

NATALICE SOUSA DE OLIVEIRA

**ACURÁCIA DA COLAGEM VIRTUAL DE ACESSÓRIOS
ORTODÔNTICOS EM RELAÇÃO AO PROCEDIMENTO DIRETO**

**Faculdade de Odontologia
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte
2018**

Natalice Sousa de Oliveira

**ACURÁCIA DA COLAGEM VIRTUAL DE ACESSÓRIOS
ORTODÔNTICOS EM RELAÇÃO AO PROCEDIMENTO DIRETO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Odontologia – área de concentração em Odontopediatria

Orientador: Prof. Henrique Pretti

Co-orientador: Profa.(a) Soraia Macari

Belo Horizonte
2018

Ficha Catalográfica

048a Oliveira, Natalice Souza de .
2018 Acurácia da colagem virtual de acessórios ortodônticos
T em relação ao procedimento direto / Natalice Souza de
Oliveira. -- 2018.

85 f. : il.

Orientador: Henrique Pretti.
Coorientadora: Soraia Macari.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de Minas
Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Precisão da medição dimensional . 2. Braquetes
ortodônticos. 3. Colagem dentária. I. Pretti, Henrique . II.
Macari, Soraia. III. Universidade Federal de Minas Gerais.
Faculdade de Odontologia. IV. Título.

BLACK - D047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Comparação da acurácia da colagem virtual de acessórios ortodônticos em relação ao procedimento direto

NATALICE SOUSA DE OLIVEIRA

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, como requisito para obtenção do grau de Doutor, área de concentração Odontopediatria.

Aprovada em 31 de julho de 2018, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Henrique Pretti - Orientador
FO-UFMG

Prof(a). Soraia Macari - Coorientadora
FO-UFMG

Prof(a). Elizabeth Maria Bastos Lages
FO-UFMG

Prof(a). Leniana Santos Neves
FO-UFMG

Prof(a). Fernanda Angelieri
UNG Universidade

Prof(a). Mayara Paim Patel
Instituto Vellini

Belo Horizonte, 31 de julho de 2018.

CLONES E CRIADORES

Há um clone...

Há um clone perfeito.

Encerra em si meia história...

Em que será igual ao seu criador?

Defenderá idênticos valores?

Viverá os mesmos amores?

Tomará para si todas as suas dores?

E se morrer ao nascer,

tornar-se-á anjo?

Quem lhe concedeu a alma?

Há conluio da casta romana?

O Criador confabula com criadores...?

JOSÉ CARLOS SERUFO

RESUMO

A colagem de acessórios ortodônticos é considerada um dos fatores que mais interfere na expressão dos aparelhos pré-ajustados. Ambas as técnicas tradicionais de colagem, método direto e indireto, falham em alcançar a posição ideal. Novas perspectivas de refinamento dos protocolos têm sido apontadas pela incorporação de tecnologia digital ao processo indireto. Esse estudo comparou a acurácia da colagem de acessórios ortodônticos em ambiente virtual em relação ao procedimento direto, considerando o tempo de experiência clínica dos operadores. 1120 dentes artificiais, constituintes de 40 pares de modelos idênticos (20 conjuntos sólidos + 20 conjuntos digitais), foram igualmente distribuídos, em dois tempos distintos, entre dois grupos de profissionais: **grupo I: CDO** (colagem direta/clínicos experientes); **grupo II: CDA** (colagem direta/pós-graduandos); **grupo III: CVO** (colagem virtual/clínicos experientes); **grupo IV: CVA** (colagem virtual/ pós-graduandos) As diferenças das posições individuais dos acessórios experimentais, em relação acessórios de referência validados para o estudo, foram aferidas após sobreposição tridimensional de modelos, em software customizado. Análises estatísticas foram conduzidas com nível de significância de 5%. O teste Mann-Whitney mostrou diferenças significativas entre as médias dos erros nas dimensões vertical ($p = 0,029$) e angulação ($p = 0,041$), entre os grupos I e II e na vertical ($p = 0,020$) e angulação ($p = 0,019$), entre os grupos III e IV; O teste de Wilcoxon pareado mostrou que as diferenças foram significantes nas dimensões vertical ($p < 0,001$) e horizontal ($p < 0,001$), entre os grupos I e III e na vertical ($p = 0,006$), entre os grupos II e IV; o teste qui-quadrado mostrou diferenças significantes nas prevalências dos desvios, em todas as dimensões (horizontal $p < 0,002$; vertical $p < 0,001$; angulação $p < 0,001$), com tempo de experiência sendo significativo na dimensão horizontal ($p = 0,041$). Ambos os grupos falharam na obtenção da acurácia. O percentual de erros na colagem virtual foi significativamente menor nas dimensões lineares (vertical e méso-distal) e maior na angulação. O percentual de erro dos profissionais com maior tempo de experiência clínica foi menor na dimensão horizontal. O diagnóstico precoce de desvio nas posições de colagem pode beneficiar diretamente profissional e paciente, ao antever discrepâncias passíveis de movimentos ortodônticos indesejáveis.

Palavras-chave: Acurácia dimensional. Braquete ortodôntico. Colagem dentária.

ABSTRACT

Accuracy of virtual orthodontic attachment bonding in comparison with that of the direct procedure

Orthodontic accessory bonding is considered one of the factors that most interferes in the expression of pre-adjusted appliances. Conventional direct or indirect techniques used fail to obtain the ideal position. The combination of novel technologies into indirect bonding digital methods offers new perspectives, seems to improve the accuracy related to the bonding position. The aim of the present study was to compare the accuracy of bonding orthodontic attachments in the digital environment in comparison with the direct procedure, considering the time of clinical experience of the professional. A total of 1120 artificial teeth, constituents of 40 identical models (20 solid sets + 20 digital sets), were equally distributed into two time intervals, between two groups of professionals: **Group I:** direct bonding (experienced clinicians); **Group II:** direct bonding (post-graduate students); **Group III:** virtual bonding (experienced clinicians); **Group IV:** virtual bonding (post-graduate students). The differences in individual positions between the experimental and reference accessories were measured after three-dimensional superimposition of models in customized software. The analyses were conducted at a level of significance of 5%. The Mann-Whitney test showed significant differences between the mean values of the errors in the vertical dimensions ($p = 0.029$) and angulation ($p = 0.041$), between groups I and II, and in the vertical dimension ($p = 0.020$) and angulation ($p = 0.019$), between groups III and IV; the paired Wilcoxon test showed that the differences were significant in the vertical ($p < 0.001$) and horizontal ($p < 0.001$) dimensions, between groups I and III and in the vertical ($p = 0.006$) dimension, between groups II and IV; the Chi-square test showed significant differences in the prevalence of the deviations in all the dimensions (horizontal $p < 0.002$; vertical $p < 0.001$; angulation $p < 0.001$), with time of experience being significant in the horizontal dimension ($p = 0.041$). Both groups failed to obtain accuracy. The percentage of errors in virtual bonding was significantly lower than those in the linear dimensions (vertical and mesio-distal), and higher in angulation. The percentage of error of the professionals with a longer time of clinical experience was lower in the horizontal dimension. Early diagnosis of deviation in the bonding positions could be of direct benefit to both professional and patient, by foreseeing discrepancies that may lead to undesirable orthodontic movements.

Key words: Dimensional Measurement Accuracy. Brackets Orthodontic attachment. Dental Bonding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das etapas de intervenção	27
Figura 2: Fluxograma de formação dos grupos de intervenção	27
Figura 3: Fluxograma de distribuição da amostra entre os grupos de intervenção ...	31
Figura 4: Etapas para obtenção dos modelos de aferição	32
Figura 5: Fluxograma do seguimento das intervenções, quanto às perdas amostrais	33
Figura 6: Aferição das colagens após sobreposição 3D de modelos	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dicionário das variáveis.....	25
Quadro 2: Distribuição dos modelos entre os grupos de operadores, pós-aleatorização das identificações.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 _(art.2) - TABLE 1: Distribution of the accessories in the groups of teeth and descriptive measurements of the original data, showing the deviations from ideal bonding, in the direct and virtual bonding procedures	52
Tabela 2 _(art.2) - TABLE 2: Comparative analysis between direct and virtual bonding with regard to error, considering each dimension evaluated.....	53
Tabela 3 _(art.2) - TABLE 3: Comparative analysis between virtual bonding and the direct procedure when the limit of deviation was 0.5 mm for the linear dimensions and 1° for angulation, in the dimensions evaluated.	54
Tabela 4 _(art.3) - TABLE 1: Inter-operator comparison of means of errors in positioning orthodontic attachments, measuring according to the bonding technique and in the dimensions evaluated.....	64
Tabela 5 _(art.3) - TABLE 2: Intra-operator comparison of means of errors in positioning orthodontic attachments, measuring according to the bonding technique, in the dimensions evaluated.....	65
Tabela 6 _(art.3) - TABLE 3: Frequency of bonding errors that exceeded the clinical limits (above 0.5 mm in the linear dimensions, and above 1° in angulation), according to the time of clinical experience, type of bonding and group of teeth, for each dimension evaluated.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa

MBT – McLaughlin, Bennet e Trevisi

MRI – Modelo real de Intervenção

MV – Modelo virtual

MVA – Modelo virtual de aferição

MVI – Modelo virtual de Intervenção

MVR – Modelo virtual de referência

SD – Standard Deviation

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
2	OBJETIVOS	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
4	METODOLOGIA EXPANDIDA	22
5	ARTIGOS	38
	• Artigo 1:	38
	• Artigo 2	47
	• Artigo 3	58
6	CONDERAÇÕES FINAIS	71
7	REFERÊNCIAS GERAIS	73
8	APÊNDICES E ANEXOS	79

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um dos fundamentos mecânicos da Ortodôntia fixa resulta basicamente de forças induzidas ao dente, via interação entre fios e acessórios ortodônticos. É evidente que o diagnóstico correto e o plano de tratamento coerente permanecem fundamentais para o sucesso final do tratamento. Para tanto, a montagem do aparelho constitui-se procedimento complementar, de forte impacto. A excelência na posicionamento de bráquetes ortodônticos é o fator determinante para a correta dissipação de forças e a progressão do tratamento (GERMANE *et al.*, 1989, CREEKMORE *et al.*, 1993, POLING, 1999, MCLAUGHLIN & Bennett *et al.*, 2015,). Dependendo da magnitude, desvios no posicionamento dos acessórios podem comprometer desde o correto posicionamento de um dente e sua integridade funcional, ou mesmo refletir em distorção de toda mecânica (GERMANE *et al.*, 1990; MIETHKE *et al.*, 1999).

Tradicionalmente, bráquetes e tubos são colados diretamente nas superfícies dentárias (NEWMAN, 1965) ou, indiretamente, em modelos de gesso para posterior transferência aos dentes (SILVERMAN *et al.*, 1972). Embora os resultados dos estudos apontem maior padronização e consistência das posições nessa segunda abordagem, evidências atuais não suportam sua indicação em substituição à colagem direta, visto que ambas as técnicas falham em alcançar acurácia (KOO *et al.*, 1999, HODGE *et al.*, 2004, ISRAEL *et al.*, 2011, NICHOLS *et al.*, 2013, CASTILLA *et al.*, 2014).

Inúmeros fatores somam-se aos desafios para obtenção da posição ideal dos acessórios ortodônticos, tais como variações nas morfologias dos dentes e nas relações intermaxilares de um mesmo indivíduo e entre indivíduos diferentes, que demandam procedimentos individualizados do caso e de cada dente (BRYANT *et al.*, 1984, GERMANE *et al.*, 1990, MIETHKE *et al.*, 1999, VAN LOENEN *et al.*, 2005, HU *et al.*, 2009, VERMA *et al.*, 2014), complexidade da má oclusão e tipo de bráquete (customizado ou não; auto-ligado ou convencional) (BIRDSALL *et al.*, 2013), *design* do guia de transferência (unitário ou arco completo) (BEYLING *et al.*, 2012) e material empregado para produzi-lo (resina acrílica, silicone, material termoplástico) (Castilla *et al.*, 2014; Nojima *et al.*, 2015), variação da percepção da posição ideal (FOWLER, 1990, ARMSTRONG *et al.*, 2007), entre outros.

Na tentativa de sanar o problema da acurácia, crescem o número de pesquisas direcionadas ao refinamento dos protocolos indiretos (SUÁREZ *et al.*, 2010, ISRAEL *et al.*,

2011, OH *et al.*, 2012). Nas últimas décadas, com a incorporação de novas tecnologias à ortodontia, diferentes sistemas comerciais têm sido disponibilizados, incluindo-se *softwares* multifuncionais que, no geral, integram modelos digitais tridimensionais, *setup* e colagens virtuais e guias de transferência prototipadas (OH *et al.*, 2012, BEYLING *et al.*, 2013). No entanto, ainda que na interface tecnológica os protocolos tenham sido otimizados, especialmente no planejamento e na fase laboratorial, os sistemas digitais não demonstraram garantir acurácia (ISRAEL *et al.*, 2011, ALFORD *et al.*, 2011, LARSON *et al.*, 2012).

Nesse contexto de inovações, a ortodontia virtual, objetivando maior efetividade e controle terapêutico, é passo irreversível. Um dos desafios é transpor a precisão das ferramentas digitais às técnicas de colagem de acessórios ortodônticos. Aos tradicionais fatores de imprecisão (CASTILLA *et al.*, 2014, GRÜNHEID *et al.*, 2016, SCHMID *et al.*, 2018), somam-se limitações inerentes aos softwares ortodônticos, bem como a significativa curva de aprendizado profissional. Acessórios erroneamente posicionados no modelo virtual podem resultar em discrepâncias capazes de perdurar, comprometendo a dinâmica terapêutica.

A acurácia da colagem assistida por computador, previamente à expressão dos aparelhos pré-ajustados, ainda não foi descrita na literatura. Do mesmo modo, investigações sobre a influência da experiência clínica têm sido pouco exploradas. A possibilidade de aferir posição antevendo erros que ultrapassam os limites clínicos pode subsidiar decisões de intervenções precoces, minimizando, portanto, o risco da progressão de movimentos ortodônticos indesejáveis.

Assim, é inédita a proposta de modelo de ensaio laboratorial com metodologia inteiramente digital, que assegura comparabilidade entre os resultados com maior precisão na aferição. Adicionalmente, um ensaio comparativo *in vitro* permite que grande parte das condições que influenciam no posicionamento seja devidamente controlada. O objetivo do presente estudo foi comparar a acurácia da colagem virtual vestibular de acessórios ortodônticos em relação ao procedimento direto, considerando a influência do tempo de experiência clínica do profissional executor da colagem.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL:

Comparar a acurácia da colagem virtual vestibular de acessórios ortodônticos em relação ao procedimento direto e avaliar a influência do tempo de experiência clínica do profissional executor da colagem.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar **os valores dos desvios das posições de colagem**, nas dimensões lineares e angular, em ambos os métodos de colagem;
2. Comparar **os métodos** de colagem em relação às **variações dos desvios** das posições individuais dos acessórios;
3. Comparar **os grupos de operadores** em relação às **variações dos desvios** das posições individuais dos acessórios;
4. Comparar as prevalências dos **erros que ultrapassaram os limites clínicos**, em relação aos **métodos** de colagem;
5. Comparar as prevalências dos **erros que ultrapassaram os limites clínicos**, em relação ao tempo de **experiência clínica dos operadores**.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Há aproximadamente 40 anos, Andrews desenvolveu o primeiro aparelho de fio reto, ou seja, criou um aparelho de natureza totalmente tridimensional, constituído de braquetes que já possuíam no seu desenho as características ideais de cada elemento dentário (1ª, 2ª e 3ª ordens) (ANDREWS, 1989). Isso trouxe como consequência o aumento na consistência dos resultados do tratamento ortodôntico, bem como maior eficiência (MCLAUGHLIN & BENNETT, 2015). A experiência com a "prescrição" de Andrews, no entanto, mostrou que as posições dentárias individuais programadas nem sempre eram alcançadas. Isto é evidenciado pela proliferação de prescrições adicionais. Todas elas, com o objetivo comum de encurtar ainda mais os estágios de alinhamento e finalização do tratamento ortodôntico, minimizando a quantidade de dobras no fio (CREEKMORE *et al.*, 1993). Um elemento crítico no sucesso desse tipo de aparelho é que cada acessório deve ser posicionado com precisão em todos os dentes do arco, uma vez que é a excelência na colocação de bráquetes ortodônticos, em grande medida, que impacta diretamente na correta dissipação de forças e progressão do tratamento (CARLSON *et al.*, 2001).

- Prescrições das posições de colagem

Do mesmo modo que falta consenso quanto a programação dos acessórios, não há consenso entre os pesquisadores quanto as posições ideais de colagem durante a montagem do aparelho. Intrínseco a cada prescrição, o ortodontista tem uma fórmula de colagem com posições pré-definidas para cada dente. Ao longo dos anos, diferentes protocolos de posicionamento de bráquetes foram recomendados para o sistema pré-ajustado. ANDREWS (1879), a partir da análise de 120 pares de modelos com oclusão normal não tratada, determinou quais seriam as posições adequadas para os dentes do ponto de vista anatômico. Definiu uma linha de referência na coroa dentária para que se efetuasse um correto posicionamento do braquete, o que ele chamou de eixo vertical da coroa clínica (EVCC). Preconizou que os bráquetes deveriam ser posicionados exatamente no centro vertical da coroa nesta linha. MCLAUGHLIN & BENNETT (1995) propuseram uma variação do posicionamento baseado em diferentes tamanhos dentários e disponibilizaram uma tabela com medidas padronizadas que devem ser selecionadas a partir de similaridades entre as medidas dos centros das coroas obtidas clinicamente. Preconizaram também o uso do medidor de altura para aumentar a precisão vertical. Com a técnica Vari-

Simplex, ALEXANDER (1983) prescreveu que o posicionamento dos acessórios deve seguir uma altura pré-determinada e varia de acordo com a coroa clínica, tendo como referência os pré-molares inferiores. VIAZIS (1995) propôs uma variação do posicionamento baseado em diferentes tamanhos dentários; recomendou que a altura dos acessórios deve seguir uma proporção, com diminuição de alturas dos dentes anteriores para posteriores.

- Fatores de risco dos erros de colagem

Uma gama de fatores dificulta a obtenção de acurácia na colagem de acessórios ortodônticos, tais como variações nas morfologias dos dentes e nas relações intermaxilares de um mesmo indivíduo e entre indivíduos diferentes que demandam procedimentos individualizados do caso e de cada dente (BRYANT *et al.*, 1984, GERMANE *et al.*, 1990, MIETHKE *et al.*, 1999, VAN LOENEN *et al.*, 2005, HU *et al.*, 2009, VERMA *et al.*, 2014), complexidade da má oclusão, tipo de bráquete (customizado ou não; auto-ligado ou convencional) (BIRDSALL *et al.*, 2012), design do guia de transferência (unitário ou arco completo) (BEYLING *et al.*, 2013) e material empregado para produzi-lo (resina acrílica, silicone, material termoplástico) (CASTILLA *et al.*, 2014, NOJIMA *et al.*, 2015), variação da percepção da posição ideal (FOWLER, 1990), entre outros.

Um estudo que avaliou o contorno da superfície vestibular de 600 dentes maxilares e mandibulares revelou que a magnitude da variação entre os pacientes ou as alturas potenciais de colocação dos bráquetes eram incompatíveis com os valores de torques das prescrições até então disponíveis (GERMANE *et al.*, 1989). Isso significa que os parâmetros que definem a altura de colagem parecem estabelecer erro padronizado (CARLSON *et al.*, 2001). O posicionamento do acessório no centro da coroa clínica do pré-molar, por exemplo, pode resultar em discrepância marginal entre estes e os molares, ou seja, contatos proximais desequilibrados com desnivelamento de até 1 mm, bem como em ausência de contatos entre antagonistas (ELIADES *et al.*, 2005). Os autores creditaram essa discrepância à diferença de altura observada entre a cúspide vestibular e lingual dos pré-molares, bem como a variação na colocação do tubo ou banda molar.

Comparando-se os posicionamentos guiados pelo centro da coroa clínica e pela distância da borda incisal, ambas as técnicas necessitaram de intervenções para compensar as imprecisões (ARMSTRONG *et al.*, 2007). Confirmando estes resultados, modelos foram tratados virtualmente, adotando-se um protocolo de colocação de bráquetes

com valores fixos das bordas incisais e superfícies oclusais e uma única prescrição de bráquetes, resultando em alterações significativas no nivelamento das cristas maginais dos pré-molares superiores e inferiores (SUÁREZ *et al.*, 2010).

A variabilidade intra e inter-profissionais da percepção de posição ideal também endossa lista dos inúmeros fatores associados a erros nas posições de colagem. Mostra-se mais acentuada quando se trata da determinação do longo eixo axial da coroa clínica, em comparação ao centro da coroa clínica (FOWLER, 1990). No julgamento entre as dimensões angular e linear, a imprecisão é maior em relação à primeira variável, com maior variabilidade na angulação, comparada à altura (TAYLOR *et al.*, 1992). Nesse contexto de influência dos operadores, ARMESTONG *et al.* (2007) observaram que o tempo de experiência clínica não parece influenciar na acurácia de posicionamento dos acessórios. Nos estudos de interação entre as variáveis, no posicionamento, com o uso de instrumento de medição, o tempo de experiência não alterou o padrão de propensão a falhas (MOTA JÚNIOR *et al.*, 2015). Resultado semelhante foi observado quando se utilizou somente a percepção visual (ARMSTRONG *et al.*, 2007).

- Implicações dos erros de colagem

Existem diferentes maneiras pelas quais as posições dos acessórios ortodônticos podem desviar-se do ideal: 1) erros horizontais levando a rotações; 2) erros axiais ou de paralelismo, resultando em angulações incorretas; 3) erros de espessura, com adição de mais ou menos material na interface dente-base do acessório e 4) erros verticais, levando à intrusão ou extrusão, e alterações no torque e na posição vestibulo-lingual (MCLAUGHLIN *et al.*, 1995). Isso significa que o posicionamento inadequado pode tornar ineficaz até mesmo a prescrição mais personalizada (CARLSON *et al.*, 2001).

Desvios nos posicionamentos dos acessórios podem comprometer desde o correto posicionamento de um dente e sua integridade funcional ou mesmo refletir em distorção de toda mecânica (GERMANE *et al.*, 1990, MIETHKE *et al.*, 1999, SARDARIAN *et al.*, 2014). Posições dentárias instáveis, ausência de paralelismo radicular, impacção alimentar devido às discrepâncias entre as cristas marginais, e fracasso no estabelecimento de uma oclusão mutuamente protegida configuram-se entre as principais implicações clínicas associadas aos erros (PIZAN *et al.*, 2003).

Na dimensão vertical, as consequências de erros podem implicar em dentes desnivelados, em alterações nos torques, nas inclinações vestibulo-linguais (GERMANE *et*

al., 1989; MCLAUGHLIN *et al.*, 1995), bem como em alterações no comprimento do arco (HUSSELS *et al.*, 1987); inclinações incorretas podem gerar contatos prematuros, interferências oclusais ou falta de contato durante movimentos excursivos; variações nas angulações podem resultar no posicionamento inadequado do ápice radicular, na ausência de paralelismo radicular, na instabilidade da oclusão, em pontos de contato deficientes, discrepâncias nas alturas das cristas marginais, em alteração no posicionamento axial coronal, comprometendo a estética, a ancoragem, entre outros (CASCO *et al.*, 1998; ELIADES *et al.*, 2005; BEHREND *et al.*, 2011; BARROS *et al.*, 2017).

Erros que ultrapassam 0,5 mm nas dimensões lineares e de 1° na angular influenciam a direção e a magnitude do movimento dentário (CASCO *et al.*, 1998). O resultado de tratamento fica comprometido quando há discrepância de 0,5 mm nas categorias “alinhamento” e “cristas marginais”. Do mesmo modo, angulação inadequada de 2° reflete em desvio de 0,5 mm na crista marginal do molar (CASCO *et al.*, 1998). Deslocamento vertical de 1 mm no sentido ocluso-cervical afeta o torque em aproximadamente 2° nos incisivos centrais e laterais, em 3° nos caninos e 8° nos pré-molares e molares (MESTRINER *et al.*, 2006). Em relação à posição dos incisivos superiores, o limiar de percepção relativa ao comprimento da coroa dentária é de 0,5 mm (BEHREND *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a confiabilidade do centro clínico da coroa para predizer o nivelamento do rebordo marginal tem sido questionada, mostrando que há diferença entre a compensação vertical necessária para nivelar os centros clínicos da coroa e aquela necessária para nivelar as cristas marginais (ELIADES *et al.*, 2005, BARROS *et al.*, 2017). A montagem do aparelho fixo é, portanto, um processo complexo, no qual objetiva-se não o nivelamento das pontas de cúspides, mas o nivelamento das cristas marginais e pontos de contato, além dos pontos que definem a sobremordida ideal, a exposição de incisivos e a curva do sorriso (GERMANE *et al.*, 1989, ELIADES *et al.*, 2005, PITTS, 2017).

- Estudos comparativos sobre os métodos de colagem

Apesar da importância da obtenção da posição ideal de colagem de acessórios ortodônticos durante a montagem dos aparelhos pré-ajustados, relativamente poucos estudos têm sido realizados sobre o tema. Além disso, a multiplicidade de protocolos disponíveis dificulta estudos comparativos.

AGUIRRE *et al.* (1982) conduziram estudo pré-clínico para comparar a acurácia dos posicionamentos pelo método direto e indireto tradicional. Em relação ao posicionamento

vertical, não houve diferença estatisticamente significativa entre as técnicas. As únicas exceções foram os caninos superiores, nos quais a técnica indireta rendeu os melhores resultados, e nos 2^{os} pré-molares inferiores, cuja técnica direta posicionou os bráquetes mais próximos do ideal. Em relação à angulação, houve diferença estatisticamente significativa nos caninos superiores e inferiores, e a colagem indireta foi mais precisa. No geral, os erros de posicionamento na angulação foram superiores aos das dimensões lineares.

FOWLER (1990) realizou uma investigação sobre a variabilidade na percepção da localização dos bráquetes. Os resultados mostraram que a variabilidade intra e inter-examinadores para o longo eixo da angulação da coroa clínica (LACC) foi grande, enquanto ocorreram variações muito pequenas na localização do longo eixo (LA). A experiência e o treinamento dos profissionais envolvidos reduziram significativamente a variabilidade na angulação de LACC, mas tiveram pouco efeito sobre a localização do ponto de LA.

BALUT *et al.* (1992), em estudo pré-clínico sobre a acurácia da colagem direta, encontraram diferenças significativas tanto no posicionamento vertical quanto na angulação. A remoção de obstáculos clínicos, como o manejo do paciente, o controle do isolamento e as dificuldades de visualização não eliminaram os erros de colagem. As discrepâncias de erros médios verticais e angulares foi de 0,34 mm e 5,54 graus, respectivamente.

TAYLOR *et al.* (1992), em estudo pré-clínico, avaliaram a consistência nos posicionamentos dos acessórios em dentes anteriores e mostraram que o julgamento dos operadores em relação à dimensão angular foi a mais crítica, com menos reprodutibilidade em comparação às lineares; a variabilidade foi mais significativa para a angulação e mínima para a altura.

Koo *et al.* (1999) investigaram, em estudo *in vitro*, a acurácia dos posicionamentos entre as técnicas direta e indireta. Encontraram melhorias mínimas na colagem indireta, no entanto, ambos falharam em alcançar a posição ideal. No geral, houve maior assertividade das posições verticais com a técnica indireta.

Pizan *et al.* (2003) orientaram alunos de pós-graduação em ortodontia a construir visualmente os ângulos de 3^o, 5^o e 7^o a partir das linhas de referência com o objetivo de avaliar a confiabilidade na acuidade visual ao se posicionar um acessório ortodôntico. A acuidade visual, independente da experiência profissional, apresentou-se insuficiente para o estabelecimento de uma correta angulação do acessório ortodôntico.

Hodge *et al.* (2004), em estudo clínico, prospectivo e randomizado, não encontraram discrepâncias nas taxas de erros entre as técnicas direta e indireta. Em relação à distribuição, foram mais prevalentes na altura do que na posição mesiodistal e menos na angular. Do mesmo modo, ocorreram mais na maxila que na mandíbula.

A acurácia dos métodos de posicionamento vestibular tem apresentado sucesso variável entre as várias investigações. Infelizmente, os resultados apontam que ambas as técnicas tradicionais de colagem, direta ou indireta, falham em alcançar a acurácia (KOO *et al.*, 1999; MOHAMMADI *et al.*, 2011), ainda que essa última seja mais consistente e permita maior padronização das posições (KALANGE, 2004, NICHOLS *et al.*, 2013). Na tentativa de sanar o problema da acurácia, é crescente o número de pesquisas direcionadas ao refinamento dos protocolos indiretos (CIUFFOLO *et al.*, 2006, SUÁREZ *et al.*, 2010, ISRAEL *et al.*, 2011, OH *et al.*, 2012).

Nas últimas décadas, com a incorporação de novas tecnologias à ortodontia, diferentes sistemas comerciais têm sido disponibilizados, incluindo-se softwares multifuncionais que no geral integram modelos digitais tridimensionais, *setup* e colagem virtuais e guias de transferência prototipados (OH *et al.*, 2012, BEYLING *et al.*, 2013). Entretanto, ainda que na interface tecnológica os protocolos tenham sido otimizados, especialmente no planejamento e na fase laboratorial, os sistemas digitais não demonstraram garantia de acurácia (ISRAEL *et al.*, 2011).

Na colagem vestibular em ambiente virtual, os resultados são divergentes e parecem depender em especial do tipo de software investigado, bem como do delineamento metodológico do estudo (GARINO *et al.*, 2005, SACHDEVA, 2001). As metodologias de investigação dos protocolos convergem para a avaliação da qualidade da montagem do aparelho em fase subsequente, ou seja, pela quantificação dos benefícios clínicos pós-tratamento (ISRAEL *et al.*, 2011, BROWN *et al.*, 2015, KIM *et al.*, 2018). O impacto dessa abordagem foi descrito em um estudo de caso clínico, no qual dois tipos de má oclusão foram tratados com sucesso com o software OrthoCad (GARINO *et al.*, 2005). No entanto, utilizando-se desse mesmo sistema em ensaio laboratorial, os resultados do estudo de ISRAEL *et al.* (2011) não mostraram posicionamentos mais precisos, em relação às técnicas tradicionais de colagem indireta.

Comparando-se os resultados da finalização de dois grupos de 62 pacientes conduzidos com o sistema SureSmile (OraMetrix, Richardson, Tex) e método convencional, percebeu-se que o tratamento assistido por computador resultou numa menor pontuação, de acordo com os critérios da ABO - American Board of Orthodontics (SAXE *et al.*, 2010).

Do mesmo modo, em outro estudo clínico com quantidade similar de pacientes, os resultados da finalização foram significativamente mais baixos, nas categorias alinhamento de primeira ordem e rotação e fechamento do espaço interproximal (ALFORD *et al.*, 2011).

A análise dos desfechos clínicos das posições dentárias individuais de 23 pacientes, em relação às previstas no planejamento virtual, mostrou houve variação segundo o tipo de dente e dimensão do movimento; as discrepâncias excederam os limites clínicos (0,5 mm e 2°, dimensões lineares e angulares, respectivamente) em todos os dentes, exceto para o torque dos segundos pré-molares inferiores e angulação nos segundos pré-molares e primeiros molares inferiores (LARSON *et al.*, 2012).

Resolução de caso clínico complexo ortocirúrgico, em paciente Classe III com mordida aberta, foi apresentada com a colagem intermediada pelo sistema 3Txer (Orapix, Seoul, Korea) (OH *et al.*, 2012). Utilizando-se desse mesmo sistema, em experimento laboratorial, para avaliar o efeito da altura da cúspide dos dentes posteriores, KIM *et al.* (2018) observaram discrepância entre a posição digital e a posição real pós colagem guiada, apontando que uma maior tendência a erros quando as cúspides são mais altas deve ser considerada em ambiente virtual.

Atualmente, os serviços de colagem virtual são disponibilizados tanto para colagem com e sem simulação do resultado terapêutico (NICHOLS *et al.*, 2013). Esta primeira opção, ainda que amplie a possibilidade de acerto, configura fator limitante, face ao custo adicional do setup que demanda maior tempo e capacitação para a operacionalização dos softwares.

4 METODOLOGIA EXPANDIDA

● Considerações éticas

O presente estudo, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais CAAE 78890217.0.0000.5149 (Anexo A e Apêndice A, respectivamente).

● Delineamento metodológico

Estudo *in vitro*, prospectivo, comparativo, com amostra significativa, no qual modelos de manequim odontológico idênticos quanto ao tipo de má oclusão (classe I com apinhamento leve/moderado) foram submetidos à colagem de acessórios ortodônticos em ambiente virtual (colagem virtual) e em condições laboratoriais (colagem direta).

● Amostra

- Unidade experimental:

Unidade dentária (dentes artificiais).

- População alvo:

40 conjuntos de modelos idênticos, constituídos por 1120 dentes artificiais.

- Cálculo amostral:

Para o cálculo amostral foram considerados os achados do ensaio clínico - *A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement* – que apontou erro médio de 0,26 mm, com desvio-padrão de 0,46, no posicionamento vertical, em colagem direta de bráquetes (HODGE *et al.*, 2004). Para comparação entre dois grupos, adotou-se nível de significância de 5%, poder do estudo de 80%, considerando-se diferença clínica de 50% a ser detectada entre as técnicas, o que resultou em 244 dentes e 9 participantes para cada grupo de intervenção (ARMITAGE *et al.*, 1987). Considerando as perdas de 20% a amostra foi ampliada para 280 dentes, com 10 participantes para cada grupo de intervenção.

- Plano amostral:

Modelo único de manequim odontológico (Dent-Art, São Paulo, Brasil), em normoclusão, pertencente ao acervo do laboratório de pré-clínica da Faculdade de Odontologia, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foi digitalizado para incorporação virtual da má oclusão. A configuração resultante serviu como base para obtenção de todos os modelos do estudo: 1. foi tratada virtualmente, para geração do modelo virtual de referência (MVR); 2. foi replicada em 20 conjuntos dos modelos virtuais de intervenção (MVI) – *posteriormente submetidos aos procedimentos de colagem virtual*; 3. e foi prototipada em 20 conjuntos de modelos reais de intervenção (MRI) – *posteriormente submetidos ao procedimento direto*.

● Critérios de elegibilidade

- Inclusão:

Dentes do 15 ao 25 e do 35 ao 45 com bráquete metálico, caneleta .022" x .028", pré-ajustado, prescrição MBT, da série *Mini Master (American Orthodontics®)*, Sheboygan, EUA).

Dentes 16, 17, 26, 27, 36, 37, 46 e 47 com tubo simples, pré-ajustado, prescrição MBT, da série *Ifit Non Convertible Buccal (American Orthodontics®)*, Sheboygan, EUA).

- Exclusão:

Não colagem do bráquete e/ou tubo pelos operadores

● Critérios de perda

Dentes com bráquetes e/ou tubos descolados pós-procedimento direto;

Erro de leitura do escâner

● Definição das variáveis

- Variável dependente

a) Acurácia da colagem

É o acerto na posição de colagem do acessório ortodôntico em cada dente, simultaneamente nas três dimensões (altura, posição méso-

distal e angulação), em relação à colagem virtual de referência validada para o estudo.

- *Componente vertical* (altura): é a medida linear, em milímetro, do centro da canaleta do bráquete ou do cilindro do tubo simples à borda oclusal/incisal do dente; considerando-se a posição ideal, os valores com desvio no sentido gengival são positivos e os valores com desvio no sentido incisal/oclusal são negativos.

- *Componente horizontal* (posição méso-distal): é a medida linear, em milímetro, entre a linha vertical central que passa pela canaleta do bráquete ou do cilindro do tubo simples em relação à linha vertical da coroa clínica; considerando-se a posição ideal (zero), ou seja, coincidência da linha vertical do centro do bráquete com o eixo vertical vestibular da coroa clínica, os valores, desviados para mesial são positivos e os desviados para distal são negativos.

- *Componente angular* (angulação): é a medida, em ângulo, entre a linha vertical que passa no meio canaleta do bráquete ou do cilindro do tubo simples em relação à linha vertical da coroa clínica; considerando-se a angulação ideal (essas linhas encontram-se paralelas, logicamente com o acessório centralizado), desvios angulares no sentido gengival, assumiram valores positivos e, no sentido incisal/oclusal, valores negativos.

b) Erros que ultrapassam o limite clínico

Desvios das posições individuais dos acessórios experimentais em relação à colagem de referência validada para o estudo: superior a 0,5 mm, nas dimensões lineares e superior a 1°, para a angulação.

Variáveis independentes

- Número específico do dente: notação dentária FDI (Federação Dentária Internacional) - 11 e 21 Incisivo central superior; 41 e 31 Incisivo central inferior; 12 e 22 Incisivo lateral superior; 42 e 32 Incisivo lateral inferior; 13 e

23 Canino superior; 43 e 33 Canino inferior; 14 e 24 primeiro pré-molar superior; 44 e 34 Primeiro pré-molar inferior; 15 e 25 Segundo pré-molar superior; 45 e 35 Segundo pré-molar inferior; 16 e 26 Primeiro molar superior; 46 e 36 Primeiro molar inferior; 17 e 27 Segundo molar superior; 47 e 37 Segundo molar inferior

- Grupo de dente: refere-se à categoria do dente (incisivo, canino, pré-molar, molar).

- Tipo de arco: arco maxilar; arco mandibular.

- Região do arco: anterior (incisivo) posterior (canino a molar)

- Experiência profissional: ortodontista com mais de 5 anos de atuação na prática clínica, considerado como profissional experiente; pós-graduandos em ortodontia, com menos de 3 anos de atuação, o grupo dos profissionais não experientes.

● Estruturação do banco de dados

A digitalização dos dados inicialmente foi estruturada no programa Excel 2013® (Microsoft Corp®, Redmond, EUA) de acordo com a padronização estabelecida no “dicionário de variáveis” (Quadro 1).

Quadro 1: Dicionário das variáveis

Variável	Tipo de variável	Nome da variável	Categoria
quant_err_col_vert	Quantitativa contínuo	Quantidade de erro de colagem, em relação à altura (mm)	
quant_err_col_hor	Quantitativa contínuo	Quantidade erro de colagem, em relação à rotação (mm)	
quant_err_col_ang	Quantitativa contínuo	Quantidade de erro de colagem, em relação à angulação (graus)	
Acu_colag	Qualitativa	Acerto na posição de colagem do acessório ortodôntico em cada tipo de	1- (sim – acerto) 2- (não - erro)

		dente, considerando as três dimensões simultaneamente	
nº_dent	Qualitativa	Número do dente	11 a 17; 12 a 27; 31 a 37; 41 a 47
grup_dent	Qualitativa	Grupos de dentes	1- Incisivos 2- Caninos 3- Pré-molares 4- Molares
nº_mod	Quantitativa discreta	Número do modelo	1 a 48
tip_arc	Qualitativa	Tipo de arco	1 "superior"; 2 "inferior"
reg_arc	Qualitativa	Região do arco	1 "anterior"; 2 "superior"
mét_de_col	Qualitativa	Métodos de colagem	1 "colagem direta"; 2 "colagem virtual"
gru_col	Qualitativa	Grupos de colagem	1 "CD-o"; 2 "CD-pg"; 3 "CV-o"; 4 "CV-pg"
prof_exe_col	Qualitativa	Profissional que executou o procedimento	1 "ortodontista"; 2 "pós-graduando"
temp_exp_prof	Quantitativa Contínua	Tempo de experiência profissional, em anos	

• DADOS

- Etapas da coleta

A coleta de dados envolveu digitalização de modelo de manequim odontológico, incorporação virtual de má oclusão (para geração dos modelos virtuais de intervenção), tratamento virtual de má oclusão (para geração do modelo de referência), prototipagem de modelos sólidos (para os procedimentos de colagem direta) e aferição digital das posições individuais de colagem. O fluxograma abaixo (Fig. 1) resume as etapas da coleta.

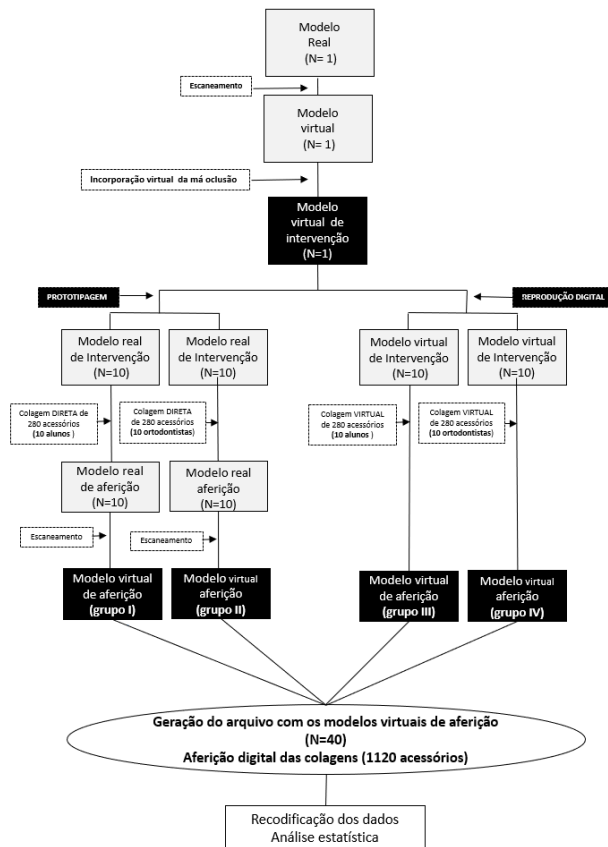


Figura 1: Fluxograma das etapas de intervenção

1 – Formação dos grupos de intervenção

Foram convidados a participar do estudo (apêndice A) dez colegas Ortodontistas com tempo de experiência clínica superior a cinco anos, para representarem o grupo de profissionais experientes e dez pós-graduandos em Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFMG, representando o grupo de profissionais como pouca experiência (Armstrong *et al.*, 2007) (Fig. 2).

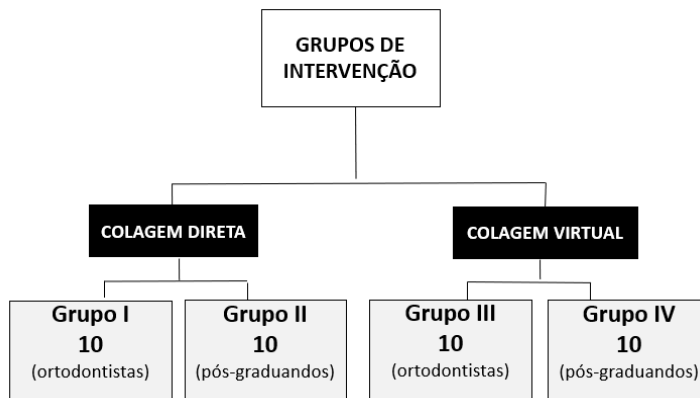


Figura 2: Fluxograma de formação dos grupos de intervenção

2 - Obtenção do modelo virtual (MV)

Para obtenção de modelos experimentais idênticos, um único manequim odontológico (Dent-Art, São Paulo, Brasil), em normocclusão, dentição completa, exceto os 3^{os} molares, foi digitalizado (escâner de bancada - Scanner Ultrafast Optical Sectioning™ - Trios® orthodontic) para geração do modelo virtual (MV).

3 - Obtenção dos modelos virtuais de intervenção (MVI)

O MV obtido foi importado (software 3 Shape, módulo *OrthoAnalyzer*™) e preparado para geração da má oclusão, o que envolveu basicamente três etapas: (1) definição dos planos ortogonais de referência; (2) preparação do modelo; (3) segmentação das unidades dentárias. O plano oclusal que serviu de referência para o posicionamento tridimensional dos elementos dentários foi construído a partir de três pontos distintos, as pontas de cúspide mesio-palatinas dos primeiros molares e borda incisal interincisivos (Sjögren *et al.*, 2010). Uma vez preparado, foram incorporadas alterações posicionais específicas, em múltiplas unidades dentárias, em ambos os arcos, no qual seis dentes permaneceram alinhados e nivelados, 6 sofreram alterações nas alturas, 6 no componente angular e 10, simultaneamente nas três dimensões. O modelo digital final resultou em padrão de má oclusão Classe I, com apinhamento leve/moderado. Esta configuração foi então reproduzida em 20 conjuntos de modelos virtuais idênticos, denominados de modelos virtuais de intervenção (MVI).

4 - Obtenção dos modelos reais de intervenção (MRI)

A configuração do MVI foi reproduzida por prototipagem (impressora Eden 500 da Stratasys, com resolução de 16 micra, no material opaco MED620) para geração dos 20 conjuntos de modelos sólidos idênticos, denominados de modelos reais de intervenção (MRI).

5 - Obtenção do modelo virtual de referência (MVR)

Para geração do modelo virtual de referência (MVR) a má oclusão incorporada foi tratada virtualmente, por um técnico de laboratório especializado, sob supervisão presencial do pesquisador. Para tal, foram selecionados na biblioteca do programa (módulo *Ortho Analyze* versão 2017), a mesma marca e prescrição de bráquetes utilizada nos modelos de intervenção - bráquetes metálicos, caneleta .022 x .028 polegadas, pré-ajustado, prescrição MBT, da série Mini Master (American Orthodontics®, Sheboygan, EUA) e tubos simples, pré-ajustado, prescrição MBT, da série I-fit Non Convertible Buccal (American Orthodontics®, Sheboygan, EUA). Inicialmente foi realizado o setup, o posicionamento virtual dos acessórios no arco ideal, em fio de aço inoxidável de .021" x .025", de forma a simular respectivas posições ideais de colagens pós-tratamento. Nessa etapa refina-se manualmente as posições dentárias de forma que conjunto das configurações tridimensionais de cada unidade dentária resulte no padrão de oclusão dentária preconizado pelas "Seis Chaves de Oclusão Normal": relação de molar, angulação das coroas, inclinação das coroas, rotações, contatos interproximais e Curva de Spee (Andrews, 1972). Em seguida, a configuração das posições finais obtidas foi revertida para a má oclusão inicialmente incorporada.

6 - Protocolo da colagem direta:

1. As intervenções foram realizadas no laboratório de treinamento pré-clínico, na área de Materiais Dentários e Ortodontia, da Faculdade de Odontologia da UFMG;
2. Os conjuntos de modelos sólidos prototipados foram individualmente acoplados às cabeças de manequins odontológicos;
3. Organização da bancada (tubos, bráquetes e posicionadores de acessórios);
4. Os participantes foram orientados, verbalmente, a executar as colagens seguindo a rotina de sua prática clínica, ficando a critério de cada um usar ou não quaisquer

- instrumentos de mensuração (Estrela de Boone, paquímetro, régua milimetrada, compasso de pontas, etc), todos disponíveis no local;
5. Aplicação de fina camada de adesivo (Transbond XT, 3M Dental Products, St Paul, MN, USA), na face vestibular dos dentes, seguido por irradiação de luz led por 10 segundos, em cada arco; as etapas de 2, 3 e 5 foram executadas pela pesquisadora;
 6. Tubos, bráquetes, pinças e posicionadores foram entregues ao profissional participante que distribuiu resina (Transbond XT, 3M Dental Products, St Paul, MN, USA) nas respectivas bases dos acessórios e posterior posicionamento dos mesmos; a sequência de distribuição das colagens ficou a critério de cada profissional; polimerização da resina por 10 segundos, em cada acessório;
 7. Similar metodologia de colagem foi reproduzida aos dentes mandibulares.

7 - Protocolo de colagem virtual

1. Foi enviado, ao e-mail de cada participante, vídeo institucional da empresa que comercializa o software em investigação (3 Shape, Copenhagen – Dinamarca), juntamente a texto escrito explicativo sobre como se daria a interação com mesmo e bem como sobre que condições os modelos digitais seriam apresentados momentos antes de efetivarem as colagens;
2. Toda a comunicação foi realizada pela web, via Skype, com a interação, entre o operador do software e o profissional participante, mantida estritamente anônima durante todo o processo.
3. O protocolo de colagem foi padronizado de forma que todos os acessórios se encontrassem previamente distribuídos no “FA point”, ou seja, no ponto médio do eixo facial da coroa clínica, da superfície vestibular de todos os dentes, maxilares e mandibulares, manobra realizada automaticamente pelo programa. Também nessa etapa a operacionalização do software ficou a cargo do técnico do laboratório.
4. De um lado, um ortodontista do laboratório especializado manipulava o software; no laboratório de pré-clínico, cada participante, emitindo apenas comando de voz, determinava a posição definitiva do acessório, de acordo com sua percepção de colagem ideal;
5. Todos os participantes realizaram o procedimento de colagem a partir do monitor de um mesmo notebook;

6. Durante todas as colagens, o pesquisador manteve-se presente, na condição de observador.

8 - Intervenção

Para efetivar os procedimentos de colagem, 40 conjuntos de modelos idênticos (20 conjuntos sólidos + 20 conjuntos digitais) foram igualmente distribuídos, em dois tempos distintos, entre dois grupos de profissionais: grupo I: CDO (colagem direta _ profissionais experientes); grupo II: CDA (colagem direta _ pós-graduandos); grupo III: CVO (colagem virtual _ profissionais experientes); grupo IV: CVA (colagem virtual _ pós-graduandos) (Fig. 3).

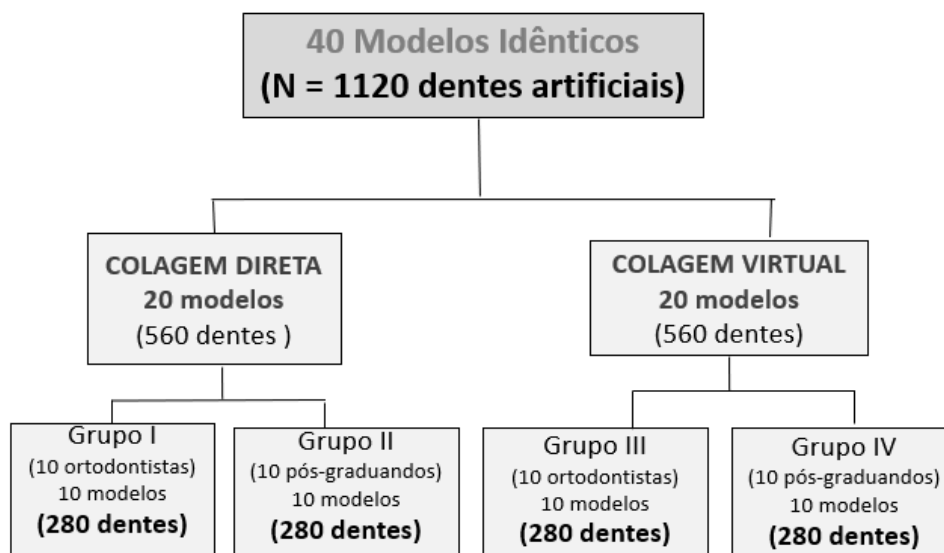


Figura 3: Fluxograma de distribuição da amostra entre os grupos de intervenção

Uma vez finalizadas as intervenções, os modelos sólidos foram digitalizados (escâner intra-oral - *Scanner 3D, Ultrafast Optical Sectioning™ - Trios® orthodontic*) para constituição da amostra final, perfazendo um total de 40 conjuntos de modelos digitais (formato stl), denominados de modelos virtuais de aferição (MVA). As etapas para obtenção desses modelos encontram-se ilustradas a seguir (Fig. 4)

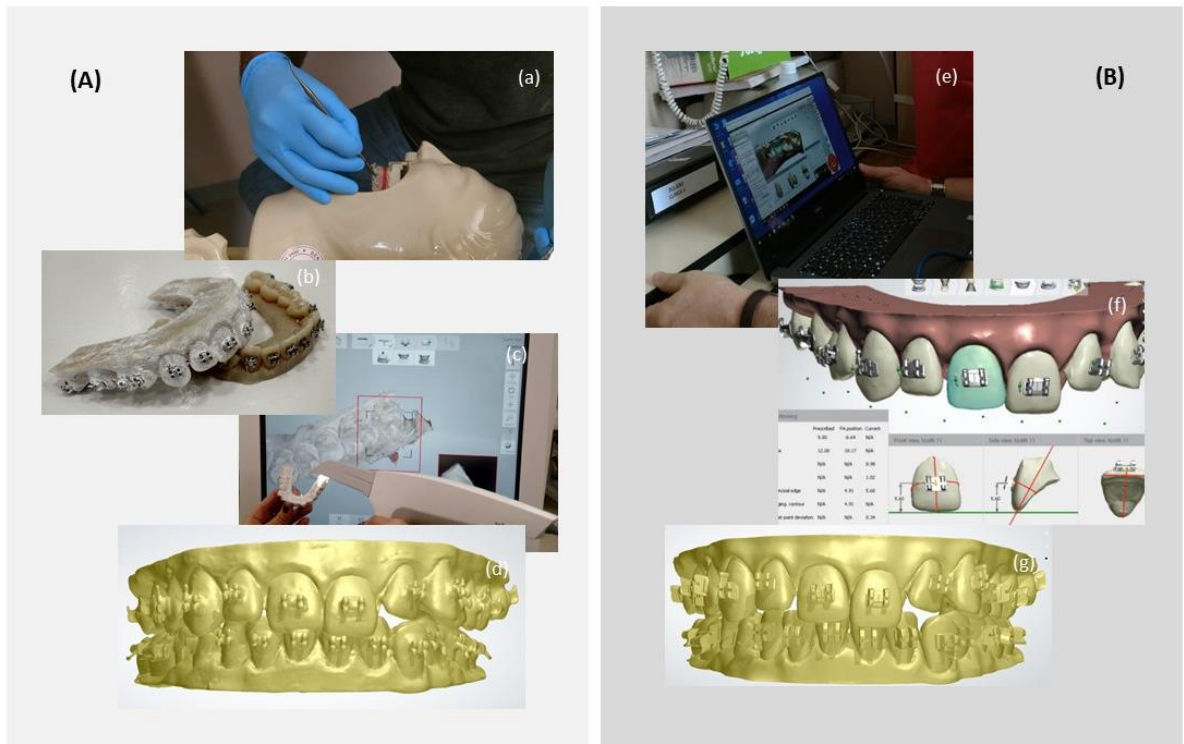


Figura 4: Etapas para obtenção dos modelos de aferição

(A): COLAGEM DIRETA - execução do procedimento de colagem direta com modelo prototipado acoplado à cabeça de manequim odontológico **(a)**; modelo sólido com superfície preparada para escaneamento **(b)**; escaneamento de modelo sólido com escâner intra-oral **(c)**; modelo digital 3D pós colagem direta **(d)**. **(B): COLAGEM VIRTUAL** – colagem virtual via web **(e)**; apresentação parcial do relatório emitido pelo software, sobre as posições finais da colagem **(f)**; modelo digital 3D pós-colagem virtual **(g)**.

Para melhor seguimento das intervenções, as perdas globais foram especificadas nas diferentes fases do ensaio e grupos de ocorrência (Fig.5). Um total de 1120 acessórios ortodônticos (560 sólidos e 560 virtuais) foram colados. Um conjunto de 7 acessórios, envolvendo o procedimento direto, foram excluídos do estudo (devido ao descolamento antes da varredura e devido ao erro de leitura do scanner), totalizando uma perda inferior a 1%.

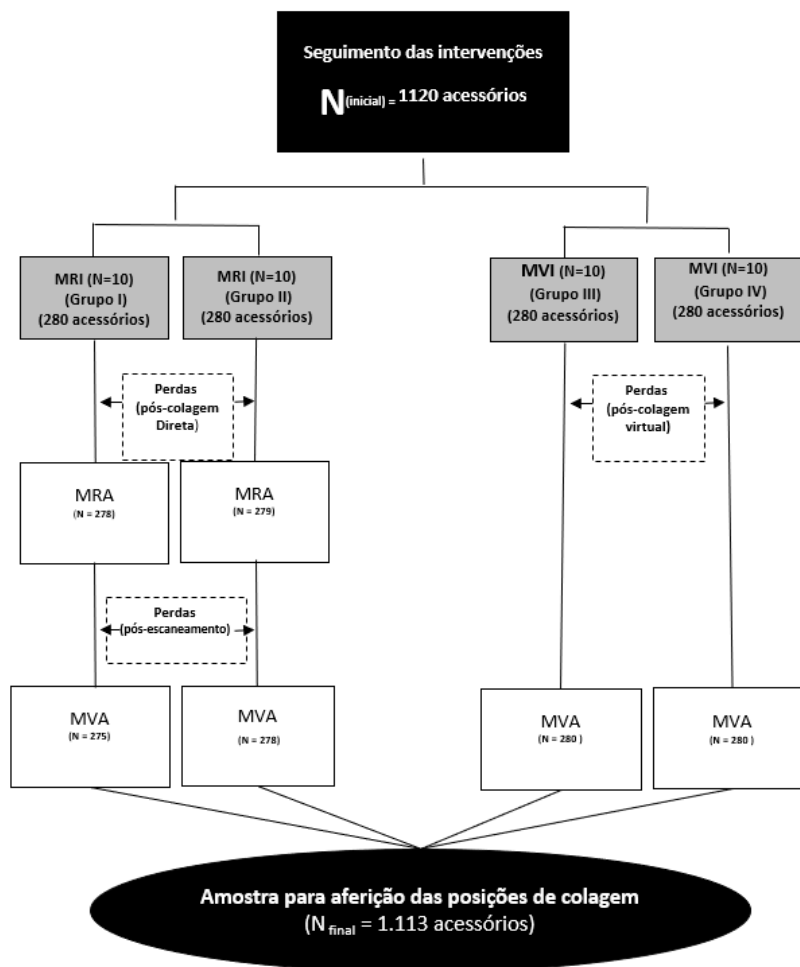


Figura 5: Fluxograma do seguimento das intervenções, quanto às perdas amostrais

9 - Aferição das posições de colagem

A aferição da colagem foi realizada por sobreposição de imagem 3D, em software customizado (3Shape – módulo *Appliance Designer* 2017), utilizando-se um ponto e uma superfície como uma área de referência (Choi *et al.*, 2012). As diferenças entre posições individuais dos acessórios experimentais e acessório equivalente ao dente homólogo do modelo de referência foram tomadas individualmente, para cada um dos componentes da posição de colagem (vertical, horizontal e angular). Sendo *desvio no componente vertical*, a distância projetada, em milímetros, entre os pontos centrais inter-canaleta, quando o plano de visualização resultava de corte transversal ao longo eixo vertical central do acessório de referência; deslocamentos para gengival são positivos, e para incisal/oclusal, negativos; *desvio no componente horizontal*, a

distância projetada, em milímetros, entre os pontos centrais inter-canaletas, quando o plano de visualização resultava do corte transversal ao longo do eixo horizontal central do acessório de referência; deslocamentos para mesial são positivos e para distal, negativos e *desvio no componente angular*, a medida direta, em ângulo, quando o corte transversal passa pela base do bráquete de referência e a canaleta do mesmo assume angulação zero em relação ao eixo horizontal do plano frontal de visualização; rotação no sentido gengival, os valores são positivos e no sentido incisal/oclusal, são negativas (Fig. 6).

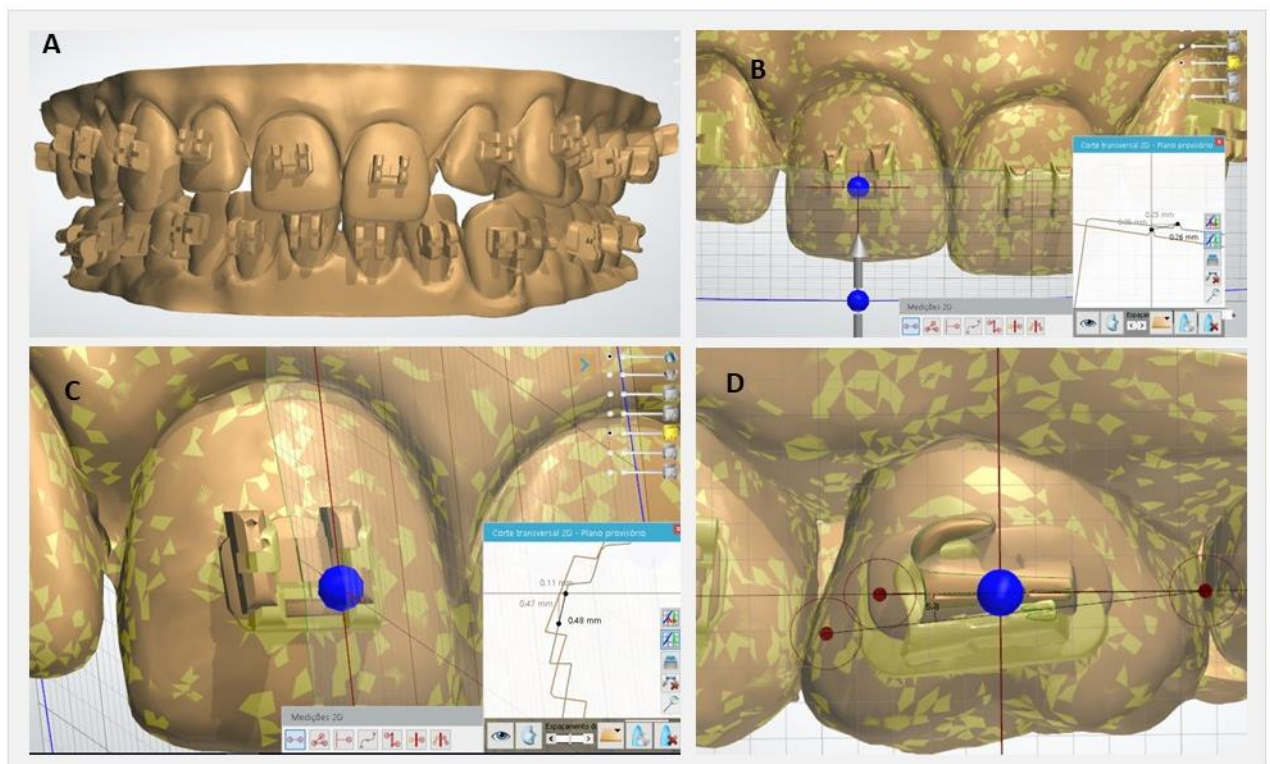


Figura 6: Aferição das colagens após sobreposição 3D de modelos

Modelo com as posições de colagens de referência **(A)**; Corte transversal ao do eixo horizontal do dente 21 e a projeção bidimensional das posições mesio-distais dos respectivos bráquetes **(B)**; Corte transversal ao do eixo vertical do dente 11 e a projeção bidimensional das alturas dos respectivos bráquetes **(C)** – corte transversal no plano frontal dente 16 com visualização direta das angulações dos respectivos tubos simples **(D)**.

● Instrumento de coleta

Ficha pré-clínica estruturada (apêndice B) foi utilizada para o registro do tipo de intervenção, número do modelo, número do profissional, anos de experiência na prática ortodôntica, duração dos procedimentos de colagem e possível (eis) intercorrência (s) relacionada (s) a (às) perda (s).

• Cegamento/control de viéses

- Distribuição das variáveis

Condições similares, a saber: todos os modelos de intervenção foram obtidos a partir da configuração virtual de um único modelo digital; foi utilizado o mesmo aparelho para o escaneamento, para prototipagem, para o software de colagem de virtual, para o software de aferição das posições de colagem; idem para operacionalização da colagem virtual, (notebook único), para o local das colagens diretas (laboratório pré-clínico); protocolos clínicos (mesma marca do agente adesivo, da resina, do aparelho de polimerização, dos acessórios ortodônticos).

- Cegamento do escaneamento e leitura dos modelos

Os 40 modelos submetidos à colagem de acessórios ortodônticos (de ambos os ambientes, virtual laboratório pré-clínico) foram recodificados. A decodificação foi lacrada em envelope. Esse cegamento manteve-se desde o escaneamento dos modelos até a finalização da aferição. Foram gerados 40 números aleatórios utilizando o software gratuito no site randomization.com. (Quadro 2).

Quadro 2: Distribuição dos modelos entre os grupos de operadores, pós-aleatorização das identificações

Número	Modelo	Grupo	Tipo de colagem	Profissional	Número	Modelo	Grupo	Tipo de colagem	Profissional
1	13	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 1	21	31	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 6
2	25	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 1	22	7	II	DIRETA	ORTODONTISTA 5
3	37	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 1	23	13	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 6
4	26	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 2	24	22	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 8
5	38	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 2	25	8	II	DIRETA	ORTODONTISTA 6
6	39	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 3	26	32	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 7
7	14	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 2	27	19	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 7
8	1	II	DIRETA	ORTODONTISTA 1	28	33	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 8
9	27	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 3	29	20	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 8
10	2	II	DIRETA	ORTODONTISTA 2	30	23	III	I VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 7
11	15	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 3	31	9	II	DIRETA	ORTODONTISTA 7
12	3	II	DIRETA	ORTODONTISTA 3	32	21	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 9
13	40	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 4	33	30	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 8
14	4	II	DIRETA	ORTODONTISTA 4	34	34	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 9
15	16	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 4	35	10	II	DIRETA	ORTODONTISTA 8

16	5	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 5	36	11	II	DIRETA	ORTODONTISTA 9
17	17	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 5	37	12	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 9
18	18	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 6	38	24	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 10
19	28	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 4	39	35	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 10
20	29	IV	VIRTUAL	ORTODONTISTA 5	40	36	III	VIRTUAL	PÓS-GRADUANDO 10

● Análise estatística

- Avaliação da quantidade de afastamento dos acessórios experimentais em relação ao acessório de referência.

HO₁: não há diferença entre a quantidade de desvios quando os posicionamentos são realizados procedimento direto e pela colagem virtual, na comparação intra e intergrupos.

H1₁: há diferença entre a quantidade de desvios quando os posicionamentos são realizados procedimento direto e pela colagem virtual, na comparação intra e intergrupos.

HO₂: não há diferença entre a quantidade de desvios quando os posicionamentos são realizados por ortodontistas experientes e pós-graduandos, na comparação intra e intergrupos.

H1₂: há diferença entre a quantidade de desvios quando os posicionamentos são realizados por ortodontistas experientes e pós-graduandos, na comparação intra e intergrupos.

- Avaliação do percentual de erros que ultrapassaram o limite clínico (inferior a 0,5 mm, para as dimensões lineares e 1°, para a angulação).

HO₁: não há diferença entre percentual de erros que ultrapassaram o limite clínico quando os posicionamentos são realizados por procedimento direto e pela colagem virtual, na comparação intra e intergrupos.

H1₁: há diferença entre percentual de erros que ultrapassaram o limite clínico quando os posicionamentos são realizados procedimento direto e pela colagem virtual, na comparação intra e intergrupos.

HO₂: não há diferença entre percentual de erros que ultrapassaram o limite clínico quando os posicionamentos são realizados por ortodontistas experientes e pós-graduandos, na comparação intra e intergrupos.

H1₂: há diferença entre percentual de erros que ultrapassaram o limite clínico quando os posicionamentos são realizados por ortodontistas experientes e pós-graduandos, na comparação intra e intergrupos.

Após o lançamento dos dados das sobreposições no programa Excel 2013® (Microsoft Corp®, Redmond, EUA), as identificações dos modelos e grupos de intervenção foram recodificadas. Os dados foram analisados pelo software SPSS (Statistical Package for Social Sciences, IBM Inc., USA) versão 25: Estatística descritiva para obtenção de média e desvio padrão. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Foi adotado o nível de significância de 95% ($p < 0,050$). Comparações inter e intra-grupos, entre as médias dos valores originais dos desvios lineares (altura e posição méso-distal) e de angulação, foram analisadas com o teste Mann-Whitney e o teste Wilcoxon, respectivamente. As frequências de erros que excederam os limites clínicos (inferior a 0,5 mm, para as dimensões lineares e 1°, para a angulação) foram comparadas com o teste Qui-quadrado.

5 ARTIGOS

- Artigo I:

(Aceito para publicação no periódico *Journal of International Oral Health* – Qualis B3)

DIGITAL TECHNOLOGY IN THE REFINING OF PROTOCOLS FOR THE BONDING OF ORTHODONTIC BRACKETS

Natalice Sousa de Oliveira, Henrique Pretti

Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Division of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Federal University of Minas Gerais, Minas Gerais, Brazil

Abstract: Evaluating the quality of individual positions of the attachments will make it possible to foresee positions that may lead to undesirable orthodontic movements, thereby being of direct benefit to both the professional and patient. The purpose of this study was to list imprecision factors associated to traditional bonding methods, as well as present evidence about the software systems that incorporate digital technology to vestibular bonding. The electronic databases PubMed, MEDLINE, Cochrane, and Google Scholar were searched for available data. The following terms were used in the literature search: Accuracy, orthodontic brackets, direct bonding, indirect bonding and virtual orthodontic attachment bonding. Although the technological interface has optimized protocols, especially in planning and lab stage, digital systems did not demonstrate to guarantee accuracy. However, virtual Orthodontics is now an irrevocable trend, for enabling more efficacy and therapeutic control. It is plausible that soon all orthodontic brackets will be placed digitally.

Key-words: Accuracy, orthodontic brackets, direct bonding, indirect bonding

INTRODUCTION

The fitting of a fixed appliance is a complex process that aims at the leveling of the marginal ridges and contact points, in addition to the points that define the ideal overbite, the incisor exposure and the smile arc. [1,2,3,4] However, reaching these objectives becomes impracticable because of hitherto available bonding techniques, regardless of being direct or indirect methods. [5,6] Although studies show more uniformity and consistency of positions with indirect method, current evidences do not support its recommendation as an alternative to the direct bonding method since both techniques fail to reach accuracy. [7,8,9]

Therefore, new perspectives on the refining of protocols have been indicated, especially by the incorporation of digital technology to bonding processes. Specialized laboratories have enabled customized service packages that allow potentially more precise computerized bonding procedures. [7,10,11] The assorted commercial software systems are multifunctional and generally integrate three-dimensional digital models, setup and virtual bonding procedures and prototyped transfer trays.

It is plausible that soon all orthodontic brackets will be placed digitally. The purpose of this study was to list imprecision factors associated to traditional bonding methods, as well as present evidence to the software systems that incorporate digital technology to vestibular bonding.

SEARCH STRATEGY

The electronic databases PubMed, MEDLINE, Cochrane, and Google Scholar were searched for available data. The following terms were used in the literature search: Accuracy, orthodontic brackets, direct bonding, indirect bonding and virtual orthodontic attachment bonding. During the search, the following filters were applied: (1) language: English language, (2) human, animal, *in vitro*, *ex vivo* studies, and (3) type of article: randomized controlled trial, clinical trials, systematic reviews, case series, and experimental studies.

DEVELOPMENT

A wide range of factors hinder the achieving of accuracy, such as: variation in teeth morphology and in intermaxillary relations of a single individual and among different individuals - which requires individualized procedures on each case and on each tooth;^[1,12,13,14,15] malocclusion complexity; bracket type (customized or not; self-ligating or conventional);^[16] transfer tray design (single jig or entire arch); ^[11] the material used to produce it (acrylic resin, silicone, thermoplastic material);^[9,17] variation in the perception of the ideal position,^[18] among others.

There are different ways brackets can be dislocated: 1) horizontal errors that lead to rotations; 2) axial or paralleling errors, resulting in incorrect angulation; 3) thickness errors by means of adding more or less material on the tooth-surface interface of the bracket and 4) vertical errors, leading to intrusion or extrusion, alterations in torque and vestibular-lingual position.^[19] That means that inadequate placement can turn even the most customized prescription ineffective.^[2]

Deviation in bracket placement can compromise a correct placement and its functional integrity as well as reflect in distortion on the whole mechanics. ^[1, 13,20] Unstable dental positions, absence of root parallelism, food impaction due to discrepancies between marginal ridges, and failure to establish a mutually protected occlusion constitute the main clinical implications associated to errors.^[21]

The fitting of a fixed appliance is therefore a complex process that aims not only at leveling the tip of cuspids, but also at the leveling of the marginal ridges and contact points,

in addition to the points that define the ideal overbite, the incisor exposure and the smile arc.
[1,3,4]

About 40 years ago, Andrews developed the first straight wire appliance; in other words, he created a three-dimensional appliance, composed by brackets designed with ideal characteristics for each dental element (1st, 2nd and 3rd orders).^[22] Consequently, the consistency of treatment results as well as treatment efficiency increased.^[23] The experience with Andrews “prescription”, however, showed that individually programmed dental positions were not always achieved. That is confirmed by the proliferation of additional “prescriptions”; all of them with the common objective of shortening the alignment stages and the orthodontic treatment, minimizing wire bending.^[24] A critical element in the success of this type of appliance is that each bracket must be accurately placed on each tooth of the arc, since the excellence of orthodontic bracket placement impacts immensely and directly on the correct dissipation of forces and treatment progression.^[2]

There is no common understanding regarding both bracket programming and the ideal bonding positions during appliance fitting. Inherent to each prescription, the orthodontist possesses the bonding arrangement with pre-set position for each tooth. Over the years, different bracket placement protocols have been recommended for the straight-wire system. Andrews, by analyzing 120 normal untreated occlusion models, determined which positions would be adequate for the teeth, from an anatomical point of view. He defined a reference line on the dental crown so a correct bracket placement could be done, which he called facial axis of the clinical crown (FACC). He advocated that the bracket should be placed exactly on this line at the crown’s vertical center. McLaughlin & Bennett proposed a variation in the placement based on different dental sizes and made available a chart containing standard measures that need to be selected according to similarities found among central crown measures obtained clinically. They also advocated for the use of a height gauge to augment vertical precision.^[19] Through the Vari-Simplex technique, Alexander prescribed that the placement of brackets should have a predetermined position that varies according to the clinical crown, using the mandibular premolars as reference. ^[24] Viazis proposed variation of placement based on different dental sizes, recommending that the bracket position must follow a proportion reducing the height of anterior and posterior teeth.^[25]

A study that analyzed the vestibular surface shape of 600 maxillary and mandibular teeth revealed that the magnitude in variation among patients or potential bracket placement

positions were incompatible with the torque values of hitherto available prescriptions.^[1] That means the parameters that define bonding position seem to establish standardized error.^[2] Bracket placement on the center of the clinical crown in the premolar, for instance, can result on marginal discrepancy between these and the molars, e.g. unbalanced proximal contacts 1 mm in excess, as well as lack of contact between antagonists.^[3] The author credits the discrepancy to the difference of height between the vestibular and lingual cuspid of premolars, as well as the variation in placing a molar tube or band.

Comparing the positioning techniques guided by the center of the clinical crown and by the distance from the incisal border, both required interventions to compensate imprecisions.^[26] Confirming these results, models were treated virtually, adopting a bracket placement protocol with fixed values of incisal borders and occlusal surfaces and a single bracket prescription, resulting in significant alterations on the leveling of marginal ridges of upper and lower premolars.^[27]

The intra- and interprofessional variability of the perception of ideal positioning also endorses the list of numerous factors associated to errors in bonding positions, especially when determining the long axial axis of the clinical crown in comparison to the center of the clinical crown.^[18] In judging between the angular and linear dimensions, the imprecision is larger in the former, with more variation in angulation, compared to height.^[28] Regarding the influence of operators, it was observed that clinical experience time does not seem to influence in the accuracy of bracket positioning.^[26] In the studies of interaction between variables in the positioning with the use of a measurement device, experience time did not alter the pattern of failure tendency.^[29] Similar result was found when only visual perception was used.^[26]

The accuracy of vestibular positioning methods have shown variable success among the investigations. Unfortunately, the results indicate that both traditional bonding techniques, direct or indirect, fail to achieve accuracy,^[5,30] although the latter is more consistent and allow more standardizing of positions.^[8,31] In the attempt to solve the problem of accuracy, research directed to the refining of indirect protocols becomes more popular.^{[7,10,27,32].}

In the last decades, by incorporating new technologies to orthodontics, different commercial software systems have been made available, including multifunctional software systems that generally integrate three-dimensional digital models, setup and virtual bonding procedures and prototyped transfer trays. However, although the technological interface has

optimized protocols, especially in planning and lab stage, digital systems did not demonstrate to guarantee accuracy.^[7]

In virtual vestibular bonding, results diverge and seem to depend especially on the type of software system investigated, as well as on methodological study design.^[33, 34] The methodologies of protocol investigation converge to the assessment of quality of appliance fitting on a subsequent phase, when quantifying the post-treatment clinical benefits.^[7,35,36] A clinical case study described the impact of this approach, in which two types of malocclusion were successfully treated with the software system OrthoCad.^[33] Other authors employ the same software system on laboratory tests; nevertheless, results did not establish more precise positioning in comparison to traditional indirect bonding techniques.^[7]

By comparing ending results of 62 and 62 patients using the software system SureSmile (OraMetrix, Richardson, Tex) and the conventional method, respectively, the computer-assisted treatment presented lower average score – four points less – according to ABO criteria (American Board of Orthodontics).^[37] Likewise, ending results of 63 and 69 patients, respectively, presented significant lower scores in first order alignment and interproximal space rotation and closing^[38]. By analyzing clinical outcomes of individual dental positions of 23 patients in relation to the ones estimated in virtual planning, the latter varied according to tooth type and movement dimension^[39]. Discrepancies exceeded clinical limits (0,5 mm e 2nd, linear and angular dimensions, respectively) on all teeth, except for torque in mandibular second premolars and angulation in mandibular second premolars and mandibular first molars.

Resolution for a complex orthosurgical clinical case – open bite, class III patient – was possible through bonding mediated by the software system 3Txer (Orapix, Seoul, Korea).^[10] In a lab experiment, using the same software to assess the effect of height in posterior teeth cuspids, discrepancies between the digital position and guided post-bonding real position were found, indicating that a more substantial tendency to error when cuspids are higher has to be considered in a virtual setting.^[36]

Recent clinical studies have shown that virtual protocol designed to optimize surgical orthodontic diagnosis and treatment plan allows high-precision planning of orthodontic-surgical therapy and optimization of each treatment phase, with consequent advantages in clinical practice.^[11]

The incorporation of technological advances in the field of clinical orthodontics to increase treatment efficiency has led to the development of customized appliances and the production of devices to enhance tooth movement^[40]. In the last decades, by incorporating new technologies to orthodontics, different commercial software systems have been made available, including multifunctional software systems that generally integrate three-dimensional digital models, setup and virtual bonding procedures and prototyped transfer trays.^[35,36,37]

By determining tendency for the purpose of greater therapeutic effectiveness and control, virtual Orthodontics is an irreversible step. In a short time, all orthodontic accessories will probably be positioned in a digital manner. Overcoming the learning curve, mainly of those concerned with the academic education of future orthodontists, will perhaps be the great challenge. Another, not less important challenge, is to transform the accuracy of digital tools into determining the correct positioning of accessories.

CONCLUSION

Although the technological interface has optimized protocols, especially in planning and lab stage, digital systems did not demonstrate to guarantee accuracy. However, virtual Orthodontics is now an irrevocable trend, for enabling more efficacy and therapeutic control. It is plausible that soon all orthodontic brackets will be placed digitally. The technological advances directed to the integration of software systems that capture 3D virtual images of the craniofacial complex are developing rapidly. The innovations converge to growing individualized assistance, substantiated by the use of preadjusted appliances with customized.

REFERENCES:

1. Germane N, Bentley BE Jr, Isaacson RJ. Three biologic variables modifying faciolingual tooth angulation by straight-wire appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(4):312-9.
2. Carlson SK, Johnson E. Bracket positioning and resets: five steps to align crowns and roots consistently. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119:76-80.
3. Papageorgiou SN, Höchli D, Eliades T. Outcomes of comprehensive fixed appliance orthodontic treatment: A systematic review with meta-analysis and methodological overview. *Korean J Orthod.* 2017;47(6):401-413.
4. Pitts TR. Bracket Positioning for Smile Arc Protection. *J Clin Orthod.* 2017 ;51(3):142-156.

5. Koo BC, Chung CH, Vanarsdall RL. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(3):346-51.
6. Hodge TM, Dhopatkar AA, Rock WP, Spary DJ. A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement. *J Orthod.* 2004;31(2):132-7.
7. Israel M, Kusnoto B, Evans CA, Begole E. A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. *Angle Orthod.* 2011;81(5):828-35.
8. Nichols DA, Gardner G, Carballeyra AD. Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):770-6.
9. Castilla AE, Crowe JJ, Moses JR, Wang M, Ferracane JL, Covell DA Jr. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. *Angle Orthod.* 2014;84(4):607-14.
10. Barreto FAM, Santos JRRDC. Virtual orthodontic setup in orthodontic camouflage planning for skeletal Class III malocclusion. *Dental Press J Orthod.* 2018;23(2):75-86.
11. Farronato G1, Galbiati G, Esposito L, Mortellaro C, Zanoni F, Maspero C. Three-Dimensional Virtual Treatment Planning: Presurgical Evaluation. *J Craniofac Surg.* 2018.
12. Mittal M, Thiruvengkatachari B, Sandler PJ, Benson PE. A three-dimensional comparison of torque achieved with a preadjusted edgewise appliance using a Roth or MBT prescription. *Angle Orthod.* 2015;85(2):292-7.
13. Miethke RR, Melsen B. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and third order correction with preadjusted appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(3):329-35.
14. Van Loenen M, Degrieck J, De Pauw G, Dermaut L. Anterior tooth morphology and its effect on torque. *Eur J Orthod.* 2005;27(3):258-62.
15. McGowan S1. Characteristics of Teeth: A Review of Size, Shape, Composition, and Appearance of Maxillary Anterior Teeth. *Compend Contin Educ Dent.* 2016;37(3):164-71.
16. Mota Júnior SL, Campos MJDS, Schmitberger CA, Vitral JA, Fraga MR, Vitral RWF. Evaluation of the prototype of a new bracket-positioning gauge. *Dental Press J Orthod.* 2018;23(2):68-74.
17. Nojima LI, Araújo AS, Alves Júnior M. Indirect orthodontic bonding--a modified technique for improved efficiency and precision. *Dental Press J Orthod.* 2015;20(3):109-17.
18. Fowler PV. Variations in the perception of ideal bracket location and its implications for the pre-adjusted edgewise appliance. *Br J Orthod.* 1990;17:305-10.
19. McLaughlin RP, Bennett JC. Bracket placement with the preadjusted appliance. *J Clin Orthod, Boulder.* 1995;29(5):302-311.

20. Sardarian A, Danaei SM, Shahidi S, Boushehri SG, Geramy A. The effect of vertical bracket positioning on torque and the resultant stress in the periodontal ligament--a finite element study. *Prog Orthod.* 2014;15:50.
21. Pontes LF, Cecim RL, Machado SM, Normando D. Tooth angulation and dental arch perimeter--the effect of orthodontic bracket prescription. *Eur J Orthod.* 2015;37(4):435-9.
22. Andrews LF. *Straight wire—the concept and appliance.* San Diego: L. A. Wells Co; 1989.
23. McLaughlin RP, Bennett JC. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: A 40-year perspective. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147(6):654-62.
24. Alexander R G. The vari-simplex discipline part 1 concept and appliance design. *J Clin Orthod.* 1983;17(6):380-92.
25. Viazis AD. Bioefficient therapy. *J Clin Orthod.* 1995;29(9):552-68.
26. Armstrong D, Shen G, Petocz P, Darendeliler MA. A comparison of accuracy in bracket positioning between two techniques--localizing the centre of the clinical crown and measuring the distance from the incisal edge. *Eur J Orthod.* 2007;29(5):430-6.
27. Suárez C, Vilar T. The effect of constant height bracket placement on marginal ridge levelling using digitized models. *Eur J Orthod.* 2010;32(1):100-5.
28. Taylor NG, Cook PA. The reliability of positioning pre-adjusted brackets: an in vitro study. *Br J Orthod.* 1992;19(1):25-34.
29. Mota Júnior SL, de Andrade Vitral J, Schmitberger CA, Machado DB, Avelar JC, Fraga MR, da Silva Campos MJ, Vitral RW. Evaluation of the vertical accuracy of bracket placement with the Boone gauge. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(5):821-6.
30. Mohammadi A, Moslemzadeh SH. Comparison of the accuracy of bracket placement with height bracket positioning gauge and boone gauge. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2011;5(4):111-8.
31. Kalange JT. Indirect bonding: a comprehensive review of the advantages. *World J Orthod.* 2004;5(4):301-7.
32. Wan X, Zhang W, Zhang J, Duan P. Preliminary study on positioning of Damon Q self-ligating brackets in a digital integration model. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2015 Oct;33(5):500-3.
33. Garino F, Garino GB. Computer-aided interactive indirect bonding. *Prog Orthod.* 2005;6(2):214-23.
34. Sachdeva RC. SureSmile technology in a patient--centered orthodontic practice. *J Clin Orthod* 2001;35:245-53.
35. Brown MW, Koroluk L, Ko CC, Zhang K, Chen M, Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(6):1067-74.
36. Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(2):298-307.

37. Saxe AK, Louie LJ, Mah J. Efficiency and effectiveness of SureSmile. *World J Orthod.* 2010;11(1):16-22.
38. Alford TJ, Roberts WE, Hartsfield JK, Eckert GJ, Snyder RJ. Clinical outcomes for patients finished with the SureSmile™ method compared with conventional fixed orthodontic therapy. *Angle Orthod.* 2011;81:383-88.
39. Larson BE, Vaubel CJ, Grünheid T. Effectiveness of computer-assisted orthodontic treatment technology to achieve predicted outcomes. *Angle Orthod.* 2013;83(4):557-62.
40. Aldrees AM. Do customized orthodontic appliances and vibration devices provide more efficient treatment than conventional methods? *Korean J Orthod.* 2016;46(3):180-5.

● Artigo 2

(Submetido ao periódico *Dental Press Journal of Orthodontics* – Qualis B₂)

COMPARISON OF ACCURACY OF VIRTUAL ORTHODONTIC ACCESSORY BONDING WITH THAT OF THE DIRECT PROCEDURE

ABSTRACT

Introduction: Conventional direct or indirect techniques used fail to obtain the ideal position.

Objective: Comparison of accuracy of virtual orthodontic accessory bonding with that of the direct procedure

Materials and Methods: Single virtual configuration - model of mannequin with Class I dental malocclusion - served as basis for generating the reference model (treated virtually) and the intervention models (10 digital models, and 10 solid models, obtained by means of prototyping). A total of 560 teeth were then equally distributed between a group of orthodontists (**Group I** direct procedure and **Group II:** virtual bonding), working in two different time intervals. The individual positions of the accessories were measured after three-dimensional superimposition with customized software. The *Student's-t* test for paired samples, and Chi-square tests were used for statistical analysis, both at the level of significance of 5%.

Results: In comparison of the errors in raw values, there were significant differences only in the vertical ($p < 0.001$) and horizontal dimensions ($p < 0.001$). Considering the groups of ranges by clinical limits of the deviations, these differences were significant in the three dimensions, vertical ($p < 0.001$), horizontal ($p = 0.004$) and angular ($p = 0.044$).

Conclusion: Virtual bonding made it possible to obtain more precise/accurate positioning of the orthodontic accessories. The potential accuracy of this method brings new perspectives to refining the indirect protocols.

Key words: Accuracy, orthodontic brackets, direct bonding, indirect bonding.

INTRODUCTION

The precision of the position of bonded accessories is considered one of the most challenging aspects for optimizing orthodontic treatment.¹⁻² Correct positioning, to a large extent, potentiates the expression of pre-adjusted appliances and minimizes the need for additional interventions in the archwires, or re-bonding accessories.³ Studies have demonstrated that both the traditional direct or indirect bonding techniques fail to attain accuracy,⁴⁻⁵ although the latter is more consistent.⁶⁻⁷

In an endeavor to minimize human error during this critical stage of executing the treatment plan, there have been a growing number of researches directed towards refining the indirect protocols, particularly after incorporating CAD/CAM technology into the process.⁸⁻⁹ Over the last few decades, different commercial systems have been made available, including the use of multifunctional platforms that appear to signal advancements.

However, although the technological interface has optimized the protocols, especially in planning and the laboratory stage, the digital system have not been shown to guarantee accuracy.¹⁰ The traditional factors of imprecision,¹¹⁻¹²⁻¹³ have been added to the limitations inherent to orthodontic software programs and the significant professional learning curve.

At present, virtual bonding services are made available both for bonding directly in malocclusion, or post setup.⁷ The second option, although it broadens the possibility of being correct, is a limiting factor related to the additional cost of the setup, and because it demands training for operationalization of the software programs.

Considering that in clinical practice, a large part of the work of bonding is performed without setup, previously measuring the quality of virtual bonding in this type of approach, could contribute to enhancing the indirect method, and favoring adhesion to the digital systems, rather than using the direct technique. Moreover, no study was localized, which had evaluated the accuracy of digital bonding prior to guided bonding, or even compared the precision of this bonding with that of the direct procedure. Thus, the aim of this study was to compare the accuracy of virtual bonding with that of the direct procedure.

MATERIALS AND METHODS

This was a prospective *in vitro*, trial, with a representative sample, in which orthodontists perform orthodontic accessory bonding procedures by means of the direct and indirect virtual methods, in identical models as regards the type of malocclusion. For the sample calculation, the findings of the clinical trial¹⁴ was considered, which pointed out a mean error of 0.26 mm, with standard deviation of 0.46, in the vertical positioning. In the comparison between two groups, the level of significant of 5% was adopted, power of the study of 80%, presuming a clinical difference of 50% to be detected between the techniques, which resulted in 244 teeth and 9 participants for each group of intervention.¹⁵ The sample was enlarged to 280 teeth, with 10 participants per group, considering losses of 20%.

For the purpose of obtaining identical models as regards the pattern of malocclusion, a single dental mannequin (Dent-Art, São Paulo, Brazil), in normal occlusion, with complete dentition except for the 3rd molars, was digitized (bench scanner - Scanner Ultrafast Optical Sectioning™ - Trios® Orthodontic). After this, the digital model was prepared (Software 3 Shape, module *OrthoAnalyzer*™) for segmentation of the tooth units. Then the specific positional changes were incorporated into multiple units (12 teeth, *in the horizontal component*; 6, *in the angulations*; 10, in the three dimensions, and 6 remained aligned and leveled). The resultant configuration (Class I malocclusion of the teeth, with slight/moderate

crowding) served as basis for obtaining the reference model and intervention models (generation of 10 sets of digital models, and 10 sets of solid models, obtained by prototyping) (Eden 500 printer from Stratasys, with resolution of 16 micra, in opaque MED620 material).

For generation of the reference model, the malocclusion incorporated was treated virtually, with the module *Ortho Analyse*, of *3Shape*. For this purpose, the library of the program was used to select the same brand and prescription of brackets that would afterwards be used on the intervention models - metal brackets, channel .022 x .028 inches, pre-adjusted, prescription MBT, of the Mini Master series (American Orthodontics®, Sheboygan, USA) and simple pre-adjusted tubes, prescription MBT, of the Ifit Non Convertible Buccal series (American Orthodontics®, Sheboygan, USA). Initially the setup was made, the virtual positioning of the accessories in the ideal arch, with stainless steel archwire of 0.021" × 0.025" inches, with the purpose of simulating the respective post-treatment positions. After this, the configuration of the final positions obtained was reverted to the malocclusion under study.

To form the groups, the intervention models (direct bonding and virtual bonding) were equally distributed, into two distinct time intervals, among 10 orthodontists, consisting of Group I (CDAO direct bonding of orthodontic accessories) and Group II (CVAO (virtual bonding of orthodontic accessories)).

The direct bonding procedures were performed in pre-clinical conditions. The 10 sets of solid models were individually coupled to the head of the mannequins, with the vestibular surfaces already prepared (cleaned with 70% alcohol, followed by application and polymerization of a thin layer of adhesive - (Transbond XT, 3M Unitek, Dental Products, St Paul, MN, USA). Each participant performed the bonding with free prescription, work flow and time, and on the bench, there were clinical instruments, bonding forceps and instruments for measuring position available to them. They performed the procedures with resin (Transbond XT, 3M Dental Products, St Paul, MN, USA), polymerized with LED light for 20 seconds, on each tooth, in both arches.

Fifteen days later, these same operators performed virtual bonding. In the time interval between the two bonding operations, the institutional video of 3 Shape about virtual bonding was sent to each participant by e-mail. In addition, a written explanatory text about how the interaction with the virtual bonding software would occur and about the conditions of the models, were presented shortly before they performed bonding. The bonding protocol was standardized since all the accessories were previously distributed at "FA point"; that is,

at the midpoint of the facial axis of the clinical crown, on the vestibular surface of all the teeth - both maxillary and mandibular, a maneuver performed automatically by the program. Furthermore, all the participants performed the bonding procedure from the monitor of one and the same notebook. All communication was done by web, via Skype, with interaction between the operator of the software and the participant, maintained strictly anonymous throughout the entire process. On the one hand, an orthodontist from the specialized laboratory manipulated the software; in the pre-clinic laboratory, each participant, emitting only a voice command, determined the definitive position of the accessory, according to his/her perception of ideal bonding. During all the bonding procedures, the researcher remained present, in the condition of observer.

Once the interventions were concluded, the solid model were scanned (intra-oral scanner - *Scanner 3D, Ultrafast Optical Sectioning™ - Trios® Orthodontic*) to make up the final sample, totaling 20 sets of digital models (stl format) (Figure 1).

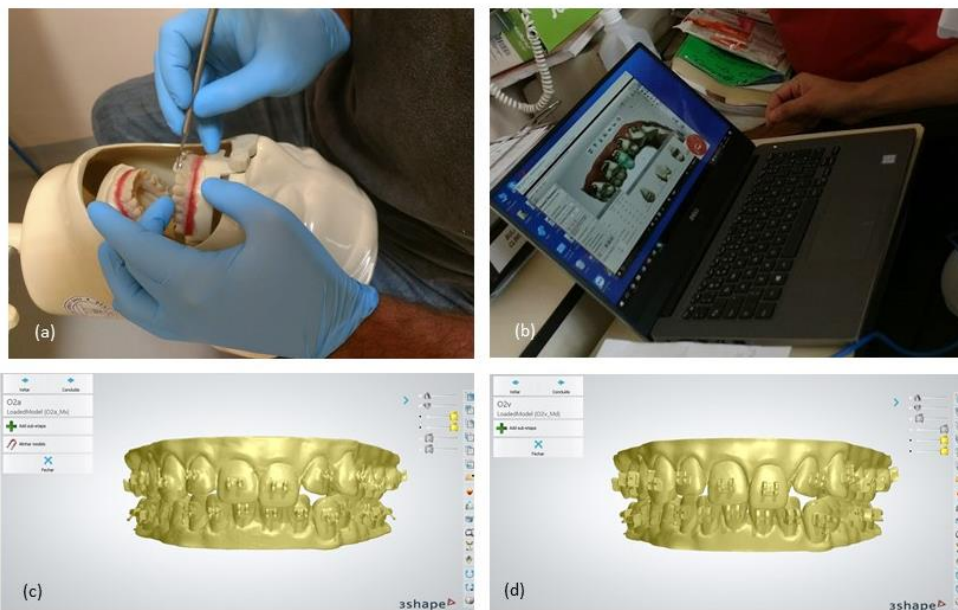


Figure 1: Presentation of models: solid model during direct bonding procedure (a) digital model during virtual bonding procedure (b) digital model after direct bonding procedure (c) digital model after virtual bonding (d).

After this, the researcher himself/herself measured the positions of the bonds by superimposing the 3D image (3Shape – module *Appliance Designer 2017*). Before performing the measurements, the file with the digital models was re-codified (20 random numbers were generated using the free software on the site randomization.com) and the decodification was sealed in an envelope.

The ideal bonding position was defined by the absence of discrepancy in the position of each accessory, in the three dimensions (vertical_(height), Horizontal_(mesio-distal) and angular_(angulation)), in comparison with the virtual bond of reference validated for the study. Deviation in the vertical component: *distance projected, in millimeters, between the central inter-channel points, when the plane of visualization resulted from the transverse section along the central vertical axis of the reference accessory; displacements towards the gingival region were positive, and towards the incisal/occlusal region, negative.* Deviation in the horizontal component: *distance projected, in millimeters, between the central inter-channel points, when the plane of visualization resulted from the transverse section along the central horizontal axis of the reference accessory; displacements towards the mesial region were positive, and towards the distal region, negative.* Deviation in the angular component: *The direct measurement, in angle, when the transverse section passed through the base of the reference bracket and its channel assumed angulation zero in relation to the frontal plane of visualization; when read from the mesial portion of the accessory, displacements in the anti-clockwise direction, were positive and in the clockwise direction, negative (Figure 2).*

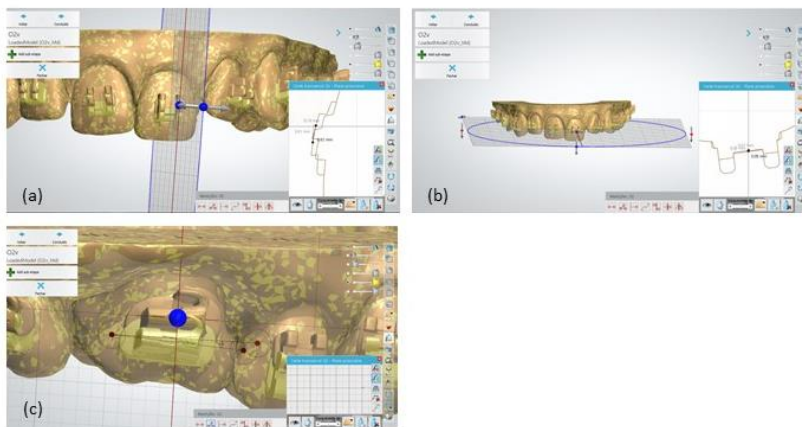


Figure 2: Measurement of bonding by superimposition of 3D models – transverse section at the vertical axis of tooth 21 and the two-dimensional projection of the respective bracket heights (a); transverse section at the horizontal axis of tooth 21 and the two-dimensional projection of the mesio-distal positions of the respective brackets (b); – transverse section in the frontal plane of tooth 16 with right side view of the angles of the respective simple tubes (c)

Statistical Analysis

After the data of the superimpositions had been entered into the program Excel 2013[®] (Microsoft Corp[®], Redmond, USA), the respective identifications of the intervention models were re-codified. After this, the statistical analyses were performed in the program *Statistical*

Package for the Social Sciences - SPSS for Windows, version 22.0, IBM Inc, Amonk, NY, USA.

Initially, the data were treated in a descriptive manner based on original values. Due to the importance of recognizing the nature of the mean error, and to differentiate the nature of its correction, analyses were performed considering the measurement of pure error. That is to say, the lower the value of the smallest measurement is, the error and negative or positive measurements represent the nature of this error. The *Student's-t* test for paired samples was used for the purpose of comparing the difference in errors between the methods. In this case, the null hypothesis used was $H_0: \bar{x}_M = \bar{x}_V$ and the alternative hypothesis was $H_1: \bar{x}_M < \bar{x}_V$, in which \bar{x}_M it was the mean of the results obtained by the manual method and \bar{x}_V by the virtual method.

In addition, the groups of ranges were evaluated, accepting the limits of deviation of 0.5 mm, for the linear dimensions (height and mesio-distal position) and of 1° for angulation, by using the Chi-square test. The frequencies of errors that exceeded the clinical limit in the groups of the direct procedure and virtual bonding were compared to measure the prevalence of errors in the positioning of accessories.⁹ All the results were considered significant for a level of significance of 5% ($p < 0.05$).

RESULTS

The distribution of the position of bonding the accessories to the groups of teeth, types of bonding, and descriptive measurements (mean, standard deviation), based on the original values of the deviations, are presented in Table 1. In total, 1654 bonding positions were analyzed (547 accessories – 10 solid models and 10 digital models), with 277, 276 and 274 resulting from direct procedures, in the vertical, horizontal and mesio-distal dimensions, respectively; and 277, 276 and 274 resulting from virtual bonding, in the vertical, horizontal and mesio-distal dimensions, respectively. There was loss of 13 accessories (4 due to readout error after scanning, and the others due to debonding after direct bonding).

Tabela 1_(art.2) - **TABLE 1:** Distribution of the accessories in the groups of teeth and descriptive measurements of the original data, showing the deviations from ideal bonding, in the direct and virtual bonding procedures

Type of tooth	Direct Bonding			Virtual Bonding		
	Vertical (mm)	Horizontal (mm)	Angular (°)	Vertical (mm)	Horizontal (mm)	Angular (°)
Incisor	-0.651 ± 0.568	0.118 ± 0.349	0.939 ± 3.446	-0.231 ± 0.483	0.097 ± 0.198	0.291 ± 2.207

Canine	-0.403 ± 0.863	0.166 ± 0.384	2.368 ± 4.930	-0.059 ± 0.538	0.167 ± 0.318	2.499 ± 4.696
Premolar	-1.081 ± 0.730	-0.133 ± 0.480	0.046 ± 4.906	-0.460 ± 0.663	-0.016 ± 0.385	0.526 ± 3.073
Molar	-0.902 ± 0.736	-0.116 ± 0.662	-1.295 ± 4.423	-0.384 ± 0.474	0.192 ± 0.425	-2.365 ± 5.396
Total	-0.813 ± 0.744	-0.013 ± 0.510	0.224 ± 4.544	-0.317 ± 0.560	0.102 ± 0.354	-0.110 ± 4.253

Note: The negative values indicate that the deviation of the orthodontic accessory, in comparison with ideal bonding, was more toward the distal direction (in the horizontal dimension); toward the occlusal/incisal direction (in the vertical dimension), or that the mesial portion of the accessory rotated towards the occlusal/incisal direction (in the angular dimension)

Comparative analysis between the types of bonding, considering the respective deviations in comparison with the ideal position, showed that the general mean, in the vertical dimension was 0.58 mm and 0.49 mm; in the horizontal, 0.33 mm and 0.24 mm; and in the angular, 3.18 and 2.89 degrees, for the direct and virtual procedures, respectively (Table 2).

Tabela 2_(art.2) - **TABLE 2:** Comparative analysis between direct procedure and virtual bonding with regard to error, considering each dimension evaluated

Dimension	Bonding	Descriptive measurements									p
		N	Minimum	Maximum	P ₂₅	Median	P ₇₅	Mean	S.D.	CV	
Vertical (mm)	Direct	277	0.00	2.75	0.46	0.87	0.94	0.58	0.62	1.07	<0.001
	Virtual	277	0.00	1.82	0.18	0.37	0.71	0.49	0.42	0.86	
Horizontal (mm)	Direct	276	0.00	2.57	0.16	0.32	0.39	0.33	0.83	2.52	<0.001
	Virtual	276	0.00	1.18	0.09	0.23	0.28	0.24	0.84	3.50	
Angular (°)	Direct	274	0.00	16.00	0.00	2.75	3.24	3.18	0.98	0.31	0.571
	Virtual	274	0.00	12.30	0.68	2.40	3.11	2.89	0.93	0.32	

Note: the probability of significance refers to the Student's-*t* test for paired samples

There were significant differences between the two bonding methods in the vertical and horizontal dimensions. Relative to the distribution of errors, there was predominance in the direct bonding method, because the mean of differences between the two methods was positive. In the angular dimension, no significant difference was observed between the methods.

When comparing the bonding methods with regard to accuracy in the limits of deviation 0.5 mm in the linear components, and 1 degree for angulation, there were significant differences in the three dimensions evaluated (Table 3).

Tabela 3_(art.2) - **TABLE 3:** Comparative analysis between virtual bonding and the direct procedure when the limit of deviation was 0.5 mm for the linear dimensions and 1° for angulation, in the dimensions evaluated.

Dimension	Bonding	Accuracy		Total	P
		Yes	No		
Vertical (mm)	Direct	75 (27.1%)	202 (72.9%)	277	<.0.001
	Virtual	179 (64.6%)	98 (35.4%)	277	
Horizontal (mm)	Direct	202 (73.2%)	74 (26.8%)	276	0.004
	Virtual	230 (83.3%)	46 (16.7%)	276	
Angular (°)	Direct	98 (35.8%)	176 (64.2%)	274	0.044
	Virtual	76 (27.7%)	198 (72.3%)	274	

Note:The probability of significance is with reference to the Chi-square test

In the vertical dimension, accuracy was observed in 64.6% of the teeth for the virtual bonding method; while in the direct bonding method, there was no accuracy in the majority of the teeth (72.9%). For the horizontal dimension, the percentage of teeth with accuracy corresponded to the majority for the two methods, however, with a lower percentage for the direct bonding method. For the angular method, accuracy was observed in fewer than 40% of the teeth in the two methods, however, in the direct bonding method, 35.8% of the teeth showed accuracy, and in the virtual bonding method, this percentage was lower (27.7%).

DISCUSSION

The use of absolute values to demonstrate characteristics of the errors of positioning of the accessories has been pointed out in the literature as a procedure that generates great discrepancy in the results.⁵ To eliminate this tendency, in this study, the *Student's-t* test for paired samples was used, because this concerned an analysis in which the measurement that was being evaluated was the difference in errors between the methods, with regard to each tooth.

As regards the direct bonding procedure, the general mean value of the deviations, expressed in absolute values, was 0.38 mm (height) and 0.33 mm (mesio-distal position) and 3.18 degrees (angulation), with the optional use of instruments for measuring position. In a previous study, with mandatory use of these instruments, bonding errors were also recorded in all the dimensions, being 0.43 mm, 0.41 mm and 3.76 degrees, for height, mesio-distal position and angulation, respectively.⁵ In general, these measurements have ranged between 0.34 mm and 0.43mm, for the virtual discrepancies; between 0.19 mm and 0.41mm, in the mesio-distal, and between 2.57 and 5.54 degrees, for the angulations.⁴⁻¹⁶ It is consensus in the literature that the intra- and inter-professional variability in perception of the ideal position of bonding makes it unfeasible to achieve accuracy by means of the traditional methods.¹⁷⁻⁴⁻¹⁴ In view of this, investigations have been directed towards refining the indirect protocols.

In this context of refining, the virtual bonding software programs have increasingly gained emphasis. Furthermore, the possibility of virtual measurement of the positioning of accessories before the expression of the pre-adjusted appliances makes it easier to foresee possible bonding errors, and to guide early interventions, thus preventing the progression of undesirable orthodontic movements. However, the investigations converge on indirect evaluation of the quality of assembling the appliance in the subsequent stage, by quantifying the post- treatment clinical benefits.¹⁰⁻¹⁸⁻⁹ No studies about the accuracy of virtual bonding prior to guided bonding were localized. Similarly, we did not localize any comparative studies related to the direct procedure. In our findings, positioning the accessory virtually represented an improvement in accuracy of the vertical dimension, in comparison with the direct procedure; that is, almost double the gain when the clinical limits were considered.

By determining tendency for the purpose of greater therapeutic effectiveness and control, virtual Orthodontics is an irreversible step.¹⁹⁻²⁰ In a short time, all orthodontic accessories will probably be positioned in a digital manner. Overcoming the learning curve,

mainly of those concerned with the academic education of future orthodontists, will perhaps be the great challenge. Another, not less important challenge, is to transform the accuracy of digital tools into determining the correct positioning of accessories.

CONCLUSIONS

When comparing the accuracy of the direct bonding procedure with that of virtual bonding, considering the clinical limits of 0.5 mm deviation, for the linear components, and 1 degree for angulation, there were significant difference in the three dimensions evaluated. Virtual bonding enabled a significant improvement in the vertical dimension, in comparison with the direct bonding procedure, with a percentage of correctness of 64.6% and 27.1%, respectively. The use of this resource could contribute to greater assertiveness in the positioning of orthodontic accessories during assembly of the appliance in the mouth, by means of a guided procedure.

REFERENCES

1. Miethke RR, Melsen B. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and third order correction with preadjusted appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(3):329-35.
2. McLaughlin RP, Bennett JC. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: A 40-year perspective. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147(6):654-62.
3. Suárez C, Vilar T. The effect of constant height bracket placement on marginal ridge levelling using digitized models. *Eur J Orthod.* 2010;32(1):100-5.
4. Koo BC, Chung CH, Vanarsdall. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;116:346-51.
5. Mohammadi A, Moslemzadeh SH. Comparison of the accuracy of bracket placement with height bracket positioning gauge and boone gauge. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2011;5(4):111-8.
6. Kalange JT. Indirect bonding: a comprehensive review of the advantages. *World J Orthod.* 2004;5(4):301-7.
7. Nichols DA, Gardner G. Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique. 2013;144(5):770-6.
8. El-Timamy AM, El-Sharaby FA, Eid FH, Mostafa YA. Three-dimensional imaging for indirect-direct bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(6):928-31.
9. Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(2):298-307.
10. Israel M, Kusnoto B, Evans CA, Begole E. A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. *Angle Orthod.* 2011 Sep;81(5):828-35.

11. Castilla AE, Crowe JJ, Moses JR, Wang M, Ferracane JL, Covell DA Jr. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. *Angle Orthod.* 2014;84(4):607-14.
12. Grünheid T, Lee MS, Larson BE. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding. *Angle Orthod.* 2016 May;86(3):468-74.
13. Schmid J, Brenner D, Recheis W, Hofer-Picout P, Brenner M, Crismani AG. Transfer accuracy of two indirect bonding techniques-an in vitro study with 3D scanned models. *Eur J Orthod.* 2018:1-17.
14. Hodge TM, Dhopatkar AA, Rock WP, Spary DJ. A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct and indirect bracket placement. *J Orthod.* 2004;31:132-137.
15. Armitage P, Berry G. The planning os statistical investigations. In: **Statistical methods in medical research.** 2.ed. Oxford, Blackwell, 1987. p.179-85.
16. Balut N, Klapper L, Sandrik J, Bowman D. Variations in bracket placement in the preadjusted orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;102:62-7.
17. Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod.* 1982;82(4):269-76.
18. Brown MW, Koroluk L, Ko CC, Zhang K, Chen M, Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(6):1067-74.
19. Iwasaki LR, Covell DA Jr, Frazier-Bowers SA, Kapila S, Huja SS, Nickel JC. Personalized and precision orthodontic therapy. *Orthod Craniofac Res.* 2015;18(1):1-7.
20. Jheon AH, Oberoi S. Moving towards precision orthodontics: An evolving paradigm shift in the planning and delivery of customized orthodontic therapy. 2017;20(1):106-113.

● Artigo 3

(a ser submetido ao periódico *American Journal of Orthodontics* – Qualis A1)

INFLUENCE OF CLINICAL EXPERIENCE ON ACCURACY OF VIRTUAL ORTHODONTIC ATTACHMENT BONDING IN COMPARISON WITH THAT OF THE DIRECT PROCEDURE

ABSTRACT

Introduction Although technological innovations have optimized indirect attachment bonding protocols, these advances have not demonstrated significant results as far as accuracy of positioning is concerned. **Objective:** To compare the accuracy of bonding orthodontic accessories in the digital environment in comparison with the direct procedure, considering the time of clinical experience of the professional. **Material and method:** A total of 1120 artificial teeth, constituents of 40 identical models (20 solid sets + 20 digital sets), were equally distributed into two time intervals, between two groups of professionals: **Group I:** direct bonding (experienced clinicians); **Group II:** direct bonding (post-graduate students); **Group III:** virtual bonding (experienced clinicians); **Group IV:** virtual bonding (post-graduate students). The differences in individual positions between the experimental and reference accessories were measured after three-dimensional superimposition of models in customized software. The analyses were conducted at a level of significance of 5%. **Results:** The Chi-square test showed significant differences in the prevalence of the deviations in all the dimensions (horizontal $p = 0.002$; vertical $p < 0.001$; angulation $p < 0.001$), with time of experience being significant in the horizontal dimension ($p = 0.041$). **Conclusion:** Although the differences between the methods were significant in all the dimensions evaluated, the percentages of errors were high in both groups, irrespective of the clinical experience and/or bonding method. Early diagnosis of deviation in the bonding positions could be of direct benefit to both professional and patient, by foreseeing discrepancies that may lead to undesirable orthodontic movements.

INTRODUCTION

Traditionally, orthodontic tubes and brackets attachments are bonded directly onto the tooth surfaces, or indirectly onto plaster cast for later transfer to the teeth. The procedure of indirect bonding results in greater standardization and consistency of the positions.¹⁻² However, up-to-date evidence does not support this indication in preference to direct bonding, because both methods failed to achieve the ideal position.^{3,4,5,6}

Errors in bonding position demand greater professional dexterity and experience and subsequently prolong chair time as well as overall treatment time with consequent unnecessary discomfort to the patient.^{7,8} Various factors potentially impact the precision of bracket positioning, such as patient cooperation, excessive salivation, limit of maximum

mouth opening, variation in dental morphology⁹⁻¹⁰, complexity of malocclusion, type of bracket¹¹, material and morphology of the transfer guide^{12,13}, as well as variation in perception of the ideal position¹⁴.

In an endeavor to minimize human error in this critical stage of executing the treatment plan, there have been an increasing number of research projects directed towards refining the indirect protocols, with emphasis on those that have added CAD/CAM technologies.^{2, 15,16,17,10} Over the last few decades, different commercial systems have been made available, including multifunctional software programs that have optimized the bonding processes, especially in the planning and laboratory stages. These innovations have not, however, demonstrated significant results as far as accuracy is concerned.^{6, 15, 18} Moreover, an additional factor of error is the significant learning curve of the clinician performing the bonding. Orthodontic attachments that have been incorrectly positioned on the virtual model lead to the same discrepancy as for clinical direct bonding and ultimately in the same way compromising the dynamics of therapy. This is particularly important for the pre-adjusted or straightwire appliance when inaccurately bonded as tooth movement will then not be accurately expressed.

The accuracy of computer aided bonding of pre-adjusted appliances has not yet been described in the literature. Similarly, investigations about the influence of clinical experience have also not been well-explored. Evaluating the quality of individual positions of the attachments will make it possible to foresee positions that may lead to undesirable orthodontic movements, thereby being of direct benefit to both the professional and patient.

The aim of the present study was to compare the accuracy of bonding orthodontic accessories in the digital environment in comparison with the direct procedure, considering the time of clinical experience of the professional.

MATERIAL AND METHODS:

This was an *in vitro*, prospective trial, with a representative sample, in which experienced clinicians (over seven years of clinical practice in Orthodontics) and post-graduate students (fewer than two years of clinical practice) performed orthodontic attachment bonding procedures. For the sample size calculation, the findings of the clinical trial⁵ were considered, which pointed out a mean error of 0.26 mm, with standard deviation of 0.46, in the vertical positioning comparing indirect and direct bonding. A significance level of $p < 0.05$ was set for the present study to compare the clinical versus virtual bonding

accuracy. In the sample size calculation a power of 80% was accepted presuming to detect a clinical difference of 50% between the techniques.¹⁹ This resulted in a sample of 244 teeth and 9 clinician participants for each group of intervention. In order to overcompensate for the sample size it was enlarged to 280 teeth, with 10 participants per group, considering losses of 20%.

For the purpose of obtaining identical experimental models, a single dental mannequin (Model 5621, Dent-Art, São Paulo, Brazil), in normal occlusion, with complete dentition except for the 3rd molars, was digitized bench scanner - 3Shape R700™ Orthodontic Scanner (3Shape A/S • Holmens Kanal 7, 4. 1060 Copenhagen K Denmark • P: +45 7027 2620). After scanning the mannequin dentition, the digital model was imported and prepared (*OrthoAnalyzer*™ - 3Shape A/S • Holmens Kanal 7, 4. 1060 Copenhagen K Denmark • P: +45 7027 2620) for segmentation of the tooth units. Then the specific positional changes were incorporated into multiple units (12 teeth, in the horizontal component; 6, in the angulations; 10, in the vertical, horizontal and angular dimensions and 6 remained aligned and leveled). The resultant configuration (Class I malocclusion of the teeth, with slight/moderate crowding) served as basis for obtaining the reference model and intervention models (generation of 20 sets of digital models, and 20 sets of solid models, obtained by prototyping - Eden 500 printer from Stratasys, with resolution of 16 micra, in opaque MED620 material - 1 Holtzman St. Science Park, Rehovot – Israel)

To generate the reference model, the malocclusion incorporated was treated virtually, by a specialized laboratory technician, in the presence and under supervision of the principle researcher. For this purpose, the library of the program was used to select the same brand and prescription of brackets that would afterwards be used on the intervention models - .022 x .028 inches, pre-adjusted metal brackets with MBT prescription, of the Mini Master series (American Orthodontics®, Sheboygan, USA) and simple pre-adjusted tubes, MBT prescription, of the iFit non-convertible buccal series (American Orthodontics®, Sheboygan, USA). Initially, the bracket-dental setup was made with an ideal stainless steel archwire of 0.021" x 0.025" inches to show the attachments in the virtual positions in the ideal arch, with the purpose of simulating the respective post-treatment positions. After this, the configuration of the final positions obtained was reverted to the malocclusion under study.

To carry out the bonding procedures, 40 sets of identical models (20 solid cast sets + 20 digital sets), were equally distributed into two time intervals, between two groups of clinicians: **Group I:** direct bonding (experienced clinicians); **Group II:** direct bonding (post-graduate students); **Group III:** virtual bonding (experienced clinicians); **Group IV:** virtual bonding (post-graduate

students). The direct bonding procedures were performed under pre-clinical conditions. The 20 sets of solid cast models were individually coupled to the head of the mannequins, with the vestibular surfaces already prepared (cleaned with 70% alcohol, followed by application and polymerization of a thin layer of adhesive - (Transbond XT, 3M Unitek, Dental Products, St Paul, MN, USA). Each participant performed the bonding with no prescription restriction, no work flow and time restrictions; moreover, clinical instruments including bonding forceps and instruments for measuring position were available to them. The clinicians performed the procedures with resin (Transbond XT, 3M Dental Products, St Paul, MN, USA), polymerized with LED light for 20 seconds, on each tooth, in both arches (Figure 1A).

Fifteen days later, these same operators performed virtual bonding in the digital environment. In the interval between the two bonding procedures, an institutional video explaining the process of virtual bonding (3 Shape, Copenhagen – Denmark <https://www.youtube.com/watch?v=a41sr4WqbnA&t=48s>), was sent by e-mail to each participant. In addition, a written explanatory text about how the interaction with the virtual bonding software would occur and about the conditions in which the models would be presented moments before the bonding procedures would be performed. The bonding protocol was standardized since all the attachments were previously virtually positioned at the “FA point”; that is, at the midpoint of the facial axis of the clinical crown, on the vestibular surface of all the teeth in both maxillary and mandibular dental arches. This maneuver was performed automatically by the program. Furthermore, all the participants performed the virtual bonding procedure from the monitor of one of the Notebook computers which was standardized to all be the same. All communication was done by web, via Skype, with interaction between the operator of the software and the clinician participant (experienced clinician versus post-graduate student); moreover, strict anonymity was maintained throughout the entire process. On the one hand, an orthodontist from the specialized software laboratory manipulated the virtual bonding software; at the same time in the pre-clinic laboratory, each participant, determined the definitive position of the attachment by only an emitted voice command from the noted laboratory. Bonding occurred according to the clinician’s perception of ideal bonding. During all the bonding procedures, the principle clinician researcher remained present as observer (Figure 1B).

Once the bonding interventions were concluded, the solid cast models were scanned (intra-oral scanner - *Scanner 3D, Ultrafast Optical Sectioning™ - Trios® Orthodontic - 3Shape A/S • Holmens Kanal 7, 4. 1060 Copenhagen K Denmark • P: +45 7027 2620*) to make up the final sample totaling 40 sets of digital models (STL format). After this scanning

procedure, the principle clinician researcher measured the positions of the bonds by superimposing the 3D images (*Appliance Designer 2017 - 3Shape A/S • Holmens Kanal 7, 4. 1060 Copenhagen K Denmark • P: +45 7027 2620*). Before performing the measurements and in order to be blinded as to bonding positions, the file with the digital models was re-codified (40 random numbers were generated using the free software on the site randomization.com) and the decodification was sealed in an envelope.

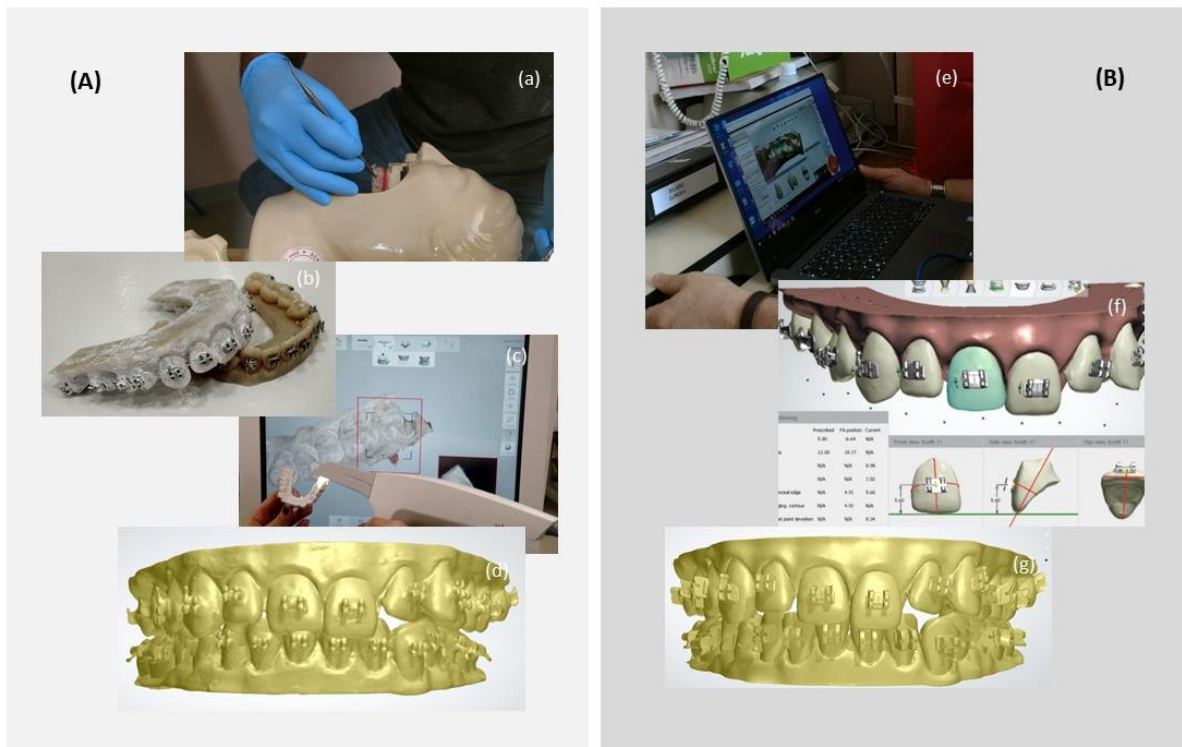


Fig. 1 Stages for obtaining the models for measurement - DIRECT BONDING (A): performing the direct bonding procedure on the solid cast model (a); solid cast model with surface prepared for scanning (b); scanning the solid cast model with the intraoral scanner (c); digital 3D model after direct bonding (d). **(B) VIRTUAL BONDING**– virtual bonding via web (e); partial presentation of the report issued by the software defining the final bonding positions (f); digital 3D model after virtual bonding (g).

The ideal bonding position was defined by the absence of a discrepancy in the position of each attachment in the three dimensions (vertical_(height), Horizontal_(mesio-distal) and angular_(angulation)) when compared with the validated virtual bond reference for the study.

Deviation of the vertical component was defined as: distance projected, in millimeters, between the central inter-channel points, when the plane of visualization resulted in a transverse section along the central vertical axis of the reference attachment. Displacements in the gingival direction were positive, and in the incisal/occlusal direction, negative. *Deviation of the horizontal component*: the distance projected, in millimeters, between the central inter-channel points, when the plane of visualization resulted in a transverse section

along the central horizontal central axis of the reference accessory. Displacements in the mesial direction were positives, and in the distal direction, negative. *Deviation of the angular component:* the right angular measurement represented when the transverse section passed through the base of the reference bracket and its channel assumed an angle of zero in relation to the horizontal axis of the frontal plane of visualization. When this readout was taken from the mesial aspect of the attachment, displacements in the anti-clockwise direction were positive, and in the clockwise direction, negative (Figure 2).

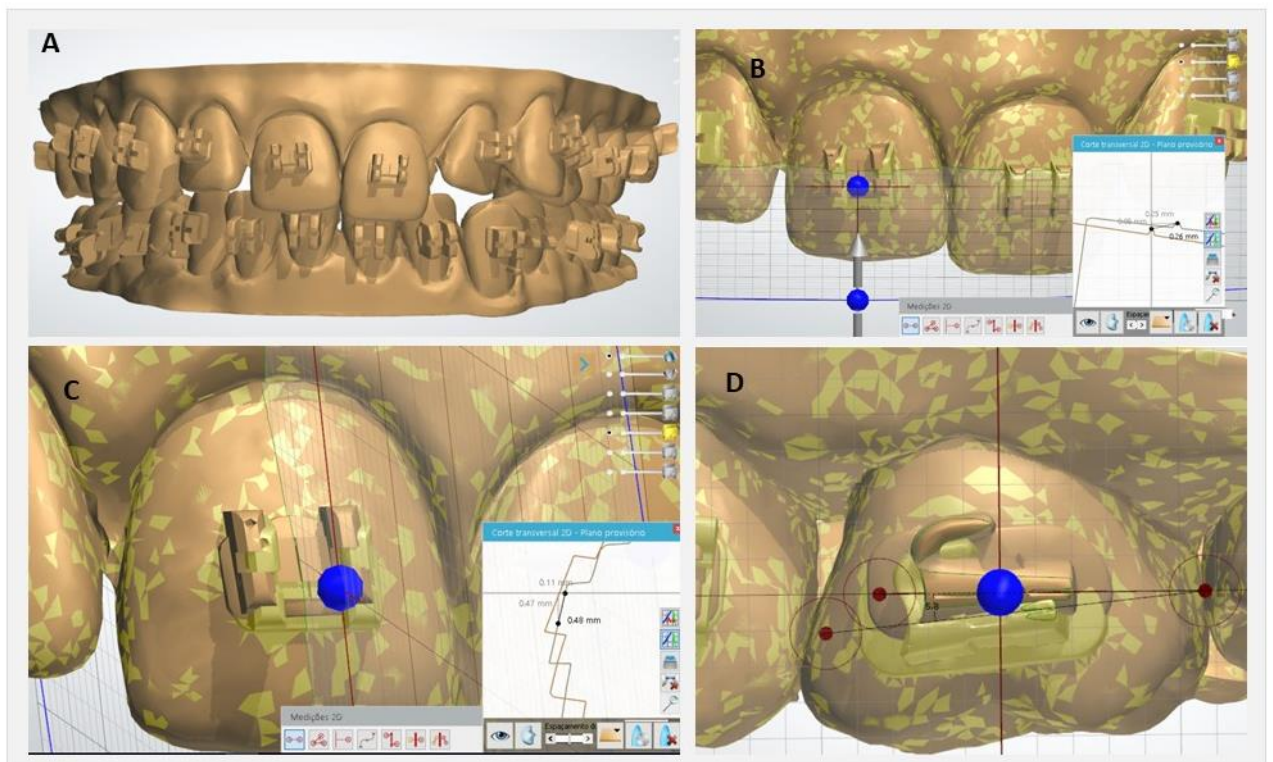


Fig. 2: Measurement of bonding accuracy after superimposition of 3D models – model with reference bonding positions (A); transverse section at the horizontal axis of tooth 21 and the two-dimensional projection of the mesio-distal positions of the respective brackets (B); transverse section at the vertical axis of tooth 11 and the two-dimensional projection of the heights of the respective brackets (C); transverse section in the frontal plane of tooth 16 with right side view of the angles of the respective simple tubes (D).

Statistical Analysis

Following the superimpositions (Example, Figure 2) the data representing the differences between the direct and virtual bonding were entered into the program Excel 2013[®] (Microsoft Corp[®], Redmond, USA), and the respective identifications of the intervention models were re-codified. The data were analyzed with the SPSS software version 25. (Statistical Package for Social Sciences; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The

statistical results included descriptive statistics for obtaining the mean and standard deviation. The normality of the data was verified by the Kolmogorov-Smirnov test. The level of statistical significance was set at 95% ($p < 0.05$). Inter- and intra-group comparisons between the means of the original linear deviation values (height and mesio-distal position) and angulation were analyzed by means of the Mann-Whitney and Wilcoxon tests, respectively. The frequency of errors that exceeded the clinical limits was compared by means of the Chi-square test. Accepted limits for the grouping of ranges included a deviation of 0.5 mm for the linear dimensions, and 1° for angulation.

RESULTS

A total of 1120 orthodontic attachments (560 solid and 560 virtual attachments) were bonded. A loss of 7 occurred and these were excluded (due to debonding before scanning, and due to scanner readout error), totaling a loss of 1%.

In the inter-operator comparison, the values of the means of deviations showed that in the direct procedure the experienced clinicians were more exact than the post-graduate students, in the vertical dimension (-0.83 ± 0.74 mm vs -0.98 ± 0.68 mm, $p = 0.029$) and in angulation ($0.24 \pm 4.54^\circ$ vs $-0.52 \pm 4.16^\circ$, $p = 0.041$). In virtual bonding the experienced clinicians were more exact than the post-graduate students, in the vertical dimension (-0.39 ± 1.19 mm vs -0.42 ± 0.42 mm, $p = 0.020$) and in angulation ($-0.04 \pm 4.25^\circ$ vs $-0.81 \pm 3.86^\circ$, $p = 0.019$). In the horizontal dimension, the differences were not significant in both categories, direct procedure ($p = 0.226$) and virtual bonding ($p = 0.505$) (Table 1).

Tabela 4_(art.3) - **TABLE 1:** Inter-operator comparison of means of errors in positioning orthodontic attachments, measuring according to the bonding technique and in the dimensions evaluated

Dimension	Direct Bonding				P*	Virtual Bonding				P*
	Experienced Clinicians		Post-Graduate Students			Experienced Clinicians		Post-Graduate Students		
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Vertical	-0.83	0.74	-0.98	0.68	0.029	-0.39	1.19	-0.42	0.42	0.020

Horizontal	-0.00	0.51	0.01	0.51	0.226	0.11	0.35	0.14	0.39	0.505
Angular	0.24	4.54	-0.52	4.16	0.041	-0.04	4.25	-0.81	3.86	0.019

*Mann-Whitney Test

In the intra-operator comparison, the values of the means of deviations in the vertical dimension showed that the experienced clinicians were more exact in virtual bonding than in the direct procedure (- 0.39 +/- 1.19 mm vs - 0.83 +/- 0.74 mm, $p < 0.001$) and that post-graduate students were more exact in virtual bonding than in the direct procedure (-0.42 +/- 0.42 mm vs - 0.98 +/- 0.68 mm, $p < 0.001$). In the horizontal dimension, experienced clinicians were more exact in the direct procedure than in virtual bonding (- 0.00 +/- 0.51 mm vs 0.11 +/- 0.35 mm, $p = 0.006$); for the post-graduate students, the differences were not significant ($p = 0.115$). In the angular dimension, the differences were not significant in both categories, experienced clinicians ($p = 0.622$) and post-graduate students ($p = 0.434$) (Table 2).

Tabela 5_(art.3) - **TABLE 2:** Intra-operator comparison of means of errors in positioning orthodontic attachments, measuring according to the bonding technique, in the dimensions evaluated

Dimension	Experienced Clinicians					Post-Graduate Students				
	Direct Bonding		Virtual Bonding		P*	Direct Bonding		Virtual Bonding		P*
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Vertical	-0.83	0.74	-0.39	1.19	<0.001	-0.98	0.68	-0.42	0.42	<0.001
Horizontal	-0.00	0.51	0.11	0.35	0.006	0.01	0.51	0.14	0.39	0.115
Angular	0.24	4.54	-0.04	4.25	0.622	-0.52	4.16	-0.81	3.86	0.434

*Wilcoxon Test

Relative to the distribution of errors that exceeded the clinical limits, the inter-operator comparison showed that the percentage of errors was lower for the experienced clinicians

compared to the post-graduate students, in the horizontal dimension (44,7 vs 55.3 %, $p < 0.041$); in the other dimensions, the differences between prevalence values were not significant, vertical ($p = 0.769$) and angulation ($p = 0.084$). Between the bonding techniques, the prevalence of errors in the direct procedure was higher than that of virtual bonding, in the horizontal (57.7 % vs 42.3 %, $p < 0.002$) and vertical dimensions (68.9 % vs 31.1 %, $p < 0.001$); the prevalence of errors in virtual bonding was higher than that of the direct procedure, in angulation (54.3 % vs 45.7%, $p < 0.001$). Between the groups of teeth, the errors were more significant in the premolar teeth (33.8%) and molars (41.9%), in the horizontal dimension ($p < 0.001$); in the premolars (38.5%) and molars (28.8%), in the vertical dimensions ($p < 0.001$); and in the premolars (27.9 %) and molars (30.2 %), in the angulation ($p < 0.001$) (**Table 3**).

Tabela 6_(art.3) - **TABLE 3:** Frequency of bonding errors that exceeded the clinical limits (above 0.5 mm in the linear dimensions, and above 1° in angulation), according to the time of clinical experience, type of bonding and group of teeth, for each dimension evaluated

	Dimension								
	HORIZONTAL		P*	VERTICAL		P*	ANGULAR		P*
	Exceeded	Didn't exceed		Exceeded	Didn't exceed		Exceeded	Didn't exceed	
Operator who performed procedure									
Experienced Clinicians	127 (44.7)	429 (51.7)		309 (49.5)	248 (50.4)		377 (51.8)	177 (46.33)	
Postgraduate student	157 (55.3)	400 (48.3)	0.041	315 (50.5)	244 (49.6)	0.769	351 (48.2)	205 (53.7)	0.084
Bonding method									
Direct	164 (57.7)	390 (47.0)		430 (68.9)	126 (25.60)		333 (45.7)	217 (56.8)	
Virtual	120 (42.3)	439 (53.0)	0.002	194 (31.1)	366 (74.4)	<0.001	395 (54.3)	165 (43.2)	<0.001
Group of tooth									
Incisor	35 (12.3)	284 (34.3)		141 (22.6)	177 (36.0)		179 (24.6)	134 (35.1)	
Canine	34 (12.0)	124 (15.0)		63 (10.1)	96 (19.5)		126 (17.3)	32 (8.4)	
Premolar	96 (33.8)	223 (26.9)		240 (38.5)	80 (16.3)		203 (27.9)	117 (30.6)	
Molar	119 (41.9)	198 (23.9)	<0.001	180 (28.8)	139 (28.3)	<0.001	220 (30.2)	99 (25.9)	<0.001

*Chi-square test

DISCUSSION

This project was planned to compare the accuracy in the positioning of orthodontic attachments when bonded directly in malocclusion onto a digital and solid cast model. Considering the original values of the means of deviations, our results showed that experienced clinicians were more exact in the vertical dimension and angulation, in both

methods. In the intra-operator comparison, both experienced clinicians and post-graduate students achieved greater accuracy in virtual bonding in the vertical dimension. The comparison of the direct procedure between the experienced and inexperienced operators showed the differences were significantly different only for experienced clinicians in the horizontal dimension.

The accuracy of computer aided bonding has not yet been described in the literature. Similarly, no comparative study could be located to show the influence of the operator's experience on attachment positioning with the digital methodology. In a study that evaluated the virtual bonding, only the repeatability and reproducibility of the placements were considered². Furthermore, the methodology involved post setup bonding, with the results showing that orthodontists were consistent in selecting the same positions. Other investigations involving the digital indirect protocols have combined analyses of quality of placing the appliance in a subsequent stage, by quantification of the post-treatment benefit^{6,20,10} and never by quantification of the individual positions of the attachments.

Moreover, the influence of clinical experience in obtaining accuracy of the direct procedure has hardly been explored. A previous study that compared experienced orthodontists and post-graduate students showed that obtaining accuracy did not appear to be related to this condition.¹⁴ Furthermore, in this article, the post-graduate students were more precise in positioning the brackets vertically. Our findings, however, contradict these results, because the experienced clinicians were more exact than the post-graduate students, in the vertical dimension and in angulation.

In order to minimize the factors that could potentially be inducing errors, all the operators individualized the bonding position on a single pattern of malocclusion. Furthermore, all the solid cast models were prototyped with the same type of resin and scanned with a single scanner.^{21,22}

The methods for measuring the positions of the orthodontic attachments have progressed over time. More recently, the use of superimposing 3D images with cone beam computed tomography incorporated a new pattern of precision into analyses.¹³ In the present study, the individual position of attachments was quantified by means of superimposition of three dimensional (3D) models. In an endeavor to minimize errors of superimposition, we started with single coronal segmentation, used for both the setup that generated the reference model, and for virtual incorporation of the study malocclusion. This process assured that the measurements of the bonding positions would be made among models with equal configuration. We also adopted the inter-center distances between the

channel of the reference attachments and of those of the experimental units, so that possible distortions of the margins of metal brackets would not have an influence on the readouts.²

The numerous pre-adjusted appliance systems come in a multiplicity of prescriptions. These variations include differences in angles, torques, inclination, as well as include adjustments for facial type, type of malocclusion, and cases with or without extraction. There is also an inherent subjectivity of esthetic evaluation, making it difficult to reach consensus about the ideal dental position in Orthodontics. These standardizations may be reflected in discrepancies of bonding position that are not necessarily reflected as significant clinical differences among treated patients.^{23,24} In this context, evaluating the frequency of errors that exceed the clinical limit becomes more clinically relevant than the values expressed by the mean and standard deviation.⁷

Our findings demonstrated that the percentages of these errors were lower in the bonding positions of the virtual environment, in the horizontal and vertical dimensions; however, in angulation, the prevalence was higher than it was in the direct procedure. Moreover, when comparing the groups as regards operator's experience, clinicians committed a lower percentage of errors in the horizontal dimension. The results of errors that exceed the clinical limit have been reported in relation to the types of guides^{13,22} and influence of the cusped height of posterior teeth¹⁰, but they haven't specifically about to the positioning of the attachment.

In computed bonding, as performed in the present project without a prior setup, the possibility of three-dimensional visualization of the models, simultaneously moving and measuring of the individual positions of the orthodontic attachments and comparing them in relation to the opposing tooth or side, or even checking the final positions more quickly would hypothetically add up to providing greater accuracy of attachment positions.

The inexperience of participants in individualizing the bonding position in the digital model may have influenced our results. All participants, experienced and inexperienced, performed the procedure for the first time during the development phase of this research project. Another, however, no less important factor was the training methodology adopted. Watching an institutional video about the bonding software under investigation may have been insufficient as a method of learning.

Although the differences between the methods were significant in all the dimensions evaluated, the percentages of errors were high in both groups, irrespective of the clinical experience and/or bonding method. This suggested that by positioning the fixed appliance

directly to the teeth in the malocclusion, errors committed in this direct procedure may potentially be repeated in the virtual bonding procedure. Additional studies are necessary for better investigation of this tendency.

CONCLUSION

Both Groups failed to obtain accuracy. The percentage of errors in virtual bonding was significantly lower than those in the linear dimensions (vertical and mesio-distal), and higher in angulation. Clinical experience had a positive influence on the higher rate of correctness/accuracy in the horizontal dimension.

REFERENCES

1. Kalange JT. Indirect bonding: a comprehensive review of the advantages. *World J Orthod.* 2004 Winter;5(4):301-7
2. Nichols DA, Gardner G, Carballeyra AD. Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):770-6.
3. Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod.* 1982;82(4):269-76.
4. Koo BC1, Chung CH, Vanarsdall RL. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(3):346-51.
5. Hodge TM, Dhopatkar AA, Rock WP, Spary DJ. A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct and indirect bracket placement. *J Orthod.* 2004;31:132-7.
6. Israel M, Kusnoto B, Evans CA, Begole E. A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. *Angle Orthod.* 2011;81(5):828-35.
7. Germane N, Bentley BE Jr, Isaacson RJ. Three biologic variables modifying faciolingual tooth angulation by straight-wire appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989 ;96(4):312-9.
8. Poling R. A method of finishing the occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 ;115(5):476-87.
9. Miethke RR, Melsen B. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and third order correction with preadjusted appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116(3):329-35.
10. Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(2):298-307

11. Birdsall J, Hunt NP, Sabbah W, Moseley HC. Accuracy of positioning three types of self-ligating brackets compared with a conventionally ligating bracket. *J Orthod.* 2012;39(1):34-42.
12. Castilla AE, Crowe JJ, Moses JR, Wang M, Ferracane JL, Covell DA Jr. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. *Angle Orthod.* 2014;84(4):607-14.
13. Grünheid T, Lee MS, Larson BE. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding. *Angle Orthod.* 2016;86(3):468-74.
14. Armstrong D, Shen G, Petocz P, Darendeliler MA. Accuracy of bracket placement by orthodontists and inexperienced dental students. *Aust Orthod J.* 2007;23(2):96-103.
15. Larson BE, Vaubel CJ, Grünheid T. Effectiveness of computer-assisted orthodontic treatment technology to achieve predicted outcomes. *Angle Orthod.* 2013;83(4):557-62.
16. El-Timamy AM¹, El-Sharaby FA², Eid FH³, Mostafa YA³. Three-dimensional imaging for indirect-direct bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(6):928-31.
17. Müller-Hartwich R, Jost-Brinkmann PG, Schubert K. Precision of implementing virtual setups for orthodontic treatment using CAD/CAM-fabricated custom archwires. *J Orofac Orthop.* 2016;77(1):1-8.
18. Mayhew MJ. Computer-aided bracket placement for indirect bonding. *J Clin Orthod.* 2005;39(11):653-60.
19. Armitage P, Berry G. The planning of statistical investigations. In: *Statistical methods in medical research.* 2.ed. Oxford, Blackwell, 1987. p.179-85.
20. Brown MW, Zhang K, Chen M, Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(6):1067-74.
21. Huanca Ghislazoni LT, Lineberger M, Cevitanes LH, Mapelli A, Sforza C, McNamara JA Jr. Evaluation of tip and torque on virtual study models: a validation study. *Prog Orthod.* 2013;14-19.
22. Schmid J, Brenner D, Recheis W, Hofer-Picout P, Brenner M, Crismani AG. Transfer accuracy of two indirect bonding techniques-an in vitro study with 3D scanned models. *Eur J Orthod.* 2018;1-7.
23. Jain M, Varghese J, Shetty S. Assessment of clinical outcomes of Roth and MBT bracket prescription using the American Board of Orthodontics Objective Grading System. *Contemp Clin Dent.* 2013;4(3):307-12.
24. Moesi B, Dyer F, Benson PE. Roth versus MBT: does bracket prescription have an effect on the subjective outcome of pre-adjusted edgewise treatment? *Eur J Orthod.* 2013;35(2):236-43.

6 CONDIÇÕES FINAIS

A montagem do aparelho ortodôntico é um processo complexo, no qual objetiva-se, entre outros aspectos, o nivelamento das cristas marginais e pontos de contato, além dos pontos que definem a sobremordida ideal, a exposição de incisivos e a curva do sorriso (Germane *et al.*, 1989; Carlson *et al.*, 2001; Eliades *et al.*, 2005; Pitts, 2017). Independente do método, direto ou indireto, alcançar tais propósitos é inviável com as técnicas de colagem até então disponíveis (Koo *et al.*, 1999; Hodge *et al.*, 2004; Israel *et al.*, 2011; Nichols *et al.*, 2013; Castilla *et al.*, 2014).

Diante disso, novas perspectivas de refinamento dos protocolos têm sido apontadas pela incorporação de tecnologia digital aos processos de colagem. Laboratórios especializados têm viabilizado pacotes de serviços customizados que permitem colagens computadorizadas, potencialmente mais precisas (Israel *et al.*, 2011; Oh *et al.*, 2012; Beyling *et al.*, 2013). No presente estudo, avaliou-se um software comercial, o OrthoAlign (3 Shape, Copenhague - Dinamarca), ainda não investigado na literatura. Foi considerado nas análises a influência do tempo de experiência clínica do profissional executor na qualidade desses posicionamentos, uma vez que a curva de aprendizado profissional é significativa nessa nova metodologia. Em igual modo, não se localizaram estudos prévios sobre a precisão desses posicionamentos ainda no ambiente virtual. Os resultados atuais foram comparados ao procedimento direto sendo realizado na mesma configuração de má oclusão.

Esperava-se que na colagem computadorizada sem *setup* prévio, a possibilidade de visualização tridimensional dos modelos, de movimentar e mensurar simultaneamente as posições individuais dos acessórios, de compará-las em relação ao antagonista, ou mesmo de conferir as posições finais com maior agilidade, entre outras facilidades, todas elas hipoteticamente se somariam para propiciar maior assertividade.

No entanto, nas condições delineadas, os resultados apontaram que, embora as diferenças de erros entre os métodos tenham sido significativas em todas as dimensões avaliadas, os percentuais dos desvios foram altos, independente da experiência clínica dos profissionais executores das colagens e/ou do método de colagem.

De todo modo, determinando tendência, a Ortodontia virtual, ao objetivar maior efetividade e controle terapêutico, é passo irreversível. Os avanços tecnológicos buscando a integração dos sistemas que capturam imagens virtuais 3D do complexo craniofacial caminham a passos largos (Plooij *et al.*, 2011; Joda *et al.*, 2015). As inovações convergem para uma assistência cada vez mais individualizada, alicerçada por aparelhos pré-ajustados com acessórios e fios customizados, pela configuração virtual ao *setup* e, mais recentemente, pela colagem assistida por computador (Müller-Hartwich *et al.*, 2016).

É provável que em pouco tempo todos os acessórios ortodônticos serão posicionados na forma digital. Além disso, a possibilidade de aferição digital das posições, previamente à expressão dos aparelhos, poderá nortear intervenções precoces e assim impedir a progressão de movimentos ortodônticos indesejáveis. Superar a curva de aprendizagem, principalmente os aspectos ligados à formação acadêmica dos futuros ortodontistas, é um dos desafios.

7 REFERÊNCIAS GERAIS

AGUIRRE M.; King G.; Waldron J. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod.* v. 82, p. 269–276,1982.

ALEXANDER R. G. The vari-simplex discipline part 1 concept and appliance design. *J Clin Orthod.* v.17, n. 6, p. 380-392,1983.

ALFORD T. J.; Roberts W. E.; Hartsfield J.K.; Eckert G.J.; Snyder R.J. Clinical outcomes for patients finished with the SureSmile™ method compared with conventional fixed orthodontic therapy. *Angle Orthod.* v.81, p. 383-388, 2011.

ANDREWS L. F. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* V. 62, n. 3, p. 296-309,1972.

ANDREWS L. F. Straight wire—the concept and appliance. San Diego: L. A. Wells Co.1989.

ARMITAGE P.; Berry G. The planning os statistical investigations. In: *Statistical methods in medical research.* 2.Ed. Oxford: Blackwell, 1987.179p

ARMSTRONG D.; Shen G.; Petocz P.; Darendeliler M. A. A comparison of accuracy in bracket positioning between two techniques--localizing the centre of the clinical crown and measuring the distance from the incisal edge. *Eur J Orthod.* v. 29, n.5, p. 430-436, 2007.

BALUT N.; Klapper L, Sandrik J, Bowman D. Variations in bracket placement in the preadjusted orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v. 102, p. 62-67, 1992.

BARROS S. E.; Ficht D.; Janson G.; Chiqueto K.; Ferreira E. Reliability of clinical crown center to predict marginal ridge leveling. *Angle Orthod.* v. 87, n. 4, p. 556-562, 2017.

BEHREND D. A; Harcourt J.K.; Adams G. G.; Choosing the esthetic angle of the face: experiments with laypersons and prosthodontists. *J Prosthet Dent.* v. 106, n. 2, p. 102-108, 2011.

BEYLING F.; Schwestka-Polly R.; Wiechmann D. Lingual orthodontics for children and adolescents: improvement of the indirect bonding protocol. *Head Face Med.* V. 9, p. 27-34, 2013.

BIRDSALL J.; Hunt N. P.; Sabbah W.; Moseley H.C. Accuracy of positioning three types of self-ligating brackets compared with a conventionally ligating bracket. *J Orthod.* v. 39, n.1, p. 34-42, 2012.

BROWN M.W.; Koroluk L.Ko. C. C.; Zhang K.; Chen M.; Nguyen T. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v. 148, n. 6, p. 1067-1074, 2015.

BRYANT R. M.; Sadowsky P.L.; Hazelrig J.B.; Variability in three morphologic features of the permanent maxillary central incisor. *Am J Orthod.* v. 86, n. 1, p. 25-32, 1984.

CARLSON S.K.; Johnson E. Bracket positioning and resets: five steps to align crowns and roots consistently. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v.119, p.76-80, 2001.

CASKO J. S.; Vaden J.L.; Kokich V.G.; Damone J.; James R.D.; Cangialosi T.J.; et al. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v.114, p.589-99,1998.

CASTILLA A.E.; Crowe J.J.; Moses J.R.; Wang M.; Ferracane J.L.; Covell D. A. Jr.; Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. *Angle Orthod.* v.84,n.4,p.607-14,2014.

CHOI J.I.; Cha B.K.; Jost-Brinkmann P.G.; Choi D.S.; Jang I.S.; Validity of palatal superimposition of 3-dimensional digital models in cases treated with rapidmaxillary expansion and maxillary protraction headgear. *Korean J Orthod.* v.42,n.5,p.235-41,2012.

CIUFFOLO F.; Epifania E.; Duranti G.; De Luca V.; Raviglia D.; Rezza S.; Festa F. Rapid prototyping: a new method of preparing trays for indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v.129, n.1, p.75-77, 2006.

CREEKMORE T.D.; Kunik R. L.; Straight wire: the next generation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v.104, n.1, p.8-20, 1993.

ELIADES T.; Gioka C.; Papaconstantinou S.; Bradley T.G. Premolar bracket position revisited: proximal and occlusal contacts assessment. *World J Orthod.* v. 6, p. 149–155, 2005.

FOWLER P.V. Variations in the perception of ideal bracket location and its implications for the pre-adjusted edgewise appliance. *Br J Orthod.* v. 17, p. 305-10, 1990.

GARINO F.; Garino G.B.; Computer-aided interactive indirect bonding. *Prog Orthod.* v. 6, n. 2, p. 214-223, 2005.

GERMANE N.; Bentley B. E. Jr.; Isaacson R. J.; Three biologic variables modifying faciolingual tooth angulation by straight-wire appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v. 96, n. 4, p. 312-319, 1989.

GERMANE N.; Bentley B.; Isaacson R.J.; Revere J. H. Jr.; The morphology of canines in relation to preadjusted appliances. *Angle Orthod.* v. 60, n. 1, p. 49-54, 1990.

GRÜNHEID T.; Lee M.S.; Larson B.E. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding. *Angle Orthod.* v. 86, n. 3, p. 468-474, 2016.

HODGE T. M.; Dhopatkar A. A.; Rock W.P.; Spary D. J. A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement. *J Orthod.* v. 31, n. 2, p. 132-137, 2004.

HU X. Q.; Kong W.D.; Cai B.; Chen M. Y. Evaluation of the effect of maxillary anterior teeth morphology on torque using cone beam dental computed tomography. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* v. 27, n. 3, p. 297-300, 2009.

HUSSELS W.; Nanda R.S. Effect of maxillary incisor angulation and inclination on arch length. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v. 91, p. 233-239, 1987.

ISRAEL M.; Kusnoto B.; Evans CA.; Begole E. A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. *Angle Orthod.* v. 81, n. 5, p. 828-35, 2011.

JODA T.; Brägger U.; Gallucci G. Systematic literature review of digital three-dimensional superimposition techniques to create virtual dental patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* v. 30, n. 2, p. 330-337, 2015.

KALANGE J.T. Indirect bonding: a comprehensive review of the advantages. World J Orthod. v. 5, n. 4, p. 301-307, 2004.

KIM J.; Chun Y. S.; Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. Am J Orthod Dentofacial Orthop. v. 153, n. 2, p. 298-307, 2018.

KOO B. C.; Chung C.H. Vanarsdall RL. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. Am J Orthod Dentofacial Orthop. v. 116, n. 3, p. 346-351, 1999.

LARSON B. E.; Vaubel C.J.; Grünheid T. Effectiveness of computer-assisted orthodontic treatment technology to achieve predicted outcomes. Angle Orthod. v. 83, n. 4, p. 557-562, 2013.

MCLAUGHLIN R. P.; Bennett J.C. Bracket placement with the preadjusted appliance. J Clin Orthod, Boulder. V. 29, n. 5, p. 302-311, 1995.

MCLAUGHLIN R. P.; Bennett J.C. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: A 40-year perspective. Am J Orthod Dentofacial Orthop. v. 147, n. 6, p. 654-662, 2015.

MESTRINER M. A.; Enoki C.; Mucha J. N. Normal torque of the buccal surface of mandibular teeth and its relationship with bracket positioning: a study in normal occlusion. Braz Dent J. v. 17, n. 2, p. 55-60, 2006.

MIETHKE R. R.; Melsen B. Effect of variation in tooth morphology and bracket position on first and third order correction with preadjusted appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop. v. 116, n. 3, p. 329-335, 1999.

MOHAMMADI A.; Moslemzadeh S.H.; Comparison of the accuracy of bracket placement with height bracket positioning gauge and boone gauge. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. v. 5, n. 4, p. 111-118, 2011.

MOTA JÚNIOR S.L.; de Andrade Vitral J.; Schmitberger C.A.; Machado D.B.; Avelar J.C.; Fraga M.; da Silva Campos M.J.; Vitral R.W. Evaluation of the vertical accuracy of bracket placement with the Boone gauge. Am J Orthod Dentofacial Orthop. v.148, n. 5, p. 821-826, 2015.

MÜLLER-HARTWICH R.; Jost-Brinkmann P.G.; Schubert K. Precision of implementing virtual setups for orthodontic treatment using CAD/CAM-fabricated custom archwires. *J Orofac Orthop.* v. 77, n. 1, p. 1-8, 2016.

NEWMAN G.V. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod.* v. 51, n. 12, p. 901-912, 1965.

NICHOLS D. A.; Gardner G.; Carballeyra A. D.; Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v. 144, n. 5, p. 770-776, 2013.

NOJIMA L.I.; Araújo A. S.; Alves Júnior M. Indirect orthodontic bonding--a modified technique for improved efficiency and precision. *Dental Press J Orthod.* v. 20, n. 3, p. 109-117, 2015.

OH J.Y.; Park J. W.; Baek S.H. Surgery-first approach in class III open-bite. *J Craniofac Surg.* v. 23, n. 4, p. 283-287, 2012.

PINZAN A.; Fuziy A.; Neves L. S.; Cançado R. H. Avaliação da Precisão da Acuidade Visual no Posicionamento dos Acessórios Ortodônticos. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial.* v. 8, n. 3, p. 25-31, 2003.

PITTS T. R. Bracket Positioning for Smile Arc Protection. *J Clin Orthod.* v. 51, n. 3, p. 142-156, 2017.

PLOOIJ J.M.; Maal T.J.; Haers P.; Borstlap W.A.; Kuijpers-Jagtman A. M.; Bergé S.J. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* v.40, n. 4, p. 341-352, 2011.

POLING R. A method of finishing the occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* v.115, n. 5, p. 476-487, 1999.

SACHDEVA R.C. SureSmile technology in a patient--centered orthodontic practice. *J Clin Orthod.* v. 35, p. 245-253, 2001.

SARDARIAN A.; Danaei S.M.; Shahidi S.; Boushehri S.G.; Geramy A. The effect of vertical bracket positioning on torque and the resultant stress in the periodontal ligament--a finite element study. *Prog Orthod.* v. 15, p. 50-55, 2014.

SAXE A.K.; Louie L.J.; Mah J. Efficiency and effectiveness of SureSmile. *World J Orthod.* v.11, n. 1, p. 16-22, 2010.

SCHMID J.; Brenner D.; Recheis W.; Hofer-Picout P.; Brenner M.; Crismani A. G. Transfer accuracy of two indirect bonding techniques-an in vitro study with 3D scanned models. *Eur J Orthod.* p. 1-7, 2018.

SILVERMAN E.; Cohen M.; Gianelly A. A.; Dietz V. S. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod.* v. 62, n. 3, p. 236-244, 1972.

SJÖGREN A.P.; Lindgren J.E.; Huggare J.A. Orthodontic study cast analysis--reproducibility of recordings and agreement between conventional and 3D virtual measurements. *J Digit Imaging.* v. 23, n. 4, p.482-492, 2010.

SUÁREZ C.; Vilar T. The effect of constant height bracket placement on marginal ridge levelling using digitized models. *Eur J Orthod.* v. 32, n. 1, p. 100-105, 2010.

TAYLOR N.G.; Cook P.A. The reliability of positioning pre-adjusted brackets: an in vitro study. *Br J Orthod.* v. 19, n. 1, p. 25-34,1992.

VAN LOENEN M.; Degrieck J.; De Pauw G.; Dermaut L. Anterior tooth morphology and its effect on torque. *Eur J Orthod.* v. 27, n. 3, p. 258-262, 2005.

VERMA S.; Singh S.; Utreja A. A normative study to evaluate inclination and angulation of teeth in North Indian population and comparison of expression of torque in preadjusted appliances. *J Orthod Sci.* v. 3, n. 3, p. 81-88, 2014.

Viazis A.D. Bioefficient therapy. *J Clin Orthod.* v. 29, n. 9, p. 552-568, 1995.

8 APÊNDICES E ANEXOS

Apêndice A:

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa – **“Acurácia da colagem vestibular de acessórios ortodônticos pelo método indireto digital em comparação ao método direto”**.

Esta pesquisa pretende avaliar a acurácia da colagem de acessório ortodôntico pelo método indireto digital (3Shape) em relação ao método direto. Acreditamos na sua relevância, uma vez que os métodos de colagem até então disponíveis falham em alcançar a posição ideal de colagem. Além disso, não foi localizado estudo sobre a acurácia com o sistema 3Shape, recentemente disponibilizado em nosso meio.

No presente estudo, 48 manequins odontológicos, idênticos quanto ao tipo de má oclusão, serão submetidos a procedimentos de colagem direta e indireta de acessórios ortodônticos. Sua participação consistirá na realização desses procedimentos, na condição de ortodontista ou de aluno de especialização em ortodontia.

Os procedimentos serão realizados no laboratório de pré-clínico da faculdade de odontologia da UFMG, em duas etapas (dois dias diferentes, em um período aproximado de 30 a 60 minutos em cada dia), além do dia em que você receberá gratuitamente a capacitação em colagem virtual de acessórios com o programa 3Shape, em um dia específico, com duração de 2 horas.

Os riscos dessa pesquisa se relacionam ao desconforto e ao tempo despendido para os procedimentos de colagem. O benefício esperado é a capacitação em colagem virtual de acessórios ortodônticos com o programa da 3Shape. Adicionalmente, caso seja do seu interesse, você terá acesso aos seus resultados. Outro benefício, você estará contribuindo para fornecer evidência científica sobre ambos os tipos de colagem em ortodontia, fornecendo parâmetros aos ortodontistas para otimizarem sua prática clínica.

Rubrica do pesquisador responsável

Rubrica do participante

Durante todo o período da pesquisa você terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar, bastando para isso entrar em contato, com algum dos pesquisadores ou, em caso de dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa, com o Conselho de Ética em Pesquisa.

Você tem garantido o seu direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação, pela sua decisão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os dois responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida ao participante.

Eu, _____, portador do documento de identidade _____, após a leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos, métodos e riscos da pesquisa, dos procedimentos aos quais irei realizar e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto expresse minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Rubrica pesquisador responsável

Rubrica do participante

Declaro que concordo em participar desta pesquisa e que recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador

–

Assinatura do participante

local/data

DADOS DOS PESQUISADORES:

Henrique Pretti

Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Odontologia. AV. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha 31270-010 - Belo Horizonte, MG – Brasil Telefone: (031) 34092429 Ramal: 2429 Fax: (031) 34092426. – bhpretti@gmail.com

–

Assinatura do Pesquisador responsável

local/ data

Natalice Sousa de Oliveira

Rua: Monte Azul, 106 - Bairro Mangabeiras – Belo Horizonte, MG
Fone: (31) 991579795 - natalice@gmail.com

—
Assinatura do Pesquisador (doutoranda)

local/data

DADOS DO CEP:

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901

Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala: 2005; Telefone: 3409-4592

e-mail: coep@prpq.ufmg.br

Apêndice B: Ficha pré-clínica

Projeto de Pesquisa:

Acurácia de colagem vestibular de acessórios ortodônticos pelo método indireto digital em comparação ao método direto

FICHA PRÉ-CLÍNICA

Modelo	Grupo	Tipo de colagem	Profissional	Número	Grupo	Tipo de colagem	Profissional
13	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 1	25	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 7
25	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 1	26	II	DIRETA	ORTODONTISTA 7
37	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 1	27	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 7
26	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 2	28	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 8
38	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 2	29	II	DIRETA	ORTODONTISTA 8
39	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 3	30	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 8
14	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 2	31	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 7
1	II	DIRETA	ORTODONTISTA 1	32	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 9
27	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 3	33	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 8
2	II	DIRETA	ORTODONTISTA 2	34	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 9
15	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 3	35	II	DIRETA	ORTODONTISTA 9
3	II	DIRETA	ORTODONTISTA 3	36	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 9
40	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 4	37	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 10
4	II	DIRETA	ORTODONTISTA 4	38	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 10
16	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 4	39	II	DIRETA	ORTODONTISTA 10
41	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 5	40	II	DIRETA	ORTODONTISTA 11
17	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 5	41	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 11
18	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 6	42	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 10
28	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 4	43	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 11
29	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 5	44	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 12
5	II	DIRETA	ORTODONTISTA 5	45	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 11
30	IV	INDIRETA	ORTODONTISTA 6	46	II	DIRETA	ORTODONTISTA 12
6	II	DIRETA	ORTODONTISTA 6	47	I	DIRETA	PÓS-GRADUANDO 12
42	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 6	48	III	INDIRETA	PÓS-GRADUANDO 12

Duração do procedimento (min): _____

Tempo de experiência profissional (meses): _____

Intercorrências (motivo de perdas): _____

Anexo A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE 78890217.0.0000.5149

Interessado(a): Prof. Henrique Pretti
Depto. Odontopediatria e Ortodontia
Faculdade de Odontologia - UFMG

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 22 de novembro de 2017, o projeto de pesquisa intitulado “ **Acurácia da colagem vestibular de acessórios ortodônticos pelo método indireto digital em comparação ao direto**” bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

Profa. Dra. Vivian Resende
Coordenadora do COEP-UFMG

Anexo B: Carta-convite

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
Programa de Pós-Graduação Odontopediatria
Departamento de Odontopediatria e Ortodontia

Projeto de Pesquisa:

Acurácia de colagem vestibular de acessórios ortodônticos pelo método indireto digital em comparação ao método direto

Prezado colega,

Gostaríamos de convidá-lo a participar do nosso estudo intitulado “Acurácia de colagem vestibular de acessórios ortodônticos pelo método indireto digital em comparação ao método direto” que tem por objetivo avaliar a acurácia da colagem vestibular de acessórios ortodônticos pelo método indireto digital (3Shape), em comparação ao método direto. Trata-se de ensaio laboratorial inédito, com metodologia inteiramente digital, que integra prototipagem de modelos idênticos e escaneamento com aferição 3D dos resultados.

A sua participação ocorrerá em dois momentos: (T1) **colagem direta de acessórios ortodônticos** no laboratório de treinamento pré-clínico da Faculdade de Odontologia da UFMG; (T2): quinze dias após, colagem virtual de acessórios ortodônticos com o sistema 3Shape, no laboratório de treinamento pré-clínico da Faculdade de Odontologia da UFMG.

Asseguramos aos participantes sigilo. Como benefício, caso deseje, o colega terá acesso ao seu resultado. Conhecer suas tendências de colagem podem lhe ser úteis. Adicionalmente será beneficiado com treinamento gratuito em colagem digital.

Agradecemos antecipadamente a sua participação!

Henrique Pretti – Professor orientador
Natalice Sousa de Oliveira – Doutoranda em Odontopediatria