões, atrições e erosões acentuadas; presença de dentes sem cáries ou restaurações que comprometessem o diâmetro mesiodistal de suas coroas dentárias; e ausência de contenção ortodôntica fixa.

Para a confecção dos modelos de gesso, foi realizada a moldagem do arco superior e inferior dos voluntários com alginato da marca Hydrogum (Zhermack, BadiaPolesine, Rovigo, Itália), seguindo as orientações do fabricante. Posteriormente, foi obtido o registro da mordida com Cera 7 para auxiliar o recorte dos modelos. Aguardou-se um tempo de 20 minutos antes de vazarem o gesso, para o alginato terminar sua presa e, após este período, procedeu-se ao vazamento do gesso em um período máximo de uma hora após a obtenção da moldagem. Os dentes e o rebordo alveolar foram vazados com gesso tipo IV da marca Vigodent (Rio de Janeiro, Brasil) para assegurar maior fidelidade ao modelo, e a base foi vazada com gesso branco Mossoró. Os modelos foram recortados segundo recomendações presentes na literatura²⁶ (Figura 1A).

Os modelos de gesso foram considerados como padrão-ouro para as medições realizadas neste trabalho. Diversos trabalhos consideraram os modelos de gesso como padrão-ouro para a medição dos diâmetros mesiodistais dos dentes, além da determinação da discrepância intra-arco e do cálculo da discrepância de Bolton^{6,9,24}.

Os modelos dos voluntários da amostra foram escaneados com o scanner R700 da empresa 3Shape, que utiliza o



Figuras 1
Preparação do modelo digital. Modelo de gesso (A), escaneamento do modelo de gesso superior (B), modelo digital (C).

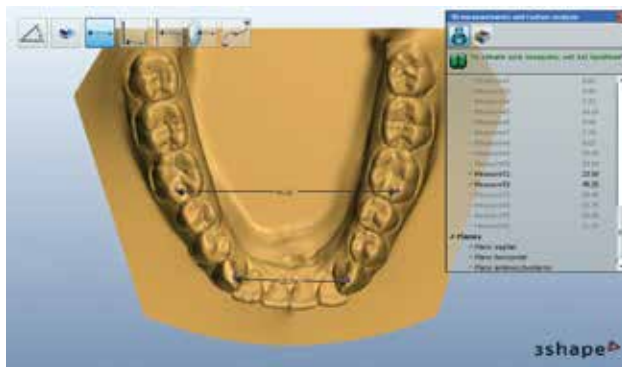


Figura 2 – Medição com paquímetro da distância intermolar inferior no modelo de gesso.



Figura 3 – Medição da distância intercanino e intermolar inferior no modelo digital com o programa Ortho Analyser (3Shape).

método de escaneamento não destrutivo (Figura 1B). Durante o processo de digitalização, a plataforma do scanner move o modelo, para que o laser o atinja em vários ângulos. A luz é projetada sobre o modelo, e as câmeras capturam sua reflexão. Para o escaneamento dos modelos, foi utilizado o programa Scan it Orthodontics, da empresa 3Shape. A sequência de escaneamento dos modelos consistiu em escanear o modelo superior, em seguida o modelo inferior e, posteriormente, os modelos ocluídos, para obter a relação interarcos dos modelos digitais, ajuste sagital, vertical e transversal da intercuspidação, acabamento e criação das bases virtuais superior e inferior (Figura 1C).

Definiram-se para análise 62 medidas, que possuíam relevância clínica, em cada par de modelos, incluindo diâmetro e altura dos dentes, medidas transversais (distância intercanino e intermolar superior e inferior) e medidas de

relacionamento interarcos (*overjet*, *overbite* e relação sagital direita e esquerda), Quadro 1.

Três examinadores devidamente treinados e calibrados realizaram as medições do estudo nos modelos de gesso e digitais. Entre os examinadores, havia um estudante de graduação em Odontologia, um aluno de mestrado em Ortodontia e um aluno de doutorado em Clínica Odontológica. Os modelos de gesso foram medidos com paquímetro da marca Starrett (Itú, São Paulo, Brasil), que possui uma acurácia de centésimos de milímetros (Figura 2), enquanto os modelos digitais foram medidos com o programa Ortho Analyser, da empresa 3Shape (Figura 3).

Para o cálculo do erro do método, após 15 dias as medições foram repetidas por todos os examinadores em um terço da amostra, selecionada de forma aleatória, tanto nos modelos de gesso quanto nos digitais. Foi utilizado o teste *t* pareado para a realização do erro intraexaminador, e os resultados foram considerados significantes com um valor de *p* menor do que 0,05 (Tabela 1). Por não existir diferença significativa intraexaminador, a média entre os três examinadores foi utilizada para ambos os métodos.

| Análise estatística

A análise estatística do estudo foi realizada por meio do programa SPSS, versão 20.0 (IBM, EUA). O teste *t* pareado foi utilizado para comparar os modelos de gesso e digitais pelos três examinadores. O coeficiente de correlação intraclassa (CCI) avaliou a reprodutibilidade de medidas entre os examinadores em cada tipo de modelo. Utilizou-se o teste Bland e Altman para avaliar a confiabilidade das medidas comparando os modelos de gesso e modelos digitais entre os três examinadores. Os resultados foram considerados significantes com um valor de *p* menor do que 0,05.

| Resultados

A análise da reprodutibilidade dos três examinadores revelou um alto CCI, tanto entre as medidas do modelo de gesso, quanto nos modelos digitais por escaneamento do modelo de gesso. O menor valor de CCI entre os examinadores nos modelos de gesso foi de 0,775, e entre os modelos digitais foi de 0,521. No entanto, do total de 62 variáveis, o CCI foi maior do que 0,850 em 56 mensuradas nos modelos de gesso, e em 50 mensuradas nos modelos digitais (Tabela 2).

Utilizou-se o teste *t* pareado, em cada examinador, para comparar os modelos de gesso e os modelos digitais. Foram

QUADRO 1 – DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS UTILIZADAS

| Medida | Sigla | Definição |
|--|------------------|---|
| Diâmetro mesiodistal | DMD | Maior diâmetro mesiodistal do ponto de contato mesial ao ponto de contato distal, paralelo ao plano oclusal, de primeiro molar a primeiro molar superior e inferior. |
| Soma seis dentes superiores | Soma seis sup. | Soma do diâmetro dos seis dentes anteriores superiores. |
| Soma 12 dentes superiores | Soma 12 sup. | Soma do diâmetro dos 12 dentes superiores. |
| Soma seis dentes inferiores | Soma seis inf. | Soma do diâmetro dos seis dentes anteriores inferiores. |
| Soma 12 dentes inferiores | Soma 12 inf. | Soma do diâmetro dos 12 dentes inferiores. |
| Altura da coroa | ALT | Medida da borda incisal ou ponta de cúspide à margem gengival mais inferior, a partir do eixo vestibular de cada coroa clínica (Andrews), de primeiro molar a primeiro molar superior e inferior. |
| Distância intercanino superior | DIC sup. | Distância compreendida entre a ponta de cúspide do canino superior esquerdo à ponta de cúspide do canino superior direito. |
| Distância intermolar superior | DIM sup. | Distância compreendida entre a ponta da cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior esquerdo à ponta de cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior direito. |
| Distância intercanino inferior | DIC inf. | Distância compreendida entre a ponta de cúspide do canino inferior esquerdo à ponta de cúspide do canino inferior direito. |
| Distância intermolar inferior | DIM inf. | Distância compreendida entre a ponta da cúspide mesiovestibular do primeiro molar inferior esquerdo à ponta de cúspide mesiovestibular do primeiro molar inferior direito. |
| Overjet | Overjet | Distância do meio da borda incisal mais próximo à face vestibular do incisivo central superior direito à face vestibular do incisivo inferior antagonista, paralelo ao plano oclusal. |
| Overbite | Overbite | Distância vertical entre o ponto onde a borda incisal do incisivo central superior direito se sobrepõe à face vestibular do incisivo inferior antagonista até a sua respectiva borda incisal. |
| Relação sagital interarcos direita 1 | Rel. sag. dir. 1 | Distância da ponta de cúspide do canino superior direito até o ponto onde a cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior direito oclui com o arco inferior. |
| Relação sagital interarcos esquerda 1 | Rel. sag. esq. 1 | Distância da ponta de cúspide do canino superior esquerdo até o ponto onde a cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior esquerdo oclui com o arco inferior. |
| Relação sagital interarcos direita 2 | Rel. sag. dir. 2 | Distância da ponta de cúspide do canino superior direito até o ponto de encontro entre a margem cervical e o prolongamento do sulco mesiovestibular do primeiro molar inferior direito. |
| Relação sagital interarcos esquerda 2 | Rel. sag. esq. 2 | Distância da ponta de cúspide do canino superior esquerdo até o ponto de encontro entre a margem cervical e o prolongamento do sulco mesiovestibular do primeiro molar inferior esquerdo. |

encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os dois modelos em algumas medidas, no entanto, na maioria delas, as diferenças não foram consideradas clinicamente significantes (Tabela 3). Em média, a diferença encontrada incluindo a medida dos três examinadores foi de 0,016 mm maior para os modelos digitais.

Para o examinador um, as variáveis medidas usando o método digital foram, em média, 0,096 mm maiores do que as medidas com o paquímetro. A maior diferença média foi de 0,469 mm para a distância intermolar inferior, e a menor diferença média foi de 0,00233 mm para a altura do dente 21 e diâmetro mesiodistal do dente 23. Para o examinador dois, as variáveis medidas usando o método digital foram, em média, 0,096 mm menores do que as medidas com o

paquímetro. A maior diferença média foi de 0,921 mm para a distância intermolar inferior, e a menor diferença média foi de 0,00633 mm para o diâmetro mesiodistal do dente 35. Para o examinador três, as variáveis medidas usando o método digital foram, em média, 0,049 mm maiores do que as medidas com o paquímetro. A maior diferença média foi de 0,479 mm para a relação sagital direita 2, e a menor diferença média foi de 0,00033 mm para a altura do dente 44 (Tabela 2).

Utilizou-se o teste Bland e Altman para avaliar a confiabilidade da comparação das medidas entre os examinadores. A diferença média entre os métodos e os limites de concordância foram utilizados para explicar as comparações dos dados. Os Gráficos 1 a 4 apresentam os resultados dos dados entre os examinadores.

TABELA 1 – ERRO DO MÉTODO NA MEDIÇÃO DO MODELO DIGITAL DO EXAMINADOR TRÊS

| Variável | Modelo digital – examinador três | | | | Média das diferenças (mm) | Desvio-padrão | p |
|----------------|----------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|-------|
| | Primeira medição (mm) N = 10 | | Segunda medição (mm) N = 10 | | | | |
| | Média | Desvio-padrão | Média | Desvio-padrão | | | |
| DMD 16 | 9,3640 | 0,4287 | 9,4200 | 0,4975 | -0,0560 | 0,4528 | 0,705 |
| DMD 15 | 6,3590 | 0,3054 | 6,4390 | 0,4294 | -0,0800 | 0,2236 | 0,287 |
| DMD 14 | 6,8900 | 0,4592 | 6,9260 | 0,4360 | -0,0360 | 0,1605 | 0,496 |
| DMD 13 | 7,8350 | 0,4517 | 7,7880 | 0,4126 | 0,0470 | 0,2237 | 0,523 |
| DMD 12 | 6,5700 | 0,4829 | 6,5940 | 0,4307 | -0,0240 | 0,1601 | 0,647 |
| DMD 11 | 8,4960 | 0,4106 | 8,5110 | 0,4405 | -0,0150 | 0,1856 | 0,804 |
| DMD 21 | 8,5450 | 0,4451 | 8,5740 | 0,4312 | -0,0290 | 0,2648 | 0,737 |
| DMD 22 | 6,6880 | 0,3815 | 6,7250 | 0,5251 | -0,0370 | 0,2808 | 0,687 |
| DMD 23 | 7,7670 | 0,4827 | 7,8380 | 0,6184 | -0,0710 | 0,2482 | 0,389 |
| DMD 24 | 7,0350 | 0,5558 | 6,9840 | 0,5658 | 0,0510 | 0,1010 | 0,145 |
| DMD 25 | 6,5310 | 0,3715 | 6,5240 | 0,4654 | 0,0070 | 0,1756 | 0,902 |
| DMD 26 | 9,5560 | 0,5921 | 9,5790 | 0,4162 | -0,0230 | 0,4084 | 0,863 |
| Soma seis sup. | 45,9010 | 2,0036 | 46,0300 | 2,2920 | -0,1290 | 0,7991 | 0,622 |
| Soma 12 sup. | 91,6360 | 3,8001 | 91,9020 | 4,4230 | -0,2660 | 1,4070 | 0,565 |
| DMD 36 | 10,6310 | 0,5271 | 10,6280 | 0,5176 | 0,0030 | 0,1946 | 0,962 |
| DMD 35 | 7,0560 | 0,4416 | 7,0640 | 0,4390 | -0,0080 | 0,1546 | 0,874 |
| DMD 34 | 6,9730 | 0,4854 | 7,0550 | 0,5417 | -0,0820 | 0,2003 | 0,228 |
| DMD 33 | 6,6260 | 0,5505 | 6,8600 | 0,7347 | -0,2340 | 0,2733 | 0,024 |
| DMD 32 | 5,8850 | 0,4472 | 5,8530 | 0,4919 | 0,0320 | 0,1008 | 0,341 |
| DMD 31 | 5,3180 | 0,3038 | 5,3930 | 0,2663 | -0,0750 | 0,1117 | 0,063 |
| DMD 41 | 5,2240 | 0,4020 | 5,2450 | 0,3666 | -0,0210 | 0,1649 | 0,697 |
| DMD 42 | 5,7410 | 0,4458 | 5,9100 | 0,5757 | -0,1690 | 0,1838 | 0,017 |
| DMD 43 | 6,5300 | 0,5149 | 6,6610 | 0,5921 | -0,1310 | 0,2356 | 0,113 |
| DMD 44 | 6,8830 | 0,4063 | 7,0220 | 0,3637 | -0,1390 | 0,1532 | 0,019 |
| DMD 45 | 6,9680 | 0,4707 | 7,0000 | 0,3660 | -0,0320 | 0,2071 | 0,637 |
| DMD 46 | 10,5130 | 0,7373 | 10,6110 | 0,7207 | -0,0980 | 0,2140 | 0,181 |
| Soma seis inf. | 35,3240 | 2,5011 | 35,9220 | 2,8610 | -0,5980 | 0,5316 | 0,006 |
| Soma 12 inf. | 84,3480 | 4,6780 | 85,3020 | 4,7739 | -0,9540 | 0,8752 | 0,007 |
| ALT 16 | 7,3880 | 1,0211 | 7,5500 | 1,0395 | -0,1620 | 0,3668 | 0,196 |
| ALT 15 | 7,4870 | 0,7848 | 7,5170 | 0,7676 | -0,0300 | 0,1082 | 0,403 |
| ALT 14 | 8,6010 | 0,9684 | 8,6320 | 0,9634 | -0,0310 | 0,1803 | 0,600 |
| ALT 13 | 9,5890 | 1,0099 | 9,5900 | 0,9540 | -0,0010 | 0,1699 | 0,986 |
| ALT 12 | 8,4820 | 1,0122 | 8,5650 | 0,9316 | -0,0830 | 0,2401 | 0,303 |
| ALT 11 | 9,9770 | 1,0494 | 10,0420 | 1,0767 | -0,0650 | 0,1120 | 0,100 |
| ALT 21 | 9,9380 | 0,9072 | 9,9600 | 0,8471 | -0,0220 | 0,0946 | 0,481 |
| ALT 22 | 8,6650 | 0,9964 | 8,6680 | 0,9952 | -0,0030 | 0,1651 | 0,955 |
| ALT 23 | 9,4680 | 0,9909 | 9,3990 | 0,9371 | 0,0690 | 0,1720 | 0,236 |
| ALT 24 | 8,5050 | 1,1729 | 8,4020 | 1,0685 | 0,1030 | 0,1990 | 0,136 |

TABELA 1 – ERRO DO MÉTODO NA MEDIÇÃO DO MODELO DIGITAL DO EXAMINADOR TRÊS (continuação)

| Variável | Modelo digital – examinador três | | | | Média das diferenças (mm) | Desvio-padrão | p |
|------------------|----------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|-------|
| | Primeira medição (mm) N = 10 | | Segunda medição (mm) N = 10 | | | | |
| | Média | Desvio-padrão | Média | Desvio-padrão | | | |
| ALT 25 | 7,0900 | 0,8214 | 7,1640 | 0,6964 | -0,0740 | 0,2813 | 0,427 |
| ALT 26 | 6,7580 | 1,2841 | 6,6280 | 1,1126 | 0,1300 | 0,3727 | 0,299 |
| ALT 36 | 6,9710 | 0,7219 | 6,7410 | 0,7637 | 0,2300 | 0,1803 | 0,003 |
| ALT 35 | 7,3830 | 0,8378 | 7,3400 | 0,9039 | 0,0430 | 0,2012 | 0,516 |
| ALT 34 | 8,2510 | 1,2124 | 8,4060 | 0,7623 | -0,1550 | 0,6074 | 0,441 |
| ALT 33 | 9,5160 | 1,3336 | 9,5990 | 1,1927 | -0,0830 | 0,3025 | 0,408 |
| ALT 32 | 8,7290 | 1,0867 | 8,8720 | 0,7022 | -0,1430 | 0,4413 | 0,332 |
| ALT 31 | 8,3780 | 0,9067 | 8,4600 | 0,7797 | -0,0820 | 0,1810 | 0,186 |
| ALT 41 | 8,2540 | 0,8600 | 8,3230 | 0,8214 | -0,0690 | 0,1305 | 0,129 |
| ALT 42 | 8,5050 | 0,7937 | 8,5470 | 0,7679 | -0,0420 | 0,1165 | 0,284 |
| ALT 43 | 9,6070 | 0,7706 | 9,4940 | 0,8079 | 0,1130 | 0,3131 | 0,283 |
| ALT 44 | 8,4410 | 0,8905 | 8,3790 | 0,8962 | 0,0620 | 0,1872 | 0,322 |
| ALT 45 | 7,6560 | 0,8076 | 7,6160 | 0,6785 | 0,0400 | 0,2561 | 0,633 |
| ALT 46 | 7,1960 | 0,6652 | 7,2110 | 0,5996 | -0,0150 | 0,2990 | 0,877 |
| DIC sup. | 34,0930 | 1,5590 | 34,1420 | 1,7456 | -0,0490 | 0,4274 | 0,725 |
| DIC inf. | 25,7920 | 1,9445 | 26,0590 | 1,8922 | -0,2670 | 0,4042 | 0,066 |
| DIM sup. | 51,0010 | 2,7102 | 51,2810 | 2,3175 | -0,2800 | 0,4992 | 0,110 |
| DIM inf. | 44,0540 | 2,3907 | 44,1260 | 2,6422 | -0,0720 | 0,4812 | 0,647 |
| Overjet | 2,4520 | 0,6355 | 2,3500 | 0,7099 | 0,1020 | 0,1996 | 0,141 |
| Overbite | 2,4700 | 0,9208 | 2,4220 | 0,9190 | 0,0480 | 0,0553 | 0,023 |
| Rel. sag. dir. 1 | 21,2360 | 1,6335 | 20,7980 | 1,3094 | 0,4380 | 0,5272 | 0,027 |
| Rel. sag. esq. 1 | 20,8190 | 1,2973 | 20,7390 | 1,3877 | 0,0800 | 0,2258 | 0,292 |
| Rel. sag. dir. 2 | 21,9900 | 1,4526 | 21,8570 | 1,1506 | 0,1330 | 0,6740 | 0,548 |
| Rel. sag. esq. 2 | 21,8110 | 1,5579 | 22,0180 | 1,3866 | -0,2070 | 0,3721 | 0,112 |

Discussão

Os 30 voluntários deste estudo foram selecionados de acordo com critérios pré-definidos para que a amostra obtivesse homogeneidade. Considerou-se que a amostra com 30 indivíduos seria representativa, pois, além de ser definida pelo cálculo amostral ($n = 29$), foi igual ou maior à utilizada em estudos anteriores^{4,5,8-9,16-18,21}.

Os modelos de gesso foram considerados como padrão-ouro para as medições realizadas neste trabalho. Os modelos de estudo em gesso proporcionam uma visão tridimensional da oclusão do paciente, o que permite ao clínico avaliar a má-occlusão com mais detalhes do que pelo exame clínico. Logo,

os modelos de estudo são rotineiramente mais utilizados para realização de medições do que a avaliação clínica intrabucal²⁷. A realização de medições em modelos de gesso é mais confortável para o examinador, que pode manipular o modelo sentado em uma mesa com excelente iluminação e utilizar ferramentas apropriadas para medição²⁸. Durante uma medição intrabucal é clinicamente difícil obter as medidas exatas dos dentes para poder ser utilizado como padrão-ouro⁹. A coleta dos dados na medição intrabucal pode ser desconfortável para o paciente, principalmente para quem tem limitação de abertura de boca, além de ser necessária a presença do indivíduo pertencente à amostra para a realização das medidas, o que torna a coleta dos dados sujeita à sua disponibilidade de tempo. Outro

TABELA 2 – CORRELAÇÃO INTEREXAMINADORES NAS MEDIÇÕES DO MODELO DE GESSO E MODELOS DIGITAIS

| Variáveis | Modelo gesso N = 30 | | Modelo digital N = 30 | |
|----------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | CCI | 95% Intervalo de confiança | CCI | 95% Intervalo de confiança |
| DMD 16 | 0,851 | 0,748 - 0,920 | 0,827 | 0,710 - 0,906 |
| DMD 15 | 0,899 | 0,825 - 0,947 | 0,814 | 0,691 - 0,899 |
| DMD 14 | 0,918 | 0,856 - 0,957 | 0,908 | 0,839 - 0,951 |
| DMD 13 | 0,886 | 0,804 - 0,940 | 0,788 | 0,653 - 0,884 |
| DMD 12 | 0,964 | 0,935 - 0,981 | 0,890 | 0,811 - 0,942 |
| DMD 11 | 0,949 | 0,910 - 0,974 | 0,892 | 0,813 - 0,943 |
| DMD 21 | 0,931 | 0,879 - 0,964 | 0,863 | 0,766 - 0,927 |
| DMD 22 | 0,946 | 0,904 - 0,972 | 0,839 | 0,729 - 0,913 |
| DMD 23 | 0,860 | 0,761 - 0,925 | 0,796 | 0,663 - 0,888 |
| DMD 24 | 0,886 | 0,803 - 0,940 | 0,886 | 0,803 - 0,940 |
| DMD 25 | 0,829 | 0,713 - 0,908 | 0,864 | 0,768 - 0,927 |
| DMD 26 | 0,775 | 0,633 - 0,876 | 0,755 | 0,604 - 0,864 |
| Soma seis sup. | 0,967 | 0,940 - 0,983 | 0,904 | 0,833 - 0,950 |
| Soma 12 sup. | 0,964 | 0,936 - 0,982 | 0,941 | 0,895 - 0,969 |
| DMD 36 | 0,880 | 0,794 - 0,937 | 0,924 | 0,867 - 0,960 |
| DMD 35 | 0,799 | 0,668 - 0,890 | 0,774 | 0,631 - 0,875 |
| DMD 34 | 0,898 | 0,824 - 0,946 | 0,882 | 0,796 - 0,937 |
| DMD 33 | 0,891 | 0,811 - 0,942 | 0,848 | 0,743 - 0,919 |
| DMD 32 | 0,883 | 0,799 - 0,938 | 0,880 | 0,793 - 0,936 |
| DMD 31 | 0,913 | 0,848 - 0,954 | 0,521 | 0,306 - 0,711 |
| DMD 41 | 0,874 | 0,784 - 0,933 | 0,690 | 0,516 - 0,825 |
| DMD 42 | 0,853 | 0,751 - 0,922 | 0,846 | 0,739 - 0,917 |
| DMD 43 | 0,833 | 0,719 - 0,910 | 0,768 | 0,623 - 0,872 |
| DMD 44 | 0,929 | 0,875 - 0,963 | 0,857 | 0,757 - 0,924 |
| DMD 45 | 0,925 | 0,868 - 0,961 | 0,861 | 0,763 - 0,926 |
| DMD 46 | 0,898 | 0,823 - 0,946 | 0,908 | 0,840 - 0,952 |
| Soma seis inf. | 0,953 | 0,917 - 0,976 | 0,930 | 0,876 - 0,963 |
| Soma 12 inf. | 0,967 | 0,941 - 0,983 | 0,960 | 0,928 - 0,979 |
| ALT 16 | 0,940 | 0,893 - 0,969 | 0,929 | 0,874 - 0,963 |
| ALT 15 | 0,967 | 0,941 - 0,983 | 0,971 | 0,948 - 0,985 |
| ALT 14 | 0,977 | 0,959 - 0,988 | 0,967 | 0,941 - 0,983 |
| ALT 13 | 0,964 | 0,936 - 0,982 | 0,977 | 0,958 - 0,988 |
| ALT 12 | 0,961 | 0,929 - 0,980 | 0,963 | 0,934 - 0,981 |
| ALT 11 | 0,979 | 0,961 - 0,989 | 0,970 | 0,946 - 0,985 |
| ALT 21 | 0,978 | 0,960 - 0,989 | 0,968 | 0,942 - 0,983 |
| ALT 22 | 0,960 | 0,929 - 0,979 | 0,970 | 0,946 - 0,985 |
| ALT 23 | 0,971 | 0,948 - 0,985 | 0,976 | 0,957 - 0,988 |
| ALT 24 | 0,966 | 0,938 - 0,982 | 0,921 | 0,861 - 0,959 |
| ALT 25 | 0,977 | 0,958 - 0,988 | 0,919 | 0,858 - 0,958 |
| ALT 26 | 0,822 | 0,704 - 0,904 | 0,870 | 0,777 - 0,931 |

TABELA 2 – CORRELAÇÃO INTEREXAMINADORES NAS MEDIÇÕES DO MODELO DE GESSO E MODELOS DIGITAIS TRÊS (continuação)

| Variáveis | Modelo gesso N = 30 | | Modelo digital N = 30 | |
|------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | CCI | 95% Intervalo de confiança | CCI | 95% Intervalo de confiança |
| ALT 36 | 0,853 | 0,751 – 0,921 | 0,896 | 0,819 – 0,945 |
| ALT 35 | 0,922 | 0,863 – 0,959 | 0,927 | 0,872 – 0,962 |
| ALT 34 | 0,922 | 0,862 – 0,959 | 0,951 | 0,912 – 0,975 |
| ALT 33 | 0,954 | 0,918 – 0,976 | 0,963 | 0,933 – 0,981 |
| ALT 32 | 0,959 | 0,926 – 0,979 | 0,943 | 0,899 – 0,971 |
| ALT 31 | 0,922 | 0,864 – 0,959 | 0,946 | 0,904 – 0,972 |
| ALT 41 | 0,942 | 0,897 – 0,970 | 0,964 | 0,936 – 0,982 |
| ALT 42 | 0,959 | 0,926 – 0,979 | 0,965 | 0,937 – 0,982 |
| ALT 43 | 0,965 | 0,937 – 0,982 | 0,974 | 0,952 – 0,986 |
| ALT 44 | 0,978 | 0,959 – 0,989 | 0,962 | 0,931 – 0,980 |
| ALT 45 | 0,931 | 0,878 – 0,964 | 0,925 | 0,867 – 0,961 |
| ALT 46 | 0,842 | 0,734 – 0,915 | 0,870 | 0,778 – 0,931 |
| DIC sup. | 0,967 | 0,940 – 0,983 | 0,962 | 0,932 – 0,980 |
| DIC inf. | 0,947 | 0,906 – 0,973 | 0,950 | 0,910 – 0,974 |
| DIM sup. | 0,987 | 0,977 – 0,993 | 0,988 | 0,979 – 0,994 |
| DIM inf. | 0,965 | 0,937 – 0,982 | 0,977 | 0,959 – 0,988 |
| Overjet | 0,930 | 0,877 – 0,964 | 0,948 | 0,908 – 0,973 |
| Overbite | 0,965 | 0,936 – 0,982 | 0,991 | 0,984 – 0,996 |
| Rel. sag. dir. 1 | 0,874 | 0,785 – 0,933 | 0,926 | 0,869 – 0,961 |
| Rel. sag. esq. 1 | 0,839 | 0,729 – 0,914 | 0,920 | 0,860 – 0,958 |
| Rel. sag. dir. 2 | 0,903 | 0,831 – 0,949 | 0,951 | 0,913 – 0,975 |
| Rel. sag. esq. 2 | 0,922 | 0,863 – 0,959 | 0,936 | 0,886 – 0,967 |

argumento que favoreceu o método de medição nos modelos de gesso foi a necessidade de realização do erro do método, onde seria necessário medir novamente muitos indivíduos da amostra. Um estudo²⁸ utilizando um índice para avaliar o grau de severidade de má-oclusões não encontrou diferenças estatisticamente significantes entre medições em modelos de gesso ou intrabucais.

Algumas variáveis podem afetar a confiabilidade das medidas dos modelos digitais obtidos por escaneamento de modelos de gesso, como: 1) tempo aumentado entre a moldagem e o vazamento em gesso para a confecção do modelo; 2) o processo de manipulação do gesso; 3) o processo de escaneamento e gravação dos dados a partir do modelo de gesso; 4) a disposição e o tipo de medição do programa de computador para manipular os modelos digitais; 5) a falta de familiarização do clínico na análise de modelos digitais⁶. Além disso, a acurácia e a reprodutibilidade das medições dos dentes

na arcada dentária e comprimento do arco, em estudos, são influenciadas por outros fatores, incluindo rotação e inclinação dentária, contatos interproximais, variações anatômicas e variabilidade interexaminador. Todas as recomendações dos fabricantes dos materiais de moldagem e modelagem foram seguidas para possibilitar a maior precisão do modelo de gesso neste estudo.

Este trabalho avaliou a acurácia e a confiabilidade dos modelos digitais. A acurácia é o grau de proximidade entre as medições de um objeto e o valor real dele, enquanto a confiabilidade está relacionada com a repetição e a reprodutibilidade, portanto, é o grau em que medições são repetidas sob as mesmas condições²⁹. A medição direta em modelos de gesso ou digitais é inevitavelmente associada com algum grau de imprecisão. O erro da técnica de medição provavelmente reside na identificação do ponto, e não em função da ferramenta de medição ou do programa selecionado, no caso

TABELA 3 – COMPARAÇÃO COM TESTE T PAREADO ENTRE MODELOS DE GESSO E MODELOS DIGITAIS PELO EXAMINADOR TRÊS

| Variável | Medida (mm) Modelo de gesso N = 30 | | Medida (mm) Modelo digital N = 30 | | Média das diferenças (mm) | Desvio-padrão | p |
|----------------|--|---------------|---|---------------|------------------------------|---------------|-------|
| | Média | Desvio-padrão | Média | Desvio-padrão | | | |
| DMD 16 | 9,3453 | 0,64992 | 9,2810 | 0,55978 | 0,06433 | 0,35819 | 0,333 |
| DMD 15 | 6,3920 | 0,52147 | 6,3687 | 0,55285 | 0,02333 | 0,31791 | 0,691 |
| DMD 14 | 6,8440 | 0,51147 | 6,9013 | 0,50265 | -0,05733 | 0,21237 | 0,150 |
| DMD 13 | 7,6190 | 0,45258 | 7,5740 | 0,55468 | 0,04500 | 0,30731 | 0,429 |
| DMD 12 | 6,4563 | 0,64867 | 6,4517 | 0,71663 | 0,00467 | 0,37948 | 0,947 |
| DMD 11 | 8,3900 | 0,50494 | 8,3150 | 0,61741 | 0,07500 | 0,22084 | 0,073 |
| DMD 21 | 8,4653 | 0,46908 | 8,4017 | 0,57979 | 0,06367 | 0,25997 | 0,190 |
| DMD 22 | 6,5700 | 0,55544 | 6,4413 | 0,65407 | 0,12867 | 0,29563 | 0,024 |
| DMD 23 | 7,6633 | 0,49525 | 7,5870 | 0,58824 | 0,07633 | 0,25184 | 0,108 |
| DMD 24 | 6,8793 | 0,49713 | 6,9677 | 0,54205 | -0,08833 | 0,24186 | 0,055 |
| DMD 25 | 6,4680 | 0,51682 | 6,4860 | 0,52247 | -0,01800 | 0,24184 | 0,687 |
| DMD 26 | 9,3603 | 0,52341 | 9,5087 | 0,65887 | -0,14833 | 0,47295 | 0,096 |
| Soma seis sup. | 45,1640 | 2,44985 | 44,7707 | 3,06578 | 0,39333 | 1,25329 | 0,096 |
| Soma 12 sup. | 90,4530 | 4,90599 | 90,2840 | 5,63033 | 0,16900 | 2,17675 | 0,674 |
| DMD 36 | 10,6597 | 0,61451 | 10,7190 | 0,62554 | -0,05933 | 0,32160 | 0,321 |
| DMD 35 | 6,7537 | 0,42085 | 6,9210 | 0,48986 | -0,16733 | 0,27996 | 0,003 |
| DMD 34 | 6,8353 | 0,43728 | 6,9490 | 0,45119 | -0,11367 | 0,25846 | 0,023 |
| DMD 33 | 6,4360 | 0,43684 | 6,6477 | 0,54968 | -0,21167 | 0,29717 | 0,001 |
| DMD 32 | 5,7680 | 0,38349 | 5,8293 | 0,45939 | -0,06133 | 0,25549 | 0,199 |
| DMD 31 | 5,3360 | 0,33347 | 5,2793 | 0,32771 | 0,05667 | 0,14974 | 0,047 |
| DMD 41 | 5,3200 | 0,35837 | 5,2660 | 0,41763 | 0,05400 | 0,27538 | 0,292 |
| DMD 42 | 5,7703 | 0,39983 | 5,6733 | 0,47202 | 0,09700 | 0,17088 | 0,004 |
| DMD 43 | 6,4080 | 0,48142 | 6,4867 | 0,50202 | -0,07867 | 0,24326 | 0,087 |
| DMD 44 | 6,8587 | 0,43557 | 6,8523 | 0,45612 | 0,00633 | 0,22130 | 0,877 |
| DMD 45 | 6,8050 | 0,43521 | 6,9230 | 0,49495 | -0,11800 | 0,29449 | 0,036 |
| DMD 46 | 10,5703 | 0,65990 | 10,5967 | 0,68237 | -0,02633 | 0,30107 | 0,635 |
| Soma seis inf. | 35,0383 | 2,06274 | 35,1823 | 2,39907 | -0,14400 | 0,82123 | 0,345 |
| Soma 12 inf. | 83,5210 | 4,19868 | 84,1433 | 4,72083 | -0,62233 | 1,60880 | 0,043 |
| ALT 16 | 6,6080 | 0,87142 | 6,9707 | 0,87536 | -0,36267 | 0,34263 | 0,000 |
| ALT 15 | 6,8463 | 0,84358 | 7,0710 | 0,94507 | -0,22467 | 0,26551 | 0,000 |
| ALT 14 | 7,9780 | 0,91366 | 8,0897 | 0,95655 | -0,11167 | 0,31521 | 0,062 |
| ALT 13 | 9,2323 | 0,85208 | 9,3087 | 0,89813 | -0,07633 | 0,27143 | 0,134 |
| ALT 12 | 8,1653 | 0,95239 | 8,2730 | 0,90258 | -0,10767 | 0,25202 | 0,026 |
| ALT 11 | 9,5557 | 0,92620 | 9,6967 | 0,89462 | -0,14100 | 0,20533 | 0,001 |
| ALT 21 | 9,5497 | 0,93524 | 9,6227 | 0,95677 | -0,07300 | 0,22211 | 0,082 |
| ALT 22 | 8,2063 | 0,79023 | 8,3243 | 0,79622 | -0,11800 | 0,20090 | 0,003 |
| ALT 23 | 9,1250 | 0,89761 | 9,1857 | 0,89680 | -0,06067 | 0,21969 | 0,141 |
| ALT 24 | 8,0457 | 0,99064 | 8,2533 | 1,04417 | -0,20767 | 0,29940 | 0,001 |

TABELA 3 – COMPARAÇÃO COM TESTE T PAREADO ENTRE MODELOS DE GESSO E MODELOS DIGITAIS PELO EXAMINADOR TRÊS (continuação)

| Variável | Medida (mm) Modelo de gesso N = 30 | | Medida (mm) Modelo digital N = 30 | | Média das diferenças (mm) | Desvio-padrão | p |
|------------------|--|---------------|---|---------------|------------------------------|---------------|-------|
| | Média | Desvio-padrão | Média | Desvio-padrão | | | |
| ALT 25 | 6,7267 | 0,84523 | 6,8947 | 0,84609 | -0,16800 | 0,28515 | 0,003 |
| ALT 26 | 6,6023 | 0,81374 | 6,5570 | 1,01193 | 0,04533 | 0,41950 | 0,559 |
| ALT 36 | 6,5573 | 0,63981 | 6,7887 | 0,65092 | -0,23133 | 0,26311 | 0,000 |
| ALT 35 | 7,2597 | 0,87509 | 7,0960 | 0,89093 | 0,16367 | 0,32736 | 0,010 |
| ALT 34 | 8,0763 | 0,91564 | 8,0533 | 0,93947 | 0,02300 | 0,36392 | 0,732 |
| ALT 33 | 9,1970 | 1,28632 | 9,1600 | 1,26699 | 0,03700 | 0,32912 | 0,543 |
| ALT 32 | 8,1853 | 0,99747 | 8,2697 | 0,94874 | -0,08433 | 0,25223 | 0,077 |
| ALT 31 | 8,0967 | 0,79143 | 8,0627 | 0,84059 | 0,03400 | 0,25232 | 0,466 |
| ALT 41 | 8,1530 | 0,79116 | 8,1863 | 0,78078 | -0,03333 | 0,19487 | 0,357 |
| ALT 42 | 8,2123 | 0,90058 | 8,3027 | 0,90698 | -0,09033 | 0,24725 | 0,055 |
| ALT 43 | 9,1920 | 1,01265 | 9,2440 | 1,02655 | -0,05200 | 0,26195 | 0,286 |
| ALT 44 | 8,0773 | 0,87333 | 8,0777 | 0,92858 | -0,00033 | 0,21529 | 0,993 |
| ALT 45 | 7,3330 | 0,83527 | 7,3453 | 0,81871 | -0,01233 | 0,30470 | 0,826 |
| ALT 46 | 6,8840 | 0,71270 | 6,9903 | 0,72981 | -0,10633 | 0,36648 | 0,123 |
| DIC sup. | 33,7017 | 1,96389 | 33,4160 | 1,88279 | 0,28567 | 0,45813 | 0,002 |
| DIC inf. | 25,1773 | 1,75906 | 25,4237 | 1,86356 | -0,24633 | 0,52887 | 0,016 |
| DIM sup. | 50,6057 | 3,16697 | 50,7133 | 3,13182 | -0,10767 | 0,45681 | 0,207 |
| DIM inf. | 44,5390 | 2,59935 | 44,3680 | 2,67439 | 0,17100 | 0,60747 | 0,134 |
| Overjet | 2,6303 | 0,92488 | 2,8897 | 0,81574 | -0,25933 | 0,27400 | 0,000 |
| Overbite | 2,7287 | 0,85929 | 2,4410 | 0,89137 | 0,28767 | 0,29272 | 0,000 |
| Rel. sag. dir. 1 | 21,0317 | 1,43758 | 21,2107 | 1,55301 | -0,17900 | 0,73600 | 0,193 |
| Rel. sag. esq. 1 | 21,1143 | 1,37988 | 20,7640 | 1,34376 | 0,35033 | 0,75289 | 0,016 |
| Rel. sag. dir. 2 | 21,8867 | 1,61741 | 22,3657 | 1,76280 | -0,47900 | 0,53886 | 0,000 |
| Rel. sag. esq. 2 | 21,5377 | 1,77532 | 21,8003 | 1,81442 | -0,26267 | 0,60633 | 0,025 |

dos modelos digitais. As medidas manuais com o paquímetro digital dependem do correto posicionamento das extremidades da ponta do paquímetro no modelo de gesso. Para as medições digitais, o examinador deve indicar corretamente na tela do computador os dois pontos a serem conectados, como a largura de um dente.

A medição dos diâmetros mesiodistais dos dentes em modelos digitais utilizando o computador é considerada mais rápida do que a utilização do paquímetro em modelos de gesso⁴; a imagem pode ser ampliada para melhor visualização, além de não existir uma barreira física para o posicionamento do paquímetro⁹. No entanto, para reduzir possíveis erros, existe a necessidade de um treinamento e curva de aprendizado para o profissional realizar as medições dentárias em um programa

específico de visualização de modelos digitais²¹. Antes de realizar as medidas, todos os examinadores foram treinados e calibrados para utilizar o programa Ortho Analyser.

Para determinar um nível aceitável de reprodutibilidade, sugeriu-se³⁰ que um valor de CCI abaixo de 0,4 possuiria reduzida reprodutibilidade – entre 0,4 e 0,75 seria razoável, e acima de 0,75 seria excelente. Ao comparar a reprodutibilidade das medidas entre os examinadores pelo CCI, as repetições foram consideradas excelentes, tanto nos modelos de gesso (média do $r=0,9198$) quanto nos modelos digitais (média do $r=0,9008$), Tabela 2. Este resultado, em virtude do prévio treinamento e calibração dos examinadores, demonstrou que os dentes podem ser perfeitamente medidos, tanto pelo paquímetro quanto pelo método digital.

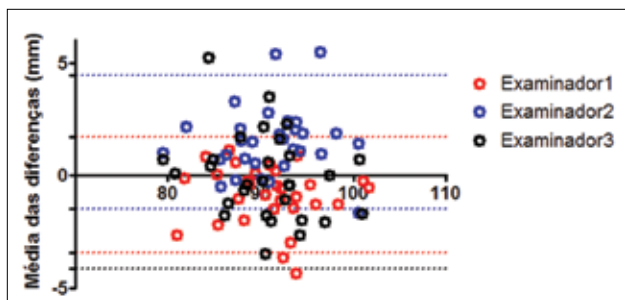


Gráfico 1

Teste Bland e Altman, para comparar modelos de gesso e modelos digitais interexaminadores (variável: soma dos 12 dentes superiores).

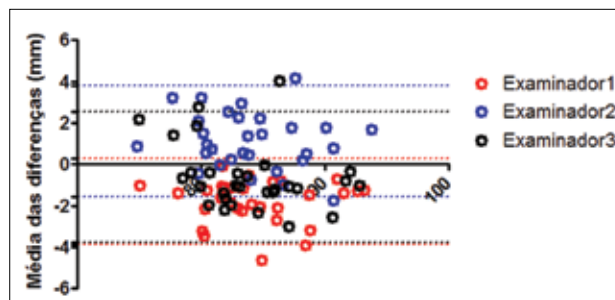


Gráfico 2

Teste Bland e Altman, para comparar modelos de gesso e modelos digitais interexaminadores (variável: soma dos 12 dentes inferiores).

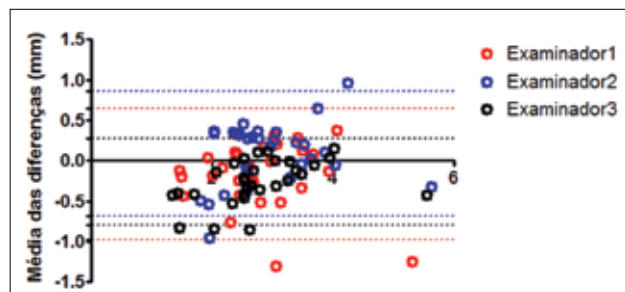


Gráfico 3

Teste Bland e Altman, para comparar modelos de gesso e modelos digitais interexaminadores (variável: overjet).

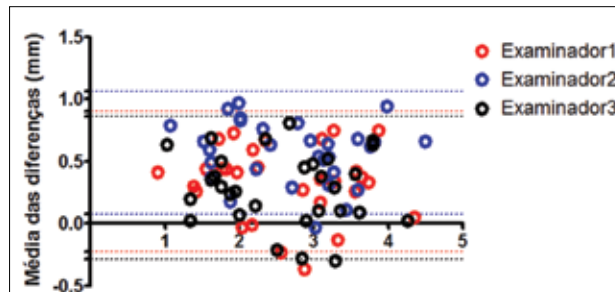


Gráfico 4

Teste Bland e Altman, para comparar modelos de gesso e modelos digitais interexaminadores (variável: overbite).

A comparação entre os modelos de gesso e os modelos digitais entre os examinadores demonstrou que os modelos digitais possuem uma acurácia adequada para substituir os modelos de gesso. Embora a diferença entre diversas variáveis tenha sido estatisticamente significativa de acordo com o resultado do teste t pareado, a diferença entre a maioria das medidas não foi considerada clinicamente significativa (Tabela 3). No presente estudo, foram consideradas clinicamente significantes as médias de diferenças acima de 0,3 mm para o *overjet*, *overbite* e medidas de tamanho dentário (diâmetro e altura dentária); e médias de diferenças acima de 0,4 mm para as variáveis transversais e sagitais^{6,21,23-24}. Cada examinador avaliou 62 variáveis, tanto nos modelos de gesso quanto nos digitais, perfazendo um total de 186 medidas para os três examinadores em cada tipo de modelo. Deste total, apenas oito medidas foram consideradas clinicamente significantes, sendo a maior média de diferença de 0,92 mm. Além disso, nenhuma medida foi considerada clinicamente significativa por ambos examinadores, o que reforça que as diferenças encontradas possivelmente foram causadas pela subjetividade e imprecisão da medição. Estes dados evidenciam a grande acurácia e confiabilidade dos modelos digitais previamente

reportadas na literatura^{29,11-21}.

Em relação às medidas de diâmetro dentário, todas as diferenças encontradas entre os três examinadores foram consideradas clinicamente não significantes, com exceção do diâmetro do dente 23, avaliada pelo examinador 2, cuja diferença foi de 0,3396, considerada de pequena magnitude. Este resultado está em concordância com outros autores^{2,12,14,17,20}, que relataram a acurácia desta variável quando mensurada nos modelos digitais. Quanto à avaliação da altura dentária, as diferenças também foram consideradas como clinicamente não significantes, com exceção da altura do dente 16, avaliada pelo examinador 3, cuja diferença, também de pequena magnitude, foi de 0,3626, resultado semelhante ao único estudo que também comparou as alturas dentárias dos modelos digitais²³. O *overjet* não apresentou diferenças clinicamente significantes entre os três examinadores^{9,14,17}, no entanto, as diferenças referentes ao *overbite* foram consideradas clinicamente significantes pelos examinadores 1 e 2^{9,14}. Com relação às medidas transversais (distâncias intercanino e intermolar superior e inferior), somente a diferença na distância intermolar inferior foi considerada clinicamente significativa pelos examinadores 1 e 2^{2,14,16-17,20}. Sobre a relação sagital interarcos, somente a

variável relação sagital direita 2 apresentou diferença clinicamente significativa, de acordo com os examinadores 2 e 3. Estes resultados apontam que os modelos digitais apresentam acurácia e confiabilidade intra-arco e interarcos clinicamente aceitáveis, considerando que os modelos de gesso sejam escaneados em seu correto registro de mordida.

Alguns estudos que verificaram diferenças estatisticamente significantes concluíram que as medidas avaliadas nos modelos digitais foram maiores^{6,13,21}, enquanto outros estudos verificaram valores menores nas medidas dos modelos digitais^{10,11,18,20}. Dentre os examinadores do presente estudo, o examinador 1 era um aluno de mestrado em Ortodontia; o examinador 2 era um estudante de graduação em Odontologia; e o examinador 3 era um aluno de doutorado em Clínica Odontológica. O resultado do teste Bland e Altman revelou, em relação aos modelos digitais, uma tendência do examinador 1 obter medidas com valores maiores, o examinador dois obter valores menores e o examinador 3 estar na média entre eles, com medidas levemente maiores em sua maioria (Gráficos 1 a 3). No entanto, em relação ao *overbite* houve uma coincidência de obtenção de valores menores nos modelos digitais entre os examinadores (Gráfico 4).

Apesar dos resultados positivos, ainda existem problemas relacionados com um protocolo de padronização na geração dos modelos dentários digitais. Estes modelos devem ser reproduzidos, visualizados, medidos e armazenados, independentemente dos detalhes específicos de técnica, com alta fidelidade e em qualquer lugar do mundo, até que uma aceitação global seja alcançada. A continuação de pesquisas com modelos digitais deve ser incentivada até que sua acurácia seja repetidamente confirmada e o profissional tenha confiança em utilizá-lo em sua rotina clínica.

Conclusão

Os modelos ortodônticos digitais por escaneamento de modelos de gesso possuem acurácia e confiabilidade necessária para substituir os modelos de gesso e, possivelmente, poderão se tornar o padrão de referência para a utilização na clínica ortodôntica.

A utilização do programa Ortho Analyser para medição dos modelos digitais é uma alternativa clinicamente precisa e confiável à medição convencional dos modelos de gesso com paquímetro.

Agradecimentos: à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor durante o desenvolvimento deste estudo.

Nota de esclarecimento

Nós, os autores deste trabalho, não recebemos apoio financeiro para pesquisa dado por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Nós, ou os membros de nossas famílias, não recebemos honorários de consultoria ou fomos pagos como avaliadores por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não possuímos ações ou investimentos em organizações que também possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Não recebemos honorários de apresentações vindos de organizações que com fins lucrativos possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não estamos empregados pela entidade comercial que patrocinou o estudo e também não possuímos patentes ou *royalties*, nem trabalhamos como testemunha especializada, ou realizamos atividades para uma entidade com interesse financeiro nesta área.

Endereço para correspondência

Leonardo Tavares Camardella

Av. Nossa Senhora de Copacabana, 1.137 – Sala 306 – Copacabana

22070-011 – Rio de Janeiro – RJ

Tel.: (21) 3936-1535

leocamardella@globo.com

Referências

- Shastry S, Park JH. Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. *Angle Orthod* 2014;84(1):62-7.
- Gracco A, Buranello M, Cozzani M, Siciliani G. Digital and plaster models: a comparison of measurements and times. *Prog Orthod* 2007;8(2):252-9.
- Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM, Fischer Jr. JR. A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *Angle Orthod* 2001;71(5):351-7.
- 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.
- Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(1):16.
- Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod* 2004;74(3):298-303.
- Rheude B, Sadowsky PL, Ferriera A, Jacobson A. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod* 2005;75(3):300-4.
- Sousa MV, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142(2):269-73.
- Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(6):794-803.
- Torassian G, Kau CH, English JD, Powers J, Bussa HI, Marie Salas-Lopez A et al. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod* 2010;80(4):474-81.
- Wiranto MG, Engelbrecht WP, Nolthenius HET, van der Meer WJ, Rend 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.
- Horton HM, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod* 2010;80(2):254-61.
- Goonewardene RW, Goonewardene MS, Razza JM, Murray K. Accuracy and validity of space analysis and irregularity index measurements using digital models. *Aust Orthod J* 2008;24(2):83-90.
- Bootvong K, Liu Z, McGrath C, Hagg U, Wong RW, Bendeus M et al. Virtual model analysis as an alternative approach to plaster model analysis: reliability and validity. *Eur J Orthod* 2010;32(5):589-95.
- Hayashi K, Sachdeva AU, Saitoh S, Lee SP, Kubota T, Mizoguchi I. Assessment of the accuracy and reliability of new 3-dimensional scanning devices. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144(4):619-25.
- Creed B, Kau CH, English JD, Xia JJ, Lee RP. A comparison of the accuracy of linear measurements obtained from cone beam computerized tomography images and digital models. *Semin Orthod* 2011;17(1):49-56.
- Asquith J, Gillgrass T, Mossey P. Three-dimensional imaging of orthodontic models: a pilot study. *Eur J Orthod* 2007;29(5):517-22.
- 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.
- Alcan T, Ceylanoglu C, Baysal B. The relationship between digital model accuracy and time-dependent deformation of alginate impressions. *Angle Orthod* 2009;79(1):30-6.
- Watanabe-Kanno GA, Abrao J, Miasiro Junior H, Sanchez-Ayala A, Lagravere MO. Reproducibility, reliability and validity of measurements obtained from Cefile 3 digital models. *Braz Oral Res* 2009;23(3):288-95.
- 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.
- Hildebrand JC, Palomo JM, Palomo L, Sivik M, Hans M. Evaluation of a software program for applying the American Board of Orthodontics objective grading system to digital casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(2):283-9.
- Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod* 2008;35(3):191-201.
- 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.
- Pandis N. Sample calculations for comparison of 2 means. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141(4):519-21.
- Camargo ES, Mucha JN. Moldagem e Modelagem em Ortodontia. R Dental Press Ortodon Ortop Facial 1999;4(3):37-50.
- Hunter WS, Priest WR. Errors and discrepancies in measurement of tooth size. *J Dent Res* 1960;39:405-14.
- Ovsenik M. Assessment of malocclusion in the permanent dentition: reliability of intraoral measurements. *Eur J Orthod* 2007;29(6):654-9.
- Dowling AH, Burns A, Maccauley D, Garvey TM, Fleming GJ. Can the intra-examiner variability of Little's Irregularity Index be improved using 3D digital models of study casts? *J Dent* 2013;41(12):1271-80.
- Roberts CT, Richmond S. The design and analysis of reliability studies for the use of epidemiological and audit indices in orthodontics. *Br J Orthod* 1997;24(2):139-47.