

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Centro de Ciências da Saúde

Faculdade de Odontologia

**EFEITOS DE DIFERENTES ADESIVOS NA COLAGEM
ORTODÔNTICA INDIRETA: RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO,
ALTERAÇÃO DE COR E RUGOSIDADE DO ESMALTE**

Mirella Lemos de Queiróz Tavares

CD

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos, para a obtenção do Título de Mestre em Odontologia (Ortodontia).

Rio de Janeiro

2017

**EFEITOS DE DIFERENTES ADESIVOS NA COLAGEM
ORTODÔNTICA INDIRETA: RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO,
ALTERAÇÃO DE COR E RUGOSIDADE DO ESMALTE**

MIRELLA LEMOS DE QUEIRÓZ TAVARES, CD

Orientador: Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos, para obtenção do Título de Mestre em Odontologia (Ortodontia).

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Silveira Ferreira

Prof^a. Dra. Matilde da Cunha G. Nojima

Prof^a. Dra. Margareth Maria Gomes de Souza

Rio de Janeiro

2017

Ficha Catalográfica

TAVARES, M. L. Q.

Efeitos de diferentes adesivos na colagem ortodôntica indireta: resistência ao cisalhamento, alteração de cor e rugosidade do esmalte. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2017.

xix, 57f.

Dissertação: Mestrado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Faculdade de Odontologia, 2017.

1. Colagem dentária

2. Resistência ao cisalhamento

3. Aparelho ortodôntico

4. Teses

I. Título

II. Dissertação (Mestrado - UFRJ/Faculdade de Odontologia)

Linha de Pesquisa: Fatores influentes e resultados do tratamento ortodôntico.

Projeto: Efeitos de diferentes adesivos na colagem ortodôntica indireta: resistência ao cisalhamento, alteração de cor e rugosidade do esmalte.

Comitê de Ética Nº Permissão: não se aplica. Esta é uma pesquisa experimental e laboratorial para análises quantitativas de dados relacionados à colagem direta e indireta de braquetes ortodônticos em dentes bovinos, os quais foram obtidos de um abatedouro regulamentado (Mondelli, Bauru, São Paulo, Brasil).

DEDICO

Aos meus pais, **Vantuir Pedro Tavares e Maria do Livramento Lemos**, pelo apoio e amor incondicional, e por darem-me a oportunidade de receber a melhor educação. Meu agradecimento mais sincero pelo exemplo e orientação. Guardarei, por toda vida, seus conselhos e ensinamentos como meu bem mais precioso.

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos **Michel Lemos de Queiróz Tavares e Lucas Bredariol de Queiróz Tavares**, pelo apoio e carinho, e mesmo distantes sempre me incentivaram a continuar.

À toda minha família, incluindo tios(as), primos(as), avô e avó pela compreensão, amor e motivação em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador **Dr. Lincoln Issamu Nojima**, pela orientação, pelos preciosos ensinamentos, pela educação, confiança e paciência comigo em todas as fases desta pesquisa.

Aos professores do curso **Dra. Ana Maria Bolognese, Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas, Dr. Eduardo Franzotti Sant`Anna, Dr. José Fernando Stangler Brazzalle, Dr. José Vinícius Bolognese Maciel, Dra. Liliane Siqueira de Moraes, Dr. Lincoln Issamu Nojima, Dra. Luciana Rougemmont Squeff, Dra. Margareth Maria Gomes de Souza, Dra. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima, Dra. Monica Tirre de Souza Araujo** pelos preciosos ensinamentos teóricos e clínicos.

À professora **Dra. Monica Tirre de Souza Araujo**, coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, área de concentração Ortodontia, por todo trabalho e empenho neste Programa. Obrigada professora, pela companhia sempre às quartas-feiras, tornando a ida e volta ao fundão tão agradáveis.

Ao professor **Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas**, por me permitir orientar um aluno de iniciação científica, pelos ensinamentos, educação e gentileza em me emprestar o espectrofotômetro para realização de parte desta pesquisa.

Ao professor **Dr. Carlos Nelson Elias**, por ser tão atencioso, pelos ensinamentos na área de materiais dentários, e por ter me dado oportunidade de utilizar o rugosímetro para realização de parte desta pesquisa.

Aos professores das disciplinas conexas, **André Antônio Monteiro, Bruno Dias, Carlos Nelson Elias, Fábio Ribeiro Guedes, Ieda Maria Orioli, Maria Augusta Visconti, Maria Cynésia Medeiros de Barros Torres, Rafael Seabra Louro, Ronir Raggio Luiz e Sandra Regina Torres**, pelas aulas imprescindíveis para complementação da minha formação acadêmica e profissional.

À querida professora **Dra. Maria Bernadete Sasso Stuani**, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (USP), por ainda na graduação tão gentilmente ter me incentivado no amor à Ortodontia.

Aos professores **Dra. Mamie Mizusaki Iyomasa e Dr. João Paulo Mardegan Issa**, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (USP), pela paciência em me orientar no início da vida acadêmica e darem a oportunidade de iniciar os caminhos na pesquisa.

Às minhas colegas de turma, **Anna Paula Nigri, Bárbara Pilla Tavares, Kelly Galisteu Luiz, Larine Ferreira Lira e Mariana Lago de Salles Brasil** pela companhia, horas de descontração, brincadeiras e risadas.

À colega da 49^a turma **Nathália Ferrare Pinto**, pela ótima convivência, paciência, ensinamentos e incentivo em desenvolver esta pesquisa.

Aos colegas da 50^a turma **Adilson Tolfo de Oliveira, Carolina Ribeiro Starling, Laura Mello Figueiredo, Patrícia Valim, Priscilla de Almeida Solon de Mello e Ramiro Estacia da Silveira**, pela ótima convivência e disposição em sempre ajudar.

Aos colegas da 52^a turma **Alyson de Souza Reis, Flávio Mendonça Copello, Katherine J. de C. M. P. Silver, Natan Oliveira Guss, Sylvia de Araújo Paes Souza, Ursula Tavares Puetter**, que alegraram o departamento com sua chegada.

Aos colegas do doutorado **Adriele da Silva Araújo, Alice Spitz, Amanda Carneiro da Cunha, Ana Paula Tenório de Sá, Carolina Ribeiro Starling, Daniel Paludo Brunetto, Dayanne Lopes, Fernanda Blaudt, Georgia Wain Thi Lau, Hibernon Lopes Filho, Ilana Oliveira, Jamille Barros Ferreira, Johnny de Gawn, Lilian Siqueira de Lima, Lucio Henrique Maia, Luciana Duarte Caldas, Pedro Lima Emmerick Oliveira e Rodrigo Lopes Lima**, pela disponibilidade, convivência e amizade. Em especial, a última turma **Carolina Ribeiro Starling, Jamille Barros Ferreira, Lilian Siqueira de Lima e Pedro Lima Emmerick Oliveira** que nos acolheu gentilmente cedendo seus espaços, sempre bem-humorados, nos divertindo nos momentos finais do mestrado.

Aos funcionários, **Diane Esteves de Souza Gomes, Laís Paiva Monteiro, Mônica Mello do Nascimento Gonçalves e Vanilda Antônio Saturnino**, pelo ótimo convívio e disponibilidade.

Aos **alunos da Disciplina de Ortodontia da graduação da UFRJ** que tanto contribuíram para minha formação, pela convivência agradável e confiança nas aulas práticas.

Aos **pacientes do Departamento de Ortodontia**, pela disponibilidade, paciência e confiança depositada nos meus primeiros passos na Ortodontia.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela bolsa de estudos concedida, auxiliando na minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

LEMOS DE QUEIRÓZ TAVARES, Mirella. **Efeitos de diferentes adesivos na colagem ortodôntica indireta: resistência ao cisalhamento, alteração de cor e rugosidade do esmalte.** Orientador: Dr. Lincoln Issamu Nojima. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2017. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia) 57f.

O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* quatro sistemas adesivos utilizados na colagem indireta ortodôntica, quanto à resistência ao cisalhamento e às alterações de cor que os *tags* de resina podem provocar no esmalte após a remoção dos braquetes, bem como dois métodos de remoção de resina quanto à rugosidade do esmalte. Foram utilizados 70 incisivos bovinos, distribuídos em 7 grupos (n=10): controle (sem colagem), colagem direta (DTBX Transbond XT) e colagem indireta (ITBX, IZ350, ISONDHI, ISEP, ITBXp). Nos grupos ITBX e ITBXp foi utilizado o adesivo Transbond XT, no IZ350 a resina *flow* Z350, no ISONDHI o adesivo Sondhi, e no grupo ISEP o adesivo SEP. Resistência ao cisalhamento, índice de remanescente do adesivo e rugosidade superficial do esmalte foram avaliados. Em todos os grupos, o remanescente resinoso foi removido com broca de tungstênio em baixa rotação, exceto no grupo ITBXp, no qual foi usado polidor de óxido de alumínio. Os dentes foram expostos ao manchamento com café e tiveram sua cor avaliada pelo sistema (CIE) LAB, neste momento e previamente à colagem. Os resultados mostraram que os grupos ISONDHI e ISEP apresentaram forças de adesão significativamente menores ($p<0,01$). DTBX obteve maior quantidade de dentes com todo o adesivo no esmalte (70%) em comparação com grupos da

colagem indireta (0-30%). A rugosidade foi analisada apenas em ITBX e ITBXp, e ambos os métodos de remoção do adesivo demonstraram o aumento na rugosidade. Dessa forma, pode-se concluir que a colagem direta e indireta tem resultados similares e todos os adesivos utilizados possuem resistência de adesão satisfatórias. O uso de brocas e polidores aumentaram a rugosidade do esmalte, no entanto, os polidores garantiram melhor a integridade da rugosidade inicial. Os *tags* não são capazes de alterar a cor do dente.

SUMMARY

LEMOS DE QUEIRÓZ TAVARES, Mirella. **Efeitos de diferentes adesivos na colagem ortodôntica indireta: resistência ao cisalhamento, alteração de cor e rugosidade do esmalte.** Orientador: Dr. Lincoln Issamu Nojima. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2017. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia) 57f.

This study aimed at making an *in vitro* evaluation of four adhesive systems used in indirect orthodontic bonding, regarding the shear strength and color change caused by resin tags after debonding, and the enamel roughness observed after applying two enamel clean-up techniques. Seventy bovine incisors were used, distributed in 7 groups: control (no bonding), direct bonding (DTBX) and indirect bonding (ITBX, IZ350, ISONDHI, ISEP, ITBXp). Transbond XT adhesive was used on the DTBX, ITBX and ITBXp groups, flow resin Z350 on IZ350, Sondhi adhesive on ISONDHI, and SEP adhesive on the ISEP group. Shear bond strength, the adhesive remnant index and enamel roughness were evaluated. The adhesive remnant was removed from all the groups with a low speed tungsten bur, except the ITBXp group, on which an aluminum oxide polisher was used. After coffee staining, the color was evaluated by CIE color parameters immediately after staining and prior to bonding. ISONDHI and ISEP groups showed significantly lower adhesion forces ($p < 0.01$). DTBX had a greater number of teeth with all the adhesive on the enamel (70%), compared with the indirect bonding groups (0-30%). The roughness analyzed in ITBX and ITBXp was found to be greater resulting from both clean-up techniques used. It can be concluded that direct and indirect bonding have similar results and that all the

adhesives used have satisfactory adhesion strength. Use of burs and polishers increases the enamel roughness, but polishers ensure greater integrity of the initial roughness. Resin tags do not change the color of the teeth.

LISTA DE SIGLAS

°C	Graus Celsius
mm	Milímetro
Ra	Rugosidade média
Rz	Rugosidade de profundidade média
RI	Rugosidade inicial do esmalte
RF	Rugosidade final do esmalte
MPa	MegaPascal
%	Porcentagem
µm	Micrômetro
DTBX	Grupo de colagem direta com <i>Transbond XT</i>
ITBX	Grupo de colagem indireta com <i>Transbond XT</i>
IZ350	Grupo de colagem indireta com resina <i>flow Z350</i>
ISONDHI	Grupo de colagem indireta com <i>Sondhi</i>
ISEP	Grupo de colagem indireta com <i>SEP (Transbond Plus Self Etching Primer)</i>
ITBXp	Grupo de colagem indireta com <i>Transbond XT</i> no qual o remanescente resinoso foi removido com polidor de óxido de

	alumínio
gf	Gramas-força
Kgf	Kilogramas-força
mm/min	Milímetros por minuto
N	Newtons
ARI	Índice de remanescente adesivo
ml	Mililitro
W	Watts
rpm	Rotação por minuto
3D	Tridimensional
ΔR	Variação da rugosidade
ΔRa	Variação da rugosidade média = Ra final – Ra inicial
ΔRz	Variação da rugosidade de profundidade média = Rz final – Rz inicial
L	Representa a luminosidade ou os valores de cor de preto e branco
a	Mede a cor de verde a vermelho
b	Avalia a cor no eixo do amarelo ao azul

- ΔE** Alteração de cor
- ΔL** Diferença entre valores de L iniciais e da análise de cor feita após o manchamento
- Δa** Diferença entre valores de a iniciais e da análise de cor feita após o manchamento
- Δb** Diferença entre valores de b iniciais e da análise de cor feita após o manchamento
- T0** Leitura da cor da superfície dentária antes da colagem dos braquetes
- T1** Leitura da cor da superfície dentária após protocolo de manchamento
- MEV** Microscopia eletrônica de varredura

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

DELINEAMENTO DA PESQUISA

	Página
Quadro 1 Distribuição dos grupos de acordo com o método de colagem dos braquetes, sistema adesivo e métodos de remoção utilizados.....	8
Figura 1 Fotografia dos corpos de prova montados.....	7
Figura 2 Fotografia dos modelos de gesso com os braquetes posicionados.....	11
Figura 3 Fotografia das moldeiras de transferência com cortes verticais realizados na moldeira flexível.....	12
Figura 4 Fotografia mostrando em A, a adaptação da moldeira de transferência; e em B, os corpos de prova com braquetes colados.....	14
Figura 5 Fotografia mostrando a adaptação do cinzel entre a base e as aletas incisais do braquete para teste de resistência ao cisalhamento.....	15
Figura 6 Fotografia das pontas utilizadas na remoção do remanescente de adesivo. Em A, a broca carboneto de tungstênio de 12 lâminas (H23R.21.012, <i>Brasseler</i> , Savannah, GA, EUA); e em B, o polidor de óxido de alumínio (DU10CA Ortho, Dhpro, Curitiba, PR, Brasil).....	16

Figura 7	Fotografia dos corpos de prova durante o escaneamento no rugosímetro óptico em A; e uma vista aproximada em B.....	17
Figura 8	Fotografia do corpo de prova durante a leitura da cor pelo espectrofotômetro digital, com o uso de adaptador para padronização (seta amarela).....	20

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

ARTIGO

	Página	
Figure 1	A: 3D profile of IBTXp group before bonding. B: 3D profile of ITBXp group after clean-up. C: 3D profile of ITBX group before bonding. D: 3D profile of ITBX group after clean-up. Red represents peak, and blue, the valley.....	38

LISTA DE TABELAS

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

ARTIGO

	Página
Table 1 Distribution of the groups according to the method of bonding the brackets, adhesive system and removal methods used.....	38
Table 2 Mean and Shear Strengths and Standard Deviation (SD) on MPa..	39
Table 3 Scores for ARI by group.....	39
Table 4 Roughness parameters analyses according paired t-test.....	39
Table 5 Mean and standard deviation (SD) for ΔRa and ΔRz and results of independent samples t-test.....	40
Table 6 Mean and standard deviation (SD) for ΔE and results of ANOVA/Tukey.....	40

ÍNDICE

		Página
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	PROPOSIÇÃO.....	5
3	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	6
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	6
3.2	PREPARO DOS CORPOS DE PROVA.....	6
3.3	PROTOCOLOS DE COLAGEM.....	9
3.3.1	COLAGEM DIREITA.....	9
3.3.2	COLAGEM INDIREITA.....	10
3.3.2.1	Obtenção dos modelos de gesso.....	10
3.3.2.2	Posicionamento dos braquetes nos modelos de gesso.....	10
3.3.2.3	Confecção das moldeiras de transferência.....	11
3.3.2.4	Colagem dos braquetes nos corpos de prova.....	12
3.4	AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO.....	14
3.5	ANÁLISE DO ÍNDICE DE REMANESCENTE DE ADESIVO.....	15
3.6	REMOÇÃO DO REMANESCENTE RESINOSO.....	16
3.7	AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA RUGOSIDADE DO ESMALTE.....	17
3.8	ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE COR.....	18
3.8.1	Protocolo de manchamento.....	18
3.8.1	Leitura da cor.....	19

3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	20
4	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	22
4.1	ARTIGO: TAVARES, M.L.Q; ELIAS, C.N; NOJIMA, L.N. Effects of different adhesives on indirect orthodontic bonding: shear bond strength, color change and enamel roughness. Submetido no periódico <i>The Angle Orthodontist</i>	23
5	DISCUSSÃO.....	41
6	RECOMENDAÇÕES.....	47
7	CONCLUSÕES.....	48
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
9	ANEXOS.....	56
9.1	ANEXO 1: Certificado de correção do inglês.....	56
9.2	ANEXO 2: Comprovante de submissão do artigo no periódico <i>The Angle Orthodontist</i>	57

1 INTRODUÇÃO

Até a década de 70, a montagem dos aparelhos ortodônticos só era possível através da bandagem de todos os dentes. Esta técnica além de afetar altamente a estética, dispensava maior tempo clínico para montagem e tinha necessidade de separação de todos os dentes (Bishara *et al.*, 1975).

O surgimento do condicionamento com ácido fosfórico foi capaz de promover exposição da estrutura orgânica do esmalte dentário, levando ao aumento da permeabilidade da superfície e melhorando a união mecânica entre superfície dentária e resina (Buonocore, 1955). Com o advento dos sistemas adesivos, a montagem dos aparelhos ortodônticos foi facilitada já que os acessórios passaram a ser colados diretamente sobre a superfície dentária. A colagem ortodôntica direta apresenta como vantagens em relação ao uso das bandas: menor descalcificação do esmalte, ausência do aumento do comprimento do arco devido ao espaço requerido pelas bandas, menor irritação dos tecidos moles e, principalmente, a melhora da estética. Entretanto, muito tempo clínico ainda é dispensado, além da dificuldade do correto e preciso posicionamento dos acessórios (Newman, 1965; 1971).

Com os problemas relatados na colagem direta, foi proposta a técnica indireta para colagem de braquetes (Silverman *et al.*, 1972). A colagem indireta foi desenvolvida para que os braquetes fossem colados previamente nos modelos de

gesso dos pacientes e, posteriormente, transferidos para as posições exatas nos dentes. Assim, o tempo clínico passa a ser reduzido e transferido para a etapa laboratorial (Wendl *et al.*, 2008).

O adequado posicionamento dos braquetes durante a colagem leva a melhores resultados no tratamento ortodôntico (Trevisi *et al.*, 2002), sendo a técnica indireta um método eficaz e mais confiável para esta finalidade. Além da maior precisão na colagem, esta técnica apresenta como vantagens: menor reposicionamento dos acessórios; colagem simultânea de vários braquetes, resultando em menor tempo clínico; redução do desconforto do paciente, bem como nas falhas de colagem (Sondhi, 1999).

Por outro lado, a colagem indireta possui algumas desvantagens, tais como: tempo de trabalho laboratorial com maior número de etapas, maior custo e problemas na interface entre a resina e adesivo, podendo haver comprometimento da adesão (Shimizu *et al.*, 2012).

O uso de adesivos fotopolimerizáveis para colagem direta geralmente consiste de três etapas, o condicionamento ácido prévio, aplicação de primer e adesivo. Os procedimentos e adesivos utilizados para colagem indireta são os mesmos da colagem direta, mas foram adaptados para a indireta, sendo isso uma das deficiências desta técnica. Dessa forma, foi desenvolvido um procedimento mais eficaz para a colagem indireta, com a utilização de um novo adesivo específico para a esta técnica (Sondhi, 1999).

A introdução dos sistemas adesivos e resinas fotoativadas trouxe inúmeros benefícios para a colagem ortodôntica, possibilitando maior tempo de trabalho, melhor precisão no posicionamento dos braquetes, e melhora na adesão (Pascotto *et al.*, 2002). Durante o avanço dos materiais odontológicos, os sistemas adesivos

convencionais foram evoluindo e, no intuito de diminuir ainda mais as etapas clínicas, surgiram sistemas que não necessitam de condicionamento prévio com ácido fosfórico, são os denominados adesivos autocondicionantes ou *self etching primers*, os quais também foram desenvolvidos para colagem ortodôntica (White, 2001).

A adesão só é possível devido à desmineralização seletiva do esmalte dentário pelo condicionamento ácido, o qual cria microporosidades que serão preenchidas pelo sistema adesivo, resultando na formação de *tags* de resina (Pascotto *et al.*, 2002). Relatos clínicos apontam que estes *tags*, após a descolagem dos braquetes, mesmo com a limpeza do adesivo remanescente e polimento do dente, podem permanecer e provocar alterações de cor no esmalte, resultando em comprometimento da estética do paciente a longo prazo (Eliades *et al.*, 2004; Karamouzos *et al.*, 2010).

A descolagem de braquetes durante o tratamento ortodôntico é um problema frequentemente encontrado na clínica (Tuncer e Ulusoy, 2010). Uma boa colagem deve suportar as forças ortodônticas e mastigatórias sem que haja descolamento do braquete durante o tratamento e sem que a superfície dental perca sua integridade no momento da descolagem (Zachrisson e Brobakken, 1978; Akova *et al.*, 2005).

Assim, ao final do tratamento ortodôntico, objetiva-se a descolagem segura de braquetes e a remoção da resina residual de forma eficiente e rápida, com menor desconforto para o paciente, deixando a superfície do esmalte lisa e polida. A remoção do adesivo pode ser feita com diferentes métodos, sendo o mais comum a broca carbide de tungstênio em baixa velocidade (Zachrisson e Arthun, 1979; Hong e Lew, 1995; Eliades *et al.*, 2004; Brauchli *et al.*, 2011). O uso de instrumentos rotatórios provoca arranhões, aumentando as irregularidades na superfície do esmalte (Eliades *et al.*, 2004). Conseqüentemente, aumenta a rugosidade superficial,

podendo provocar maiores alterações de cor a longo prazo.

Diante do exposto, torna-se importante avaliar *in vitro* os sistemas adesivos usados na colagem ortodôntica indireta, quanto à resistência ao cisalhamento e alterações de cor que os *tags* de resina podem provocar na superfície dentária após a remoção dos braquetes, bem como a rugosidade superficial do esmalte utilizando diferentes métodos de remoção de adesivo.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente trabalho foi:

2.1 Comparar as técnicas de colagem direta e indireta de braquetes utilizando-se diferentes tipos de adesivos, quanto:

2.1.1 à resistência ao cisalhamento;

2.1.2 ao índice de remanescente de adesivo.

2.2 Comparar dois protocolos de remoção de adesivo após a descolagem de braquetes, quanto à rugosidade superficial do esmalte.

2.3 Avaliar se os *tags* de resina, após descolagem dos braquetes e remoção de todo adesivo remanescente, causam alterações de cor da superfície dental quando submetida a um protocolo de manchamento.

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta foi uma pesquisa experimental e laboratorial para análises quantitativas de dados relacionados à colagem direta e indireta de braquetes ortodônticos em dentes bovinos que foram obtidos de um abatedouro regulamentado (Mondelli, Bauru, São Paulo, Brasil).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi constituída de 70 incisivos bovinos, sendo incluídos apenas os que se encaixavam nos seguintes critérios: esmalte dentário intacto, livre de cáries, sem trincas ou manchas visíveis (Sponchiado *et al.*, 2005).

Os dentes bovinos foram limpos, conservados em água destilada e estocados em geladeira à aproximadamente 5°C, até a confecção dos corpos de prova (Dickinson e Powers, 1980).

3.2 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

Para permitir um posicionamento adequado e padronizado durante os testes metodológicos, foram confeccionados corpos de prova. Os incisivos bovinos tiveram seus diâmetros méso-distais reduzidos para 8 mm, simulando um incisivo

central superior humano. As faces vestibulares foram lixadas com lixa d'água de granulação 400 (3M, Sumaré, São Paulo, Brasil) na máquina politriz (Ecomet II, Buehler, Lake Buff, Illinois, EUA) sob irrigação com água corrente, para obtenção de uma superfície lisa e plana para colagem de um braquete. As bordas incisais foram cortadas também na máquina politriz (Ecomet II, Buehler, Lake Buff, Illinois, EUA), para obtenção de faces planas e perpendiculares às faces vestibulares.

Cada grupo da amostra foi constituído de um cilindro de PVC de 5 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade (Tigre, Joinville, Santa Catarina, Brasil), sendo cada um destes preparados com a inclusão de 10 dentes bovinos posicionados um ao lado do outro em formato parabólico.

A porção radicular dos incisivos foi incluída nos cilindros de PVC, preenchidos com gesso pedra ortodôntico (Max Polo Gesso LTDA, Campo Grande, Rio de Janeiro, Brasil). Os dentes foram posicionados na mesma altura de tal forma que suas superfícies vestibulares permaneceram perpendiculares e as faces incisais paralelas à base do cilindro de PVC (Figura 1).



Figura 1 Fotografia dos corpos de prova montados.

Após a presa do gesso, todos os corpos de prova permaneceram armazenados em água destilada à temperatura ambiente, trocada a cada cinco dias para evitar a proliferação de microrganismos.

A amostra foi randomicamente dividida em sete grupos de dez dentes (n=10), de acordo com o Quadro 1. Com dez dentes por grupo, o estudo teve o poder de teste de 80% para detectar uma diferença de 0,5 μm de rugosidade média (Ra), 2 μm de rugosidade de profundidade média (Rz) e 6,0 Mpa (resistência ao cisalhamento), ao nível de significância de 5% (Pandis e Machin, 2012).

Grupo	Técnica de Colagem	Primer	Adesivo	Método de remoção do adesivo
Controle	Sem colagem	-	-	-
DTBX	Direta	<i>Transbond Primer</i>	<i>Transbond XT</i>	Broca de tungstênio 12 lâminas
ITBX	Indireta	<i>Transbond Primer</i>	<i>Transbond XT</i>	Broca de tungstênio 12 lâminas
IZ350	Indireta	Z350 cor A2	<i>Transbond XT</i>	Broca de tungstênio 12 lâminas
ISONDHI	Indireta	<i>Sondhi Rapid-Set</i>	<i>Transbond XT</i>	Broca de tungstênio 12 lâminas
ISEP	Indireta	<i>Transbond SEP</i>	<i>Transbond XT</i>	Broca de tungstênio 12 lâminas
ITBXp	Indireta	<i>Transbond Primer</i>	<i>Transbond XT</i>	Polidor óxido de alumínio

Quadro 1 Distribuição dos grupos de acordo com o método de colagem dos braquetes, sistema adesivo e métodos de remoção utilizados.

3.3 PROTOCOLOS DE COLAGEM

Foram realizadas a técnica direta e indireta de colagem, utilizando-se para todos os grupos braquetes metálicos de incisivos centrais superiores (ref. 10.30.201, Morelli, Sorocaba, São Paulo, Brasil).

3.3.1 COLAGEM DIRETA

No grupo controle não foi realizado nenhum tipo de colagem, enquanto no grupo DTBX foi realizada colagem direta. Após profilaxia com taça de borracha e pedra pomes (*SS White*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 37% (*Gel Alpha Etch*, DFL, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) durante 30 segundos, lavados com água durante 30 segundos e secos com ar comprimido da seringa tríplice (isento de umidade e óleo). Em seguida, foi aplicado o *primer* do sistema *Transbond XT* (3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA) com haste *microbrush* sobre o esmalte condicionado seguido de jato de ar e fotopolimerização por 20 segundos. Os braquetes foram colados à 5 mm da borda incisal nas superfícies vestibulares com resina *Transbond XT* (3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA) através do auxílio de um posicionador (ref. 75.01.030, Morelli, Sorocaba, São Paulo, Brasil), e pressionados sobre as superfícies dos modelos com tensiômetro a 300 gf (Dental Morelli, Sorocaba, São Paulo, Brasil). O excesso de adesivo foi removido com sonda exploradora nº 5 (*Duflex*, *SS White*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil), para depois realizar a fotopolimerização durante 40 segundos em cada dente, 20 segundos por face proximal, a uma distância de 2 a 3 mm com uma lâmpada *LED* de alta potência (*Optilight Max*, *Gnatus*, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), de intensidade de 1200 mW/cm².

3.3.2 COLAGEM INDIRETA

3.3.2.1 Obtenção dos modelos de gesso

Os corpos de prova dos grupos de colagem indireta foram submetidos à moldagem com alginato (*Orthoprint, Zhermack, Itália*) e imediatamente vazados com gesso especial tipo IV para troquel (*Durone, Dentsply Ind. e. Com. Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil*).

3.3.2.2 Posicionamento dos braquetes nos modelos de gesso

Foram traçadas linhas guias de referência com lápis grafite preto, para facilitar o posicionamento dos braquetes. Uma linha horizontal na altura de 5 mm da borda incisal, com auxílio de um compasso, e outra linha vertical equidistante das margens laterais dos dentes.

Em seguida, foi aplicada na superfície vestibular de cada dente uma fina camada de isolante (*Cel-lac, SS White, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil*), diluído em água na proporção 1:1. Para posicionar os braquetes nos modelos de gesso, em todos os grupos foi utilizada a resina *Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA)*. Os braquetes foram posicionados nas linhas guias, traçadas previamente nos dentes dos modelos, e pressionados sobre as faces vestibulares com tensiômetro a 300 gf (*Morelli, Sorocaba, São Paulo, Brasil*). O excesso de resina foi removido com sonda exploradora nº 5 (*Duflex, SS White, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil*). A fotopolimerização foi realizada durante 40 segundos, 20 segundos por face proximal, a uma distância de 2 a 3 mm com uma lâmpada *LED* de alta potência (*Optilight Max, Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil*), com intensidade de 1200 mW/cm² (Figura 2).



Figura 2 Fotografia dos modelos de gesso obtidos com os braquetes posicionados.

3.3.2.3 Confecção das moldeiras de transferência

Finalizada a colagem dos braquetes nos modelos de gesso, iniciou-se a confecção das guias de transferência, pela técnica da moldeira dupla (Nojima *et al.*, 2015). Dessa forma, foi utilizada uma placa flexível de 1 mm de espessura (Soft, EVA, Bio-Art, São Carlos, São Paulo, Brasil) e termoformada na máquina plastificadora à vácuo (*PlastVac P7*, Bio-Art, São Carlos, São Paulo, Brasil). O excesso de placa foi removido da base dos modelos com tesoura e o isolante (silicone líquido, Bucas Spray, Biojet Química, Paraná, Brasil) foi aplicado para evitar a aderência da segunda placa. Sobre a primeira placa, uma placa rígida de 1 mm de espessura (Cristal, PET-G, *Bio-Art*, São Carlos, São Paulo, Brasil), foi plastificada.

A placa rígida foi separada e recortada na altura da canaleta horizontal dos braquetes. O restante do conjunto com a placa flexível foi imerso em água por 15 minutos, para facilitar a remoção dos braquetes da superfície do gesso juntamente com a placa flexível, a qual foi recortada na altura da base superior do modelo de gesso. As moldeiras foram segmentadas para se estenderem por 3 ou 4 dentes (Figura 3).

As bases individualizadas de resina de cada braquete foram lavadas com jato de ar e água e, depois de secas, jateadas com óxido de alumínio 50 μm por 2 segundos, a uma distância de 15-20 mm, para que fossem limpas e permitissem uma colagem satisfatória, certificando que a resina não fosse desgastada (Kanashiro *et al.*, 2014).

Cortes verticais foram realizados nas moldeiras flexíveis (Figura 3) com tesoura na direção de cada aleta mesial e distal dos braquetes, para facilitar a remoção da moldeira após a colagem (Nojima *et al.*, 2015).



Figura 3 Fotografia das moldeiras de transferência com cortes verticais realizados na moldeira flexível.

3.3.2.4 Colagem dos braquetes nos corpos de prova

Antes da colagem, os dentes foram submetidos à profilaxia com taça de borracha e pedra pomes (SS *White*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil).

Nos grupos ITBX E ITBXp, o condicionamento do esmalte foi realizado com ácido fosfórico a 37% (Gel *Alpha Etch*, DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) durante 30 segundos, lavados com água durante 30 segundos e secos com ar comprimido da seringa tríplice. Uma fina camada do *primer Transbond XT* (3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA) foi aplicada na superfície do esmalte condicionado. Também foi

aplicada uma fina camada sobre as bases individualizadas de resina dos braquetes, seguida da adaptação da moldeira de transferência ao corpo de prova. Estas moldeiras foram mantidas em posição com leve pressão manual e, então, feita a fotopolimerização por 40 segundos em cada dente, 20 segundos por face proximal. Após a polimerização, as moldeiras foram delicadamente removidas, sendo a moldeira flexível removida com o auxílio de uma pinça Mathieu, através dos cortes verticais realizados previamente (Figura 4A).

No grupo IZ350, o condicionamento ácido do esmalte foi feito da mesma maneira que no grupo ITBX. Não foi aplicado nenhum *primer* previamente. Uma porção de resina *flow Z350 cor A2* (3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA) foi aplicada sobre as bases individualizadas de resina dos braquetes e a moldeira de transferência adaptada ao corpo de prova, seguida de fotopolimerização.

No grupo ISONDHI, o condicionamento do esmalte foi semelhante ao grupo ITBX. Uma camada do adesivo “A” do sistema *Sondhi Rapid-set* (3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA) foi aplicada sobre o esmalte condicionado, enquanto as bases individualizadas de resina dos braquetes receberam uma camada do adesivo “B” do mesmo sistema. Então, a moldeira foi inserida pressionando-a por 30 segundos e removida após 2 minutos, de acordo com as instruções do fabricante (Sondhi, 1999).

No grupo ISEP, o condicionamento do esmalte foi através do emprego do sistema adesivo autocondicionante *Transbond Plus Self Etching Primer - SEP* (3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA), que não necessita de condicionamento prévio com ácido fosfórico. Segundo as instruções do fabricante, uma embalagem deve ser utilizada para cada dez dentes. Após a mistura dos componentes do sistema, o *microbrush* foi esfregado no dente por 3 segundos,

mantendo a superfície sempre úmida com nova porção da solução para garantir a penetração do monômero. Também foi aplicada uma fina camada sobre as bases individualizadas de resina dos braquetes, seguida da adaptação da moldeira de transferência ao corpo de prova e fotopolimerização (Figura 4A).

Imediatamente após a colagem (Figura 4B), os corpos de prova foram estocados em água destilada à temperatura 37°C em estufa (Quimis, Diadema, São Paulo, Brasil), durante 72 horas até a descolagem dos braquetes (Yi *et al.*, 2003).

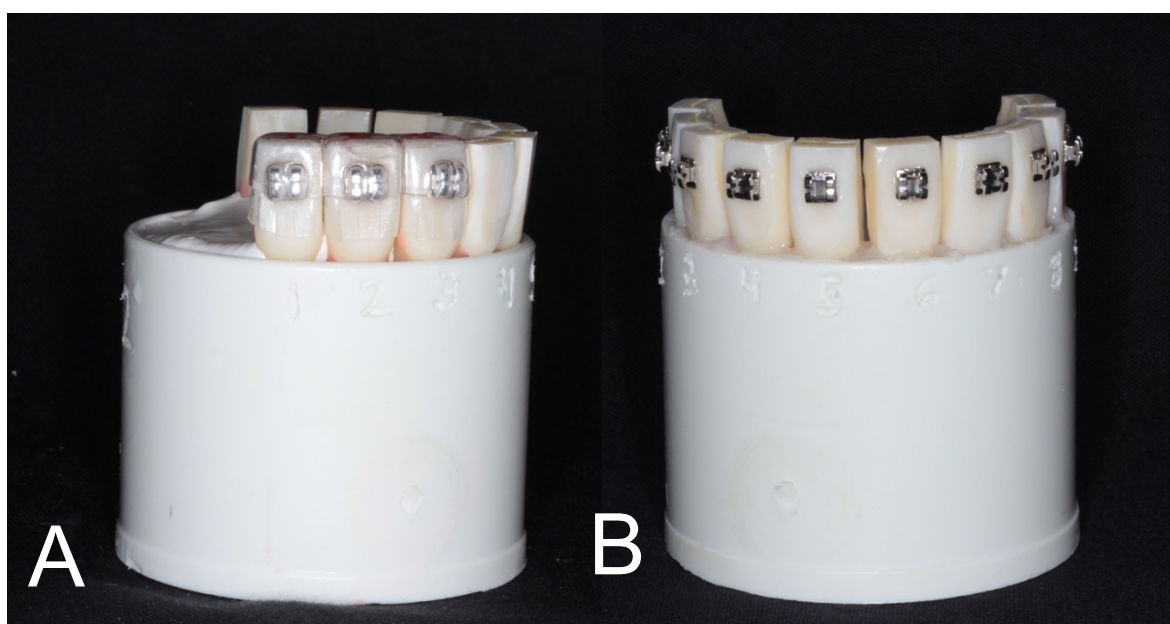


Figura 4 Fotografia mostrando em A, a adaptação da moldeira de transferência; e em B, os corpos de prova com braquetes colados.

3.4 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

A descolagem dos braquetes foi realizada pelo ensaio de cisalhamento. Foi determinada a força máxima de cisalhamento necessária para que ocorresse o descolamento do braquete realizada pela máquina de ensaios mecânicos (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), com célula de carga de 50 gf e velocidade de carga de 1 mm/min. O corpo de prova foi apreendido pela máquina

de ensaio e a força aplicada na interface entre a base e as aletas incisais do braquete (Figura 5).

A carga para a ruptura do braquete foi registrada em um computador conectado à máquina de ensaio. Os dados expressos foram em *Newtons* (N). Para que seja possível comparar com os trabalhos da literatura, foram calculados os dados em *Megapascal* (MPa), realizado pela razão da força pela área da base do braquete (14,8 mm²).



Figura 5 Fotografia mostrando a adaptação do cinzel entre a base e as aletas incisais do braquete para teste de resistência ao cisalhamento.

3.5 ANÁLISE DO ÍNDICE DE REMANESCENTE DE ADESIVO

Após a remoção dos braquetes, a superfície vestibular de cada corpo de prova foi avaliada em lupa estereoscópica (110AL2X - WD38, Olympus, Japão) com aumento de 2 vezes, para ser quantificado o índice de remanescente do adesivo (ARI): 0= nenhuma quantidade de compósito aderido ao esmalte; 1= menos de metade do compósito aderido ao esmalte; 2= mais de metade do compósito aderido ao esmalte; 3= todo o compósito aderido ao esmalte (Artun e Bergland, 1984).

3.6 REMOÇÃO DO REMANESCENTE RESINOSO

Os procedimentos de remoção do remanescente resinoso foram realizados

por um único operador, utilizando brocas e pontas novas a cada cinco corpos de prova, sem refrigeração à água. A remoção completa da resina foi verificada clinicamente através da inspeção visual sob a luz do refletor do equipo (lâmpada halógena de 55 W).

Nos grupos DTBX, ITBX, IZ350, ISONDHI e ISEP, o remanescente de adesivo da face vestibular dos dentes foi removido com broca carboneto de tungstênio de 12 lâminas (Figura 6A) (H23R.21.012, *Brasseler*, Savannah, GA, EUA), operada na velocidade de 20.000 rpm, em baixa rotação, com refrigeração a ar (Sigilião *et al.*, 2015).

No grupo ITBXp, o remanescente resinoso foi removido com polidor em composição especial de óxido de alumínio (Figura 6B) (DU10CA Ortho, Dhpro, Curitiba, Paraná, Brasil). Este polidor é específico para remoção de remanescente de adesivo após descolagem de braquetes, através do qual sem o uso de broca, pode proporcionar polimento simultâneo do esmalte.

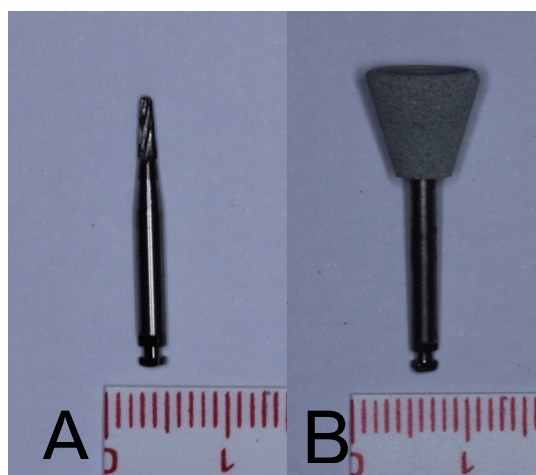


Figura 6 Fotografia das pontas utilizadas na remoção do remanescente de adesivo. Em A, a broca carboneto de tungstênio de 12 lâminas; e em B, o polidor de óxido de alumínio.

Após o procedimento de remoção do remanescente resinoso, os dentes foram lavados com spray água-ar por 5 segundos e colocados em cuba ultrassônica (Cristófolli, Campo Mourão, Paraná, Brasil) com água destilada durante dois ciclos de 5 minutos, com objetivo de remover possíveis debris depositados na superfície, sendo secos com papel toalha após o procedimento. Os corpos de prova foram mantidos em água destilada à temperatura 37°C em estufa (Quimis, Diadema, São Paulo, Brasil) até a realização das próximas análises.

3.7 AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA RUGOSIDADE DO ESMALTE

A morfologia de superfície (3D) e rugosidade foram avaliadas através do rugosímetro óptico Zygo NewView 7100 (Zygo, Middlefield, CA, EUA), por meio da técnica de interferometria, utilizando lentes de aumento de 20x (Figura 7). Foram utilizados os parâmetros de rugosidade média (R_a) e rugosidade de profundidade média (R_z). Para cada amostra, foi feito um escaneamento na área de 469 x 352 μm .

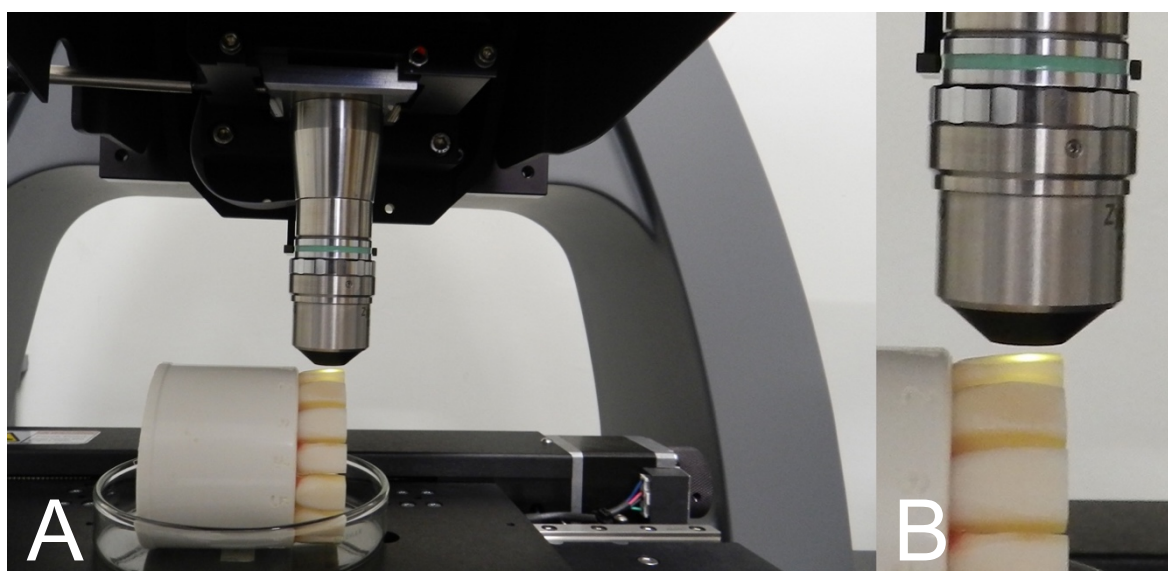


Figura 7 Fotografia dos corpos de prova durante o escaneamento no rugosímetro óptico em A; e uma vista aproximada em B.

A Rugosidade Média (Ra) é a média aritmética da rugosidade. Quantifica a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do comprimento de medição.

A Rugosidade de Profundidade Média (Rz) corresponde à média das distâncias entre duas linhas que tangenciam o pico e o vale mais pronunciados de 5 comprimentos de amostragem consecutivos e informa a distribuição média da superfície vertical.

A rugosidade dos grupos ITBX e ITBXp foi avaliada em dois tempos. A rugosidade inicial (RI) antes da colagem e a rugosidade final (RF) após a descolagem dos braquetes e remoção manual da resina foram comparadas. A eficiência do método de remoção do adesivo foi determinada pela variação da rugosidade (ΔR), determinada pela equação $\Delta R = (RF - RI)/RI$, sendo realizado para os dois parâmetros (Ra e Rz).

3.8 ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE COR

3.8.1 Protocolo de manchamento

Uma solução de café (Melitta, São Paulo, São Paulo, Brasil) foi preparada usando-se 15g de pó do café para 500 ml de água destilada fervente (Yannikakis *et al.*, 1998). A solução foi agitada por 10 segundos, a cada 30 minutos, até o seu resfriamento a 37°C. Em seguida, a mesma foi dispensada em filtro de papel (Melitta, São Paulo, São Paulo, Brasil), acondicionada em recipiente apropriado e mantida a 37°C em estufa (Quimis, Diadema, São Paulo, Brasil) durante todo o protocolo de manchamento. Para reduzir a precipitação das partículas de café, o

recipiente foi agitado duas vezes ao dia por um minuto. Os corpos de prova permaneceram sob este protocolo por 72 horas, tendo em vista que alguns autores relatam o intervalo de 24 horas ser insuficiente para verificar descoloração de resinas (Stober *et al.*, 2001; Faltermeier *et al.*, 2008).

3.8.2 Leitura da cor

Finalizado o protocolo de manchamento, todos os corpos de prova tiveram a cor avaliada pelo mesmo operador antes da colagem dos braquetes (T0) e após o protocolo de manchamento (T1).

Para a avaliação da alteração de cor, foi utilizado o espectrofotômetro digital portátil Vita Easyshade Compact (Modelo DEASYC220, Alemanha). O sistema utilizado foi o *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) LAB, que divide a cor em três campos: "L", que representa a luminosidade ou os valores de cor de preto e branco; "a", que mede a cor de verde a vermelho, e, "b" que avalia a cor no eixo do amarelo ao azul (Rosenstiel *et al.*, 1991; Gegauff *et al.*, 1993).

Previamente à leitura da cor, os dentes foram lavados com spray ar-água por 5 segundos e colocados em cuba ultrassônica (Cristófolli, Campo Mourão, Paraná, Brasil) com água destilada durante dois ciclos de 5 minutos e depois secos com papel absorvente (Yannikakis *et al.*, 1998).

As medições foram realizadas sob mesma luz ambiente, por um único operador, com a ponteira do espectrofotômetro posicionada perpendicularmente à face vestibular do incisivo à 5 mm do bordo incisal, utilizando um adaptador confeccionado em fio 0.7 mm (Morelli, Sorocaba, São Paulo, Brasil), para que a cor pudesse ser medida sempre na mesma posição onde o braquete havia sido colado

(Figura 8). A cada três medições, o espectrofotômetro foi calibrado, de acordo com as instruções do fabricante. As medidas (L, a e b) foram computadas através de três leituras consecutivas, e o valor obtido foi considerado a média aritmética das três leituras. A alteração de cor (ΔE) foi calculada pela equação $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$, na qual ΔL , Δa , Δb são as diferenças entre valores de “L”, “a” e “b” iniciais (T0) e da análise de cor feita após o manchamento (T1).

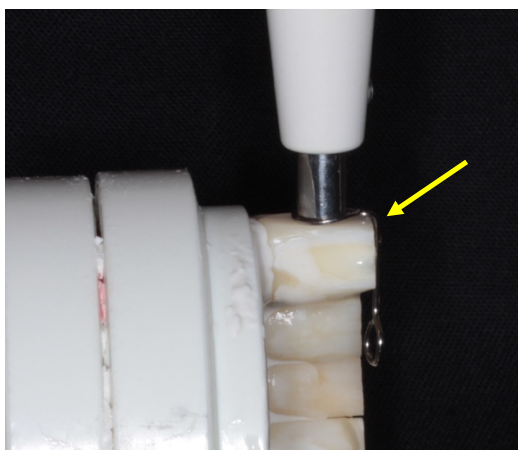


Figura 8 Fotografia do corpo de prova durante a leitura da cor pelo espectrofotômetro digital, com o uso de um adaptador para padronização (seta amarela).

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada no programa *Statistical Package for the Social Science* (SPSS versão 23.0, IBM, Chicago, Illinois, EUA). Para todas as análises, o nível de significância foi de 5%, e a normalidade das amostras verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk.

Os dados da resistência ao cisalhamento e ΔE (avaliação de cor) foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA um critério) e pós-teste de Tukey ($p = 0,05$).

Para avaliar o índice de remanescente de adesivo, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis.

O teste t pareado ($p = 0,05$) foi utilizado para avaliação dos parâmetros Ra e Rz, antes e depois da colagem dos braquetes. Os dados de ΔRa e ΔRz foram submetidos ao teste-t de amostras independentes.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 ARTIGO

TAVARES, M.L.Q; ELIAS, C.N; NOJIMA, L.N. **Effects of different adhesives on indirect orthodontic bonding: shear bond strength, color change and enamel roughness.** Submetido no periódico *The Angle Orthodontist*.

4.1 ARTIGO

Effects of different adhesives on indirect orthodontic bonding: shear bond strength, color change and enamel roughness

Mirella Lemos Queiróz Tavares^a, Carlos Nelson Elias^b, Lincoln Issamu Nojima^c

^aMaster's Degree Student, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Federal University of Rio de Janeiro Dental School, Rio de Janeiro, Brazil.

^bProfessor, Military Institute of Engineering, Rio de Janeiro, Brazil.

^cAssociate Professor, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Federal University of Rio de Janeiro Dental School, Rio de Janeiro, Brazil.

Corresponding Author: Lincoln Issamu Nojima

Department of Orthodontics - Dental School, Federal University of Rio de Janeiro
– UFRJ

Av. Professor Rodolpho Paulo Rocco, 325 – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ
CEP 21941-590

Tel: (55 21) 2590-2727 Fax: (55 21) 2590-2771

Email: linojima@gmail.com

ABSTRACT

Objectives: this study aimed at making an *in vitro* evaluation of four adhesives used in indirect orthodontic bonding, regarding the shear bond strength (SBS) and color change caused by resin tags after debonding, and the enamel roughness after applying two enamel clean-up techniques.

Materials and methods: seventy bovine incisors were used, distributed in 7 groups: control (no bonding), direct bonding (DTBX) and indirect bonding (ITBX, IZ350, ISONDHI, ISEP, ITBXp). Transbond XT adhesive was used on the DTBX, ITBX and ITBXp groups, flow resin Z350 on IZ350, Sondhi adhesive on ISONDHI, and SEP adhesive on the ISEP group. SBS, the adhesive remnant index and enamel roughness were evaluated. The adhesive remnant was removed from all the groups with a low speed tungsten bur, except the ITBXp group, on which an aluminum oxide polisher was used. After coffee staining, the color was evaluated by CIE color parameters immediately after staining and prior to bonding.

Results: ISONDHI and ISEP showed significantly lower adhesion forces ($p < 0.01$). DTBX had a greater number of teeth with all the adhesive on the enamel (70%), compared with the indirect bonding groups (0-30%). The roughness analyzed in ITBX and ITBXp was found to be greater resulting from both clean-up techniques used.

Conclusions: direct and indirect bonding have similar results and all the adhesives used have satisfactory adhesion strength. Use of burs and polishers increases the roughness, but polishers ensure greater integrity of the initial roughness. Resin tags don't change the color of the teeth.

INTRODUCTION

The adhesive systems has provided benefits for orthodontic bonding, including longer working time, accuracy in positioning of the brackets, and better adhesion. These adhesives have allowed orthodontic attachments to be bonded directly onto the tooth surface. Despite advantages, such as less need for bands, less soft tissue irritation and improvement in aesthetics, direct bonding still requires a great deal of clinical time, causes discomfort to the patient, and poses difficulty in the accurate positioning of the attachments¹.

Indirect bonding was proposed to solve some problems related to the direct technique. It was developed because the brackets were first positioned in the dental casts and then bonded onto the dentition using a transfer device. Accordingly, the clinical time is now reduced and transferred to the laboratory stage. The advantages of this technique include: efficiency in the positioning of attachments; simultaneous bonding of brackets, resulting in shorter clinical time; reduction in both patient discomfort and bonding failure². On the other hand, indirect bonding has some disadvantages, such as: extended laboratorial time due to the greater number of steps; higher cost; problems at the interface between bracket and tooth; and possibility of compromised adhesion³.

At the end of the orthodontic treatment, following bracket debonding and protocols for enamel clean-up, the surface of the teeth must be smoothed and polished. Clinical reports indicate that resin tags can remain after bracket debonding, and cause chromatic changes in the enamel, even when applying enamel clean-up methods, resulting in compromising the patient aesthetically in the long term. In addition, the rotary instruments used to remove the adhesive remnant increase the unevenness of the enamel surface, causing greater likelihood of dye pigmentation⁴.

The aims of this study were to perform an *in vitro* evaluation of four adhesive

systems used in indirect orthodontic bonding, in relation to the shear strength and color change that resin tags may cause on the dental surface after bracket debonding, as well as to enamel surface roughness using two methods for removal of the adhesive remnant.

MATERIALS AND METHODS

A total of 70 bovine incisors were used. The root portion was placed in PVC cylinders, with the teeth positioned in parabolic format and filled with stone.

The sample was randomly divided into seven groups of ten teeth ($n = 10$), according to Table 1.

Direct bonding

Metallic brackets were used (10.30.201, Morelli, Sorocaba, SP, Brazil) in all groups.

Control group: no bonding was performed.

DTBX group: 37% phosphoric acid was applied for 30 seconds, washed and dried with the triple syringe. Transbond XT primer (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) was applied, followed by air jet and curing for 20 seconds. The brackets were positioned 5 mm from the incisal edge with Transbond XT resin. The excess adhesive was removed and was cured for 40 seconds per tooth, 20 seconds on each proximal face, with a curing light (Optilight Max LED, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brazil).

Indirect bonding

Alginate impressions were taken and working models were made in stone. Guidelines were drawn on the casts, one horizontal line at 5 mm from the incisal edge and one vertical line on the center of the teeth. Cel-lac (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) was applied, diluted in water in a 1:1 ratio. Transbond XT resin was used for indirect bonding groups. The brackets were positioned according to the guidelines, the excess resin was removed and light-cured.

The transfer trays were prepared using the double tray technique, as recommended by Nojima *et al.*⁵. The trays were cut and segmented, and extended beyond 3 or 4 teeth. The resin base of the brackets was sandblasted with 50 µm aluminum oxide for 2 seconds.

The teeth were submitted to prophylaxis and the bonding procedures varied among the groups. The enamel was etched with 37% phosphoric acid for 30 seconds in all the groups, except ISEP.

ITBX and ITBXp: Transbond XT primer was applied onto the enamel and the brackets bases, followed by adaptation of the tray and was cured.

IZ350: no primer was applied. Flow resin Z350 (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) was applied onto the brackets bases, the tray was adapted and the resin was cured.

ISONDHI: Sondhi Rapid-set “A” adhesive (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) was applied onto the enamel, and the bracket base received adhesive “B.” The tray was pressed for 30 seconds and removed after 2 minutes.

ISEP: the enamel was etched with Transbond Plus Self-Etching Primer (3M Unitek, Monrovia, CA, USA). The microbrush was wiped on the tooth for 3 seconds and applied onto the brackets bases, followed by tray adaptation and curing.

The specimens were stored in distilled water at 37°C for 72 hours until bracket debonding.

Shear strength testing

The maximum shear bond strength (SBS) for bracket debonding was determined by a universal testing machine (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, PA, Brazil), with a shear load of 50 gf, and at speed of 1 mm/min. The force was applied between the brackets base and wing. The teeth were inspected under a stereomicroscope (110AL2X, Olympus, Japan), and scored according to the adhesive remnant index (ARI): 0 = no adhesive adhered to the enamel; 1 = less than half of the adhesive adhered; 2 = more than half of the adhesive adhered; 3 = all adhesive material adhered⁶.

Removal of adhesive remnant

The adhesive of all groups, except on ITBXp, was removed with a 12-blade tungsten bur (H23R.21.012, Brasseler, Savannah, GA, USA), at low speed. In the ITBXp, an aluminum oxide polisher (DU10CA Ortho, Dhpro, Curitiba, PR, Brazil) was used.

Three-dimensional evaluation of enamel roughness

Surface morphology (3D) and roughness were evaluated with a Zygo NewView 7100 (Zygo, Middlefield, CA, USA) optical rugosimeter, using the interferometry technique with 20x magnification. The parameters of medium roughness (Ra) and medium depth roughness (Rz) were analyzed. The area scanned was 469 x 352 µm.

Roughness was evaluated only in the ITBX and ITBXp groups, at timepoints: initial roughness (IR) prior to bonding and final roughness (FR) after resin removal. The efficiency of the adhesive removal was determined by the roughness variation (ΔR), where $\Delta R = (FR - IR)/IR$, for Ra and Rz.

Color change

The samples were exposed to staining with a coffee solution, maintained at 37°C in an incubator during the protocol, which lasted 72 hours.

The color was evaluated before bonding (T0) and after staining (T1), using a Vita Easyshade spectrophotometer (Model DEASYC220, Germany). Color changes were characterized using the Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) LAB, which separates color into components: "L", which represents the color values of black and white; "a", which measures the color from green to red; and "b", which evaluates the color on the yellow to blue⁷.

The measurements were performed with the spectrophotometer tip perpendicular to the buccal face, using an adapter made of 0.7 mm wire. Thus, color could always be measured in the same position. The color change (ΔE) was calculated by the equation $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$, where ΔL , Δa , Δb are the differences between values of "L", "a" and "b" at T0 and T1.

Statistical analysis

The results were analyzed by SPSS software version 23.0 (IBM, Chicago, IL, USA). The level of significance was 5% and the normality of the samples was verified by the Shapiro-Wilk test.

ANOVA (one-way) and Tukey's post-tests were used to assess the SBS and

ΔE . The paired t-test was used to evaluate the Ra and Rz parameters. The t-test of independent samples was applied for ΔRa and ΔRz . The Kruskal-Wallis test was used to the ARI.

RESULTS

The results of the SBS are presented in Table 2. There were no differences between the DTBX, ITBX and IZ350 groups. The ISONDHI and ISEP had significantly lower mean values.

The distribution of ARI is shown in Table 3. The Kruskal-Wallis test showed no difference ($p < 0.17$).

The results for roughness are summarized in Table 4. Regarding the Rz, there were no differences between IR and FR in the ITBXp, but differences were detected in the ITBX. As for the Ra, differences were observed in both the ITBXp and ITBX, which showed a higher FR. The surface morphologies are indicated in Figure 1.

The results for ΔRa and ΔRz are shown in Table 5. No significant difference was detected between the groups for ΔRa and ΔRz .

The results of the color change are presented in Table 6. There was no difference between the groups, or in comparison with the control group, in which no bonding was performed.

DISCUSSION

The bonding of an orthodontic appliance must be strong enough to withstand masticatory and orthodontic forces, and allow easy removal of the brackets without damaging the enamel. The minimum SBS value of the adhesive should be 5.88 to 7.84 MPa, for it to be considered adequate for clinical needs⁸.

In this study, the average shear strength ranged from 5.72 (\pm 0.42) to 13.60 (\pm 0.63) MPa among the groups. No differences were found between the DTBX and ITBX, when the same bonding material was used (Table 2). Therefore, there was no difference between the direct and indirect techniques, corroborating the results of several authors⁹⁻¹². In indirect bonding, in which different bonding materials were used, the differences were detected only between the ISONDHI and ISEP, with mean values of 5.72 and 7.05 MPa, respectively. These values are within the range determining whether the materials are suitable for clinical use⁸. These results agree with those of some authors¹³, and disagree with those of others, who found no differences between these materials^{2,9,14}. Flow resin has been used for orthodontic bonding, but is not used specifically for this purpose^{15,16}. In our study, there was no difference between the IZ350 and DTBX, suggesting that flow resin may be an alternative resource for the indirect bonding.

The results of the ARI showed no difference among the groups, although the direct bonding group presented a larger number of samples with all the bonding material adhered to the enamel, compared with the indirect bonding (Table 3), as corroborated by previous studies^{13,14}. This difference shows less adhesive on the enamel surface in indirect bonding, especially when using self-etching primers, as observed in the ISEP group, which had no samples with all the adhesive material adhered to the tooth (Table 3). Clinically, this is an interesting result because it means that less material must be removed from the tooth surface. In direct bonding, the composite is cured with the bracket in the final position, and it is assumed that adhesion of the material to the surface of the enamel occurs more frequently. However, in indirect bonding, the composite is cured on the surface of the dental casts. This custom copy of the enamel is taken of the mouth in the same position as

the source, and, in this case, the bonding is performed by some type of primer or by a more fluid resin. Since adhesion and debonding occur with the primer between the adhesive base and the surface of the enamel, less leftover material can be visualized on the tooth, as shown in Table 3. Unlike other studies that use unit transfer trays for each tooth¹⁶, our study used a tray that extended beyond a couple of teeth, thus being more representative of indirect bonding in the mouth.

The variation in the surface flatness of the materials is determined by measuring roughness. Several studies have used different methods to compare the dental surface after bracket debonding, including ARI and scanning electron microscopy (SEM)¹⁷. However, evaluation of roughness by the SEM is only qualitative and cannot be used for this comparison. To obtain quantitative results, studies have used the contact rugosimeter, the profilometer^{18,19}. This quantifies roughness by parameters measured along a line, and can often provide non-representative values, depending on the area analyzed. Therefore, analyzing roughness of the surface area is the ideal method. In our study, roughness was measured with an optical rugosimeter, which employs the interferometry technique, which allows measurement of an infinite number of lines in the same area. No studies were found in the literature that used this method. There are papers that use confocal microscopy and atomic force, which analyze a smaller area than that of the present study^{20,21}.

The two adhesive removal methods used in this study significantly increased the surface roughness of the enamel, according to parameter Ra (Table 4), corroborating some previous studies that used the profilometer¹⁸, although there is disagreement among authors¹⁹.

Many studies use only the Ra parameter to analyze surface. This parameter

has limitations, because it does not define the shape of the profile irregularities, or distinguish between peaks and valleys²¹. In this study, the Rz parameter was used, similar to other studies¹⁹. By using Rz, a significant increase in the roughness was detected in the ITBX, better represented by the creation of valleys, in blue (Figure 1D). Use of a bur at low speed, which may have scratched the surface, is a method that has also been employed in studies²¹. However, some authors disagree that bur can increase roughness^{19,22}. This discordance can be associated with the different methodologies used and the pressure placed on the rotary instrument to remove the adhesive, especially when rubber polishers are used following use of the bur, thus reducing roughness²³ and making the procedure clinically imperceptible. The present study found that polishers also create irregularities on the enamel, but less roughness than burs.

Although an increase in roughness in both groups was detected by applying parameter Ra, there was no difference between RI and RF in the ITBXp according to parameter Rz. This variance could have occurred because of the presence of atypical peaks or valleys, which aren't considered in calculating the Ra. In the IBTX, valleys were created, as evidenced by the blue color (Figure 1D); on the other hand, this did not occur in ITBXp (Figure 1B). Thus, our study corroborates the results of authors who state that polishers induce minor changes in the enamel roughness²⁰. However, when comparing ΔRa and ΔRz among the groups, no differences were found between the two methods.

The high variety of colorants in contemporary food can affect the color stability of dental materials. The coffee staining protocol has proved to be an efficient method in the literature, since coffee is widely consumed by the population²⁴. The materials used for bonding may exhibit color instability, due to the remnants of resin tags,

even after removal of the brackets, and cleaning and polishing of the dental surface. The color change may also be more greatly influenced by the greater surface roughness attributed to the use of rotatory instruments during the removal of the adhesive remnant⁴.

The methodology employed enabled the color change to be observed with the naked eye in all the groups. However, compared with the control group, where no bonding was used, there were no differences in any of the adhesives tested (Table 6). Therefore, resin tags alone could not cause color changes in the teeth.

CONCLUSIONS

Comparing the direct and indirect bonding techniques using different adhesives and two methods of adhesive removal, the results led us conclude that:

- Direct and indirect bonding presented similar results regarding shear strength. The adhesives used are well suited to clinical needs in regard to adhesion strength, although the ISONDHI and ISEP groups required less force to remove the brackets.
- Indirect bonding tended to maintain less adhesive on the dental surface after bracket debonding.
- The use of burs at low speed to remove the adhesive increases the enamel roughness. The same is true of aluminum oxide polishers. However, the polishers guarantee less variation of the initial roughness, according to the Rz parameter.
- After bracket debonding and adhesive removal, the resin tags do not change the color of the teeth.

REFERENCES

1. Newman GV. Clinical treatment with bonded plastic attachments. *Am J Orthod*. 1971;60(6):600-10.
2. Sondhi A. Efficient and effective indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999;115(4):352-9.
3. Shimizu RH, Grando KG, Shimizu IA, Andriguetto AR, Melo ACM, Witters EL. Avaliação da resistência ao cisalhamento de braquetes colados pelas técnicas direta e indireta: estudo in vitro. *Dental Press J Orthod*. 2012;17(4):23.e1-5.
4. Eliades T, Gioka C, Heim M, Eliades G, Makou M. Color stability of orthodontic adhesive resins. *The Angle Orthodontist*. 2004;74(3):391-3.
5. 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.
6. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod*. 1984;85(4):333-40.
7. Gegauff AG, Rosenstiel SF, Langhout KJ, Johnston WM. Evaluating tooth color change from carbamide peroxide gel. *J Am Dent Assoc*. 1993;124(6):65-72.
8. Reynolds IR, Von Fraunhofer JA. Direct bonding in orthodontics: a comparison of attachments. *British Journal of Orthodontics*. 1977;4(2):65-9.
9. Linn BJ, Berzins DW, Dhuru VB, Bradley TG. A comparison of bond strength between direct-and indirect-bonding methods. *The Angle Orthodontist*. 2006;76(2):289-94.
10. Yi GK, Dunn WJ, Taloumis LJ. Shear bond strength comparison between direct and indirect bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003;124(5):577-81.
11. Menini A, Cozzani M, Sfondrini MF, Scribante A, Cozzani P, Gandini P. A 15-

month evaluation of bond failures of orthodontic brackets bonded with direct versus indirect bonding technique: a clinical trial. *Progress in Orthodontics*. 2014;15(1):1-6.

12. Daub J, Berzins DW, Linn BJ, Bradley TG. Bond strength of direct and indirect bonded brackets after thermocycling. *The Angle Orthodontist*. 2006;76(2):295-300.

13. Polat O, Karaman AI, Buyukyilmaz T. In vitro evaluation of shear bond strengths and in vivo analysis of bond survival of indirect-bonding resins. *The Angle Orthodontist*. 2004;74(3):405-9.

14. Klocke A, Shi J, Kahl-Nieke B, Bismayer U. Bond strength with custom base indirect bonding techniques. *The Angle Orthodontist*. 2003;73(2):176-80.

15. Miles PG, Weyant RJ. A comparison of two indirect bonding adhesives. *The Angle Orthodontist*. 2005;75(6):1019-23.

16. Goracci C, Margvelashvili M, Giovannetti A, Vichi A, Ferrari M. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a new self-adhering flowable resin composite. *Clinical Oral Investigations*. 2013;17(2):609-17.

17. Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. *Am J Orthod*. 1981;79(5):500-22.

18. Kim S-S, Park W-K, Son W-S, Ahn H-S, Ro J-H, Kim Y-D. Enamel surface evaluation after removal of orthodontic composite remnants by intraoral sandblasting: a 3-dimensional surface profilometry study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(1):71-6.

19. Sigilião LC, Marquezan M, Elias CN, Ruellas AC, Sant'Anna EF. Efficiency of different protocols for enamel clean-up after bracket debonding: an in vitro study. *Dental Press J Orthod*. 2015;20(5):78-85.

20. Janiszewska-Olszowska J, Tomkowski R, Tandecka K, Stepien P, Szatkiewicz

T, Sporniak-Tutak K, et al. Effect of orthodontic debonding and residual adhesive removal on 3D enamel microroughness. *PeerJ*. 2016;4:e2558.

21. Karan S, Kircelli BH, Tasdelen B. Enamel surface roughness after debonding: comparison of two different burs. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(6):1081-8.

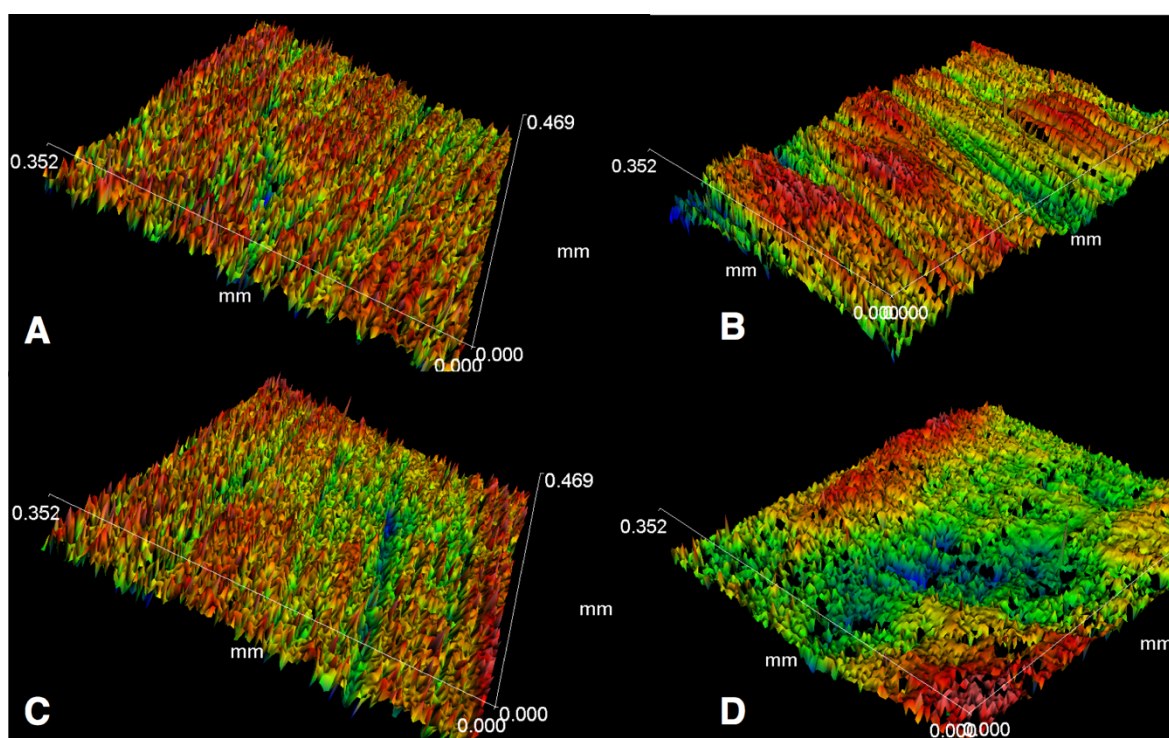
22. Zachrisson BU, Arthun J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. *Am J Orthod*. 1979;75(2):121-7.

23. Campbell PM. Enamel surfaces after orthodontic bracket debonding. *The Angle Orthodontist*. 1995;65(2):103-10.

24. Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL, Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *J Prosthet Dent*. 1998;80(5):533-9.

FIGURE LEGENDS

Figure 1. A: 3D profile of IBTXp before bonding. B: 3D profile of ITBXp after clean-up. C: 3D profile of ITBX before bonding. D: 3D profile of ITBX after clean-up. Red represents the peak, and blue, the valley.



TABLES

Table 1. Distribution of the groups according to the method of brackets bonding, adhesive system used and removal adhesive methods.

Group	Bonding Technique	Primer	Adhesive	Removal adhesive methods
Control	No bonding	-	-	-
DTBX	Direct	Transbond Primer	Transbond XT	12-blade bur at low speed
ITBX	Indirect	Transbond Primer	Transbond XT	12-blade bur at low speed
IZ350	Indirect	Z350 color A2	Transbond XT	12-blade bur at low speed
ISONDHI	Indirect	Sondhi Rapid-Set	Transbond XT	12-blade bur at low speed
ISEP	Indirect	Transbond SEP	Transbond XT	12-blade bur at low speed
ITBXp	Indirect	Transbond Primer	Transbond XT	Polisher of aluminum oxide

Table 2. Mean and Shear Strengths and Standard Deviation (SD) on MPa.

Group	Mean	SD	Median	Minimum	Maximum
DTBX	13.60 ^A	0.63	13.59	12.56	14.84
ITBX	12.92 ^A	0.44	12.95	12.11	13.55
IZ350	13.10 ^A	0.79	13.12	12.12	14.67
ISONDHI	5.72 ^B	0.42	5.83	4.99	6.34
ISEP	7.05 ^{AB}	0.95	6.83	6.04	8.85

^{A,B, AB} Same letters indicate no statistically significant among groups.

Table 3. Scores for ARI by group.

Group	ARI Scores			
	0	1	2	3
DTBX ^A	0	2	1	7
ITBX ^A	0	3	4	3
IZ350 ^A	1	5	1	3
ISONDHI ^A	2	2	3	3
ISEP ^A	0	3	7	0

^A Same letters indicate no statistically significant between groups ($p > 0.05$).

Table 4. Roughness parameters analyses according paired t-test.

	Groups					
	ITBX			ITBX _p		
	Mean (μm)	SD (μm)	p -valor	Mean (μm)	SD (μm)	p -valor
Ra						
Initial	0.288	0.188	<0.004*	0.256	0.080	<0.001*
Final	0.579	0.182		0.501	0.091	
Rz						
Initial	5.843	6.281	<0.042*	5.845	1.900	<0.604
Final	10.744	8.485		6.657	4.395	

* Indicates statistical significance ($p < 0.05$).

Table 5. Mean and standard deviation (SD) for ΔRa and ΔRz and results of independent samples t-test.

Groups	ΔRa (μm) Mean \pm SD	p -value	ΔRz (μm) Mean \pm SD	p -value*
ITBX	1.397 \pm 1.098	<0.359	1.399 \pm 2.299	<0.154
ITBXp	1.032 \pm 0.509		0.249 \pm 0.823	

*Indicates statistical significance ($p < 0.05$).

Table 6. Mean and standard deviation (SD) for ΔE and results of ANOVA/Tukey.

Group	Mean \pm SD
DTBX	23.84 \pm 12.56 ^A
ITBX	19.20 \pm 11.03 ^A
IZ350	28.12 \pm 10.63 ^A
ISONDHI	29.22 \pm 13.14 ^A
ISEP	26.69 \pm 10.08 ^A
Controle	21.05 \pm 6.95 ^A
ITBXp	17.41 \pm 7.79 ^A

^A Same letters indicate no statistically significant between groups ($p > 0.05$).

5 DISCUSSÃO

A colagem do aparelho ortodôntico deve possuir resistência suficiente para suportar as forças mastigatórias e ortodônticas e, ao mesmo tempo, permitir fácil remoção dos braquetes sem danos ao esmalte ao final do tratamento. O valor mínimo da resistência ao cisalhamento do adesivo deve ser de 5,88 a 7,84 MPa para ser considerado adequado para as necessidades clínicas (Reynolds, 1975; Reynolds e Von Fraunhofer, 1977; Carstensen, 1993).

No presente estudo, a média da resistência ao cisalhamento variou de 5,72 ($\pm 0,42$) a 13,60 ($\pm 0,63$) MPa entre os grupos. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos DTBX e ITBX, quando utilizado o mesmo material de colagem (Tabela 2, página 39). Portanto, não houve diferença significativa entre as técnicas direta e indireta, corroborando com resultados de vários autores (Hocevar e Vincent, 1988; Milne *et al.*, 1989; Shiau *et al.*, 1993; Yi *et al.*, 2003; Daub *et al.*, 2006; Linn *et al.*, 2006; Thiyagarajah *et al.*, 2006; Swetha *et al.*, 2011; Menini *et al.*, 2014). Na colagem indireta, utilizando-se diferentes materiais de colagem, detectou-se diferenças apenas entre os grupos ISONDHI e ISEP, com valores médios 5,72 e 7,05 MPa, respectivamente. Contudo, ainda são adequados para utilização clínica (Reynolds, 1975; Reynolds e Von Fraunhofer, 1977; Carstensen, 1993). Estes resultados concordam com de outros autores (Polat *et al.*, 2004), embora confrontem alguns estudos, que não encontraram diferenças significativas entre esses materiais (Sondhi, 1999; Klocke *et al.*, 2003; Yi *et al.*, 2003; Linn *et al.*,

2006; Thompson *et al.*, 2008). A resina *flow* tem sido utilizada para colagem de acessórios ortodônticos, embora não seja específica para tal fim (Miles e Weyant, 2005; Thompson *et al.*, 2008; Goracci *et al.*, 2013). No presente trabalho, não houve diferença entre o grupo IZ350 quando comparado ao DTBX, considerado padrão ouro na literatura (Hellak *et al.*, 2016), demonstrando que a resina *flow* pode ser um recurso alternativo para a técnica de colagem indireta.

Os resultados dos escores do ARI não mostraram diferença estatística entre os grupos. Apesar disso, o grupo de colagem direta apresentou maior número de amostras com todo o material de colagem aderido ao esmalte, em comparação com os grupos de colagem indireta (Tabela 3, página 39), corroborando com estudos prévios (Hocevar e Vincent, 1988; Sinha *et al.*, 1995; Klocke *et al.*, 2003; Polat *et al.*, 2004). Essa diferença mostra menor quantidade de material aderido à superfície do esmalte nas colagens indiretas, principalmente quando utilizados adesivos autocondicionantes, como demonstrado pelo grupo ISEP que não teve nenhuma amostra com todo o material aderido (Tabela 3, página 39). Clinicamente, demonstra um resultado interessante, pois menor quantidade de material necessita ser removido da superfície dentária. Na colagem direta, o adesivo é polimerizado com o braquete em posição final e supõe-se que a aderência do material à superfície do esmalte ocorra com maior frequência. Entretanto, na colagem indireta o adesivo é polimerizado na superfície do modelo de gesso. Esta cópia customizada da superfície do esmalte é levada à boca, exatamente na mesma posição, e a colagem, neste caso, é feita por algum tipo de *primer* ou por resina mais fluida. Como a aderência e a descolagem ocorre com o *primer* entre a base de adesivo e a superfície do esmalte, menor quantidade de material pode ser visualizada aderido ao dente, como demonstrado na Tabela 3 (página 39). Ao

contrário de outros trabalhos, que utilizam moldeiras de transferência unitárias para cada dente (Goracci *et al.*, 2013), neste estudo foi usado a moldeira que se estendia para um grupo de dentes, sendo mais representativo da colagem indireta na clínica.

Após a remoção dos braquetes, o ortodontista tem o desafio de deixar o aspecto do esmalte dentário o mais próximo do inicial, com o mínimo de irregularidades e obter uma superfície lisa (Pus e Way, 1980). Assim, a remoção do remanescente resinoso é uma etapa fundamental, pois os instrumentos rotatórios criam danos e aumentam as irregularidades na superfície do esmalte (Eliades *et al.*, 2004).

A medida da rugosidade é o método empregado para caracterizar a variação da planicidade da superfície dos materiais. Alguns estudos utilizam outros métodos para comparar a superfície dental após a descolagem ortodôntica, como ARI e a microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Diedrich, 1981; Benson *et al.*, 1998). Porém, a avaliação da rugosidade superficial por meio das imagens geradas pelo MEV é apenas qualitativa e não pode ser usada para esta comparação. Para obtenção de resultados quantitativos, estudos têm utilizado o rugosímetro de contato, também conhecido como perfilômetro (Kim *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2014; Sigilião *et al.*, 2015). Este aparelho quantifica a rugosidade por parâmetros medidos ao longo de uma linha, o que muitas vezes pode fornecer valores não representativos em função da região analisada. Sendo assim, o ideal seria avaliar a rugosidade da área de uma superfície. No presente trabalho, foi utilizada a técnica de medida da rugosidade através do rugosímetro óptico, o qual emprega a técnica de interferometria. Com esta técnica é possível obter a medida de um número infinito de linhas na mesma área. Não foram encontrados trabalhos na literatura que utilizaram este método de análise. Na literatura existem trabalhos que utilizam

microscopia confocal e força atômica, as quais analisam uma área menor que a do presente trabalho (Karan *et al.*, 2010; Brauchli *et al.*, 2011; Janiszewska-Olszowska *et al.*, 2016).

Os dois métodos para remoção do adesivo utilizados neste trabalho aumentaram significativamente a rugosidade superficial do esmalte, segundo o parâmetro Ra (Tabela 4, página 39), concordando com alguns estudos anteriores que utilizaram o perfilômetro (Kim *et al.*, 2007), embora exista discordância entre outros autores (Ahrari *et al.*, 2013; Sigilião *et al.*, 2015).

Muitos estudos utilizam apenas o parâmetro Ra para avaliar as irregularidades superficiais, porém, esse parâmetro apresenta limitações, por não definir a forma das irregularidades do perfil, não fazendo distinção entre picos e vales (Whitehead *et al.*, 1999; Karan *et al.*, 2010). Neste trabalho utilizou-se também o parâmetro Rz, enfatizado por outros estudos (Sigilião *et al.*, 2015). Através de Rz, verificou-se que há aumento estatisticamente significativo da rugosidade do grupo ITBX, sendo melhor representada pela criação de vales, em azul (Figura 1D, página 38). Atribui-se a isso, a utilização de broca de carboneto de tungstênio 12 lâminas, em baixa rotação, que pode ter riscado a superfície, concordando com o trabalho de alguns autores (Gandini Junior *et al.*, 1995; Karan *et al.*, 2010). Porém, outros estudos discordam que o uso de broca de 12 lâminas possa aumentar a rugosidade (Gwinnett e Gorelick, 1977; Zachrisson e Arthun, 1979; Sigilião *et al.*, 2015). Essa discordância pode ser associada às diferentes metodologias empregadas e a pressão utilizada no instrumento rotatório para remover o remanescente de adesivo, principalmente, quando após o uso de broca, são utilizadas pontas de borracha e pedra pomes, o que diminuiria a rugosidade (Campbell, 1995), tornando o procedimento clinicamente imperceptível. O presente

estudo verificou que polidores também criam irregularidades na superfície, porém, menor rugosidade do que brocas, sugerindo que os métodos sejam utilizados em conjunto.

Embora tenha ocorrido aumento da rugosidade em ambos os grupos detectado pelo parâmetro Ra, no grupo ITBXp não houve diferença entre a RI e RF para Rz. Isso pode ter ocorrido devido a presença de pico ou vale atípicos e ocasionais, os quais não são considerados no cálculo de Ra. No grupo ITBX houve criação de vales evidenciados pela cor azul (Figura 1D, página 38), por outro lado, isso não ocorreu em ITBXp (Figura 1B, página 38). Assim, este estudo concorda com resultados de outros autores, os quais afirmam que polidores de óxido de alumínio induzem menores alterações na rugosidade inicial do esmalte (Janiszewska-Olszowska *et al.*, 2016). Entretanto, quando comparada a variação da rugosidade (ΔRa e ΔRz) entre os grupos, não foram encontradas diferenças significativas entre os dois métodos testados (Tabela 5, página 40).

A alta variedade de corantes na alimentação contemporânea pode afetar a estabilidade de cor dos materiais dentários. O protocolo de manchamento com café mostrou-se um método eficiente e aceito na literatura, uma vez que é amplamente consumido pela população (Yannikakis *et al.*, 1998; Pereira *et al.*, 2009). Os materiais utilizados para colagem podem apresentar instabilidade de cor, devido a remanescentes de *tags* de resina, mesmo após a remoção dos braquetes, limpeza e polimento da superfície dental (Kumar *et al.*, 2011). A alteração de cor também pode ser facilitada pelo aumento da rugosidade superficial atribuída ao uso de instrumentos rotatórios durante a remoção do remanescente adesivo (Eliades *et al.*, 2004; Karamouzou *et al.*, 2010).

Através da metodologia empregada, todos os grupos tiveram alterações de

cor observadas a olho nu (Johnston e Kao, 1989; Eliades *et al.*, 2004). Porém, comparando ao grupo controle que não teve colagem, não houve diferenças significativas em nenhum dos adesivos testados (Tabela 6, página 40). Portanto, os *tags* de resina remanescentes por si só não são capazes de provocar alterações de cor nos dentes.

6 RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados do presente estudo, os *tags* de resina *flow* e outras resinas para colagem indireta ortodôntica não são capazes de promover alterações de cor após descolagem dos braquetes. Para pesquisas futuras, sugere-se que o protocolo de manchamento seja feito com o braquete ainda em posição, antes de sua descolagem e remoção do remanescente resinoso.

A remoção do remanescente de adesivo com brocas deixa a superfície dentária mais rugosa. Atualmente, há no mercado a disponibilidade de novas brocas para remoção, como brocas de zircônia. No entanto, recomenda-se que sejam feitos estudos *in vitro* para analisar o efeito destas brocas sobre a superfície do esmalte.

7 CONCLUSÕES

Comparando-se as técnicas de colagem direta e indireta, com o uso de diferentes adesivos e dois métodos de remoção do remanescente resinoso, os resultados permitiram concluir que:

7.1.1 As técnicas de colagem direta e indireta apresentaram resultados similares quanto à resistência ao cisalhamento. Os adesivos utilizados neste estudo estão adequados para as necessidades clínicas quanto à resistência de adesão, embora os grupos ISONDHI e ISEP tenham necessitado de forças menores para remover os braquetes.

7.1.2 Os grupos de colagem indireta apresentaram tendência a manter menor quantidade de adesivo sobre a superfície dentária após a remoção do braquete.

7.2 O uso de broca, mesmo em baixa rotação, para remoção do adesivo remanescente aumentou a rugosidade superficial do esmalte. O mesmo ocorreu com polidores à base de óxido de alumínio. No entanto, os polidores garantiram menor variação da rugosidade inicial, segundo o parâmetro Rz.

7.3 Após a remoção dos braquetes e do adesivo, os *tags* remanescentes não foram capazes de alterar a cor do dente.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRARI, F. et al. Enamel surface roughness after debonding of orthodontic brackets and various clean-up techniques. **Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences**, v. 10, n. 1, p. 82-93, 2013. ISSN 2008-2185. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23724206> >.

AKOVA, T. et al. Porcelain surface treatment by laser for bracket-porcelain bonding. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 128, n. 5, p. 630-7, Nov 2005. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16286211> >.

ARTUN, J.; BERGLAND, S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. **Am J Orthod**, v. 85, n. 4, p. 333-40, Apr 1984. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6231863> >.

BENSON, P. E. et al. Morphometric assessment of enamel demineralisation from photographs. **Journal of dentistry**, v. 26, n. 8, p. 669-677, 1998. ISSN 0300-5712. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Morphometric+assessment+of+enamel+demineralisation+from+photographs> >.

BISHARA, S. E.; KHOWASSAH, M. A.; OESTERLE, L. J. Effect of humidity and temperature changes on orthodontic direct-bonding adhesive systems. **J Dent Res**, v. 54, n. 4, p. 751-8, 1975 Jul-Aug 1975. ISSN 0022-0345. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1099137> >.

BRAUCHLI, L. M. et al. Roughness of enamel surfaces after different bonding and debonding procedures : An in vitro study. **J Orofac Orthop**, v. 72, n. 1, p. 61-7, Mar 2011. ISSN 1615-6714. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21484547> >.

BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, v. 34, n. 6, p. 849-53, Dec 1955. ISSN 0022-0345. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13271655> >.

CAMPBELL, P. M. Enamel surfaces after orthodontic bracket debonding. **The Angle orthodontist**, v. 65, n. 2, p. 103-110, 1995. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7785800> >.

CARDOSO, L. A. M. et al. Effect of adhesive remnant removal on enamel topography after bracket debonding. **Dental press journal of orthodontics**, v. 19, n. 6, p. 105-112, 2014. ISSN 2176-9451. Disponível em < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Effect+of+adhesive+remnant+removal+on+enamel+topography+after+bracket+debonding> >.

CARSTENSEN, W. Clinical effects of reduction of acid concentration on direct bonding of brackets. **The Angle orthodontist**, v. 63, n. 3, p. 221-224, 1993. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Clinical+effects+of+reduction+of+acid+concentration+on+direct+bonding+of+brackets> >.

DAUB, J.; BERZINS, D.W.; LINN, B.J.; BRADLEY, T.G. Bond strength of direct and indirect bonded brackets after thermocycling. **The Angle Orthodontist**, v. 76, n. 2, p.296-300, 2006. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bond+strength+of+direct+and+indirect+bonded+brackets+after+thermocycling> >.

DICKINSON, P. T.; POWERS, J. M. Evaluation of fourteen direct-bonding orthodontic bases. **Am J Orthod**, v. 78, n. 6, p. 630-9, Dec 1980. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7006404> >.

DIEDRICH, P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. **American journal of orthodontics**, v. 79, n. 5, p. 500-522, 1981. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6453531> >.

ELIADES, T. et al. Color stability of orthodontic adhesive resins. **Angle Orthod**, v. 74, n. 3, p. 391-3, Jun 2004. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15264652> >.

FALTERMEIER, A. et al. Discolouration of orthodontic adhesives caused by food dyes and ultraviolet light. **Eur J Orthod**, v. 30, n. 1, p. 89-93, Feb 2008. ISSN 0141-5387. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17873146> >.

GANDINI JUNIOR, L. G. et al. Avaliação de diferentes métodos de remoção da resina remanescente ao esmalte dentário após descolagem de braquetes ortodônticos. **Ortodontia**, v. 28, n. 1, p. 53-60, 1995. ISSN 0030-5944.

GEGAUFF, A. G. et al. Evaluating tooth color change from carbamide peroxide gel. **J Am Dent Assoc**, v. 124, n. 6, p. 65-72, Jun 1993. ISSN 0002-8177. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8505452> >.

GORACCI, C. et al. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a new self-adhering flowable resin composite. **Clinical oral investigations**, v. 17, n. 2, p. 609-617, 2013. ISSN 1432-6981. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Shear+bond+strength+of+orthodontic+brackets+bonded+with+a+new+self-adhering+flowable+resin+composite> >.

GWINNETT, A. J.; GORELICK, L. Microscopic evaluation of enamel after debonding: clinical application. **American journal of orthodontics**, v. 71, n. 6, p. 651-665, 1977. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Microscopic+evaluation+of+enamel+after+debonding%3A+clinical+application> >.

HELLAK, A. et al. Shear Bond Strength of Three Orthodontic Bonding Systems on Enamel and Restorative Materials. **BioMed Research International**, v. 2016, p. 6307107, 2016. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5050387/> >.

HOCEVAR, R. A.; VINCENT, H. F. Indirect versus direct bonding: bond strength and failure location. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 94, n. 5, p. 367-371, 1988. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Indirect+versus+direct+bonding%3A+bond+strength+and+failure+location> >.

HONG, Y. H.; LEW, K. K. Quantitative and qualitative assessment of enamel surface following five composite removal methods after bracket debonding. **Eur J Orthod**, v. 17, n. 2, p. 121-8, Apr 1995. ISSN 0141-5387. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7781720> >.

JANISZEWSKA-OLSZOWSKA, J. et al. Effect of orthodontic debonding and residual adhesive removal on 3D enamel microroughness. **PeerJ**, v. 4, p. e2558, 2016. ISSN 2167-8359. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Effect+of+orthodontic+debonding+and+residual+adhesive+removal+on+3D+enamel+microroughness> >.

JOHNSTON, W. M.; KAO, E. C. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. **Journal of Dental Research**, v. 68, n. 5, p. 819-822, 1989. ISSN 0022-0345. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Assessment+of+appearance+match+by+visual+observation+and+clinical+colorimetry> >.

KANASHIRO, L. K. et al. Influence of different methods of cleaning custom bases on the shear bond strength of indirectly bonded brackets. **J Orthod**, v. 41, n. 3, p. 175-80, Sep 2014. ISSN 1465-3133. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24526718> >.

KARAMOUZOS, A. et al. Tooth-color assessment after orthodontic treatment: a prospective clinical trial. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 138, n. 5, p. 537.e1-8; discussion 537-9, Nov 2010. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21055582> >.

KARAN, S.; KIRCELLI, B. H.; TASDELEN, B. Enamel surface roughness after debonding: comparison of two different burs. **The Angle Orthodontist**, v. 80, n. 6, p. 1081-1088, 2010. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=KARAN%2C+S.%3B+KIRCELLI%2C+B.+H.%3B+TASDELEN%2C+B.+Enamel+surface+roughness+after+debonding%3A+comparison+of+two+different+burs.+The+Angle+Orthodontist> >.

KIM, S. S. et al. Enamel surface evaluation after removal of orthodontic composite remnants by intraoral sandblasting: a 3-dimensional surface profilometry study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 132, n. 1, p. 71-76, 2007. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Enamel+surface+evaluation+after+removal+of+orthodontic+composite+remnants+by+intraoral+sandblasting%3A+a+3-dimensional+surface+profilometry+study> >.

KLOCKE, A. et al. Bond strength with custom base indirect bonding techniques. **The Angle Orthodontist**, v. 73, n. 2, p. 176-180, 2003. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12725374> >.

KUMAR, K. R. R. et al. Depth of resin penetration into enamel with 3 types of enamel conditioning methods: a confocal microscopic study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 140, n. 4, p. 479-485, 2011. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Depth+of+resin+penetration+into+enamel+with+3+types+of+enamel+conditioning+methods%3A+a+confocal+microscopic+study> >.

LINN, B. J. et al. A comparison of bond strength between direct-and indirect-bonding methods. **The Angle Orthodontist**, v. 76, n. 2, p. 289-294, 2006. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16539556> >.

MENINI, A. et al. A 15-month evaluation of bond failures of orthodontic brackets bonded with direct versus indirect bonding technique: a clinical trial. **Progress in orthodontics**, v. 15, n. 1, p. 1-6, 2014. ISSN 2196-1042. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=A+15-month+evaluation+of+bond+failures+of+orthodontic+brackets+bonded+with+direct+versus+indirect+bonding+technique%3A+a+clinical+trial> >.

MILES, P. G.; WEYANT, R. J. A comparison of two indirect bonding adhesives. **The Angle orthodontist**, v. 75, n. 6, p. 1019-1023, 2005. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16448248> >.

MILNE, J. W.; ANDREASSEN, G. F.; JAKOBSEN, J. R. Bond strength comparison: a simplified indirect technique versus direct placement of brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 96, n. 1, p. 8-15, 1989. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bond+strength+comparison%3A+a+simplified+indirect+technique+versus+direct+placement+of+brackets> >.

NEWMAN, G. V. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. **Am J Orthod**, v. 51, n. 12, p. 901-12, Dec 1965. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5214895> >.

NEWMAN, G. V. Clinical treatment with bonded plastic attachments. **Am J Orthod**, v. 60, n. 6, p. 600-10, Dec 1971. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4943020> >.

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. 109-17, 2015 May-Jun 2015. ISSN 2177-6709. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26154464> >.

PANDIS, N.; MACHIN, D. Sample calculations for comparing rates. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 142, n. 4, p. 565-7, Oct 2012. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22999681> >.

PASCOTTO, R. C.; HOEPPNER, M. G.; PEREIRA, S. K. Materiais de colagem e cimentação em ortodontia parte II: sistemas adesivos resinosos. **Rev. dent. press ortodon. ortopedi. facial**, p. 121-8, 2002.

PEREIRA, S. K. et al. Avaliação da alteração de cor de resinas compostas em contato com soluções potencialmente corantes (Evaluation of composite resin color alteration in contact with staining solutions). **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 9, n. 1, 2009. ISSN 1809-0273.

POLAT, O.; KARAMAN, A. I.; BUYUKYILMAZ, T. In vitro evaluation of shear bond strengths and in vivo analysis of bond survival of indirect-bonding resins. **The Angle Orthodontist**, v. 74, n. 3, p. 405-409, 2004. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=In+vitro+evaluation+of+shear+bond+strengths+and+in+vivo+analysis+of+bond+survival+of+indirect-bonding+resins> >.

PUS, M. D.; WAY, D. C. Enamel loss due to orthodontic bonding with filled and unfilled resins using various clean-up techniques. **American journal of orthodontics**, v. 77, n. 3, p. 269-283, 1980. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Enamel+loss+due+to+orthodontic+bonding+with+filled+and+unfilled+resins+using+various+clean-up+techniques> >.

REYNOLDS, I. R. A review of direct orthodontic bonding. **British journal of orthodontics**, v. 2, n. 3, p. 171-178, 1975. ISSN 0301-228X.

REYNOLDS, I. R.; VON FRAUNHOFER, J. A. Direct bonding in orthodontics: a comparison of attachments. **British journal of orthodontics**, v. 4, n. 2, p. 65-69, 1977. ISSN 0301-228X.

ROSENSTIEL, S. F.; GEGAUFF, A. G.; JOHNSTON, W. M. Duration of tooth color change after bleaching. **J Am Dent Assoc**, v. 122, n. 4, p. 54-9, Apr 1991. ISSN 0002-8177. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2022788> >.

SHIAU, J.-Y. et al. Bond strength of aged composites found in brackets placed by an indirect technique. **The Angle orthodontist**, v. 63, n. 3, p. 213-220, 1993. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bond+strength+of+aged+composites+found+in+brackets+placed+by+an+indirect+technique> >.

SHIMIZU, R. H. et al. Avaliação da resistência ao cisalhamento de braquetes colados pelas técnicas direta e indireta: estudo in vitro. 2012.

SIGILIAO, L. C. et al. Efficiency of different protocols for enamel clean-up after bracket debonding: an in vitro study. **Dental Press J Orthod**, v. 20, n. 5, p. 78-85, Oct 2015. ISSN 2177-6709. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26560825> >.

SILVERMAN, E. et al. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. **Am J Orthod**, v. 62, n. 3, p. 236-44, Sep 1972. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4559001> >.

SINHA, P. K. et al. Bond strengths and remnant adhesive resin on debonding for orthodontic bonding techniques. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 108, n. 3, p. 302-307, 1995. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7661148> >.

SONDHI, A. Efficient and effective indirect bonding. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 115, n. 4, p. 352-9, Apr 1999. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10194277> >.

SPONCHIADO, A. R. et al. Avaliação do uso do Self Etching Primer na colagem de braquetes ortodônticos metálicos. **Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v. 10, n. 3, p. 66-74, 2005.

STOBER, T.; GILDE, H.; LENZ, P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. **Dent Mater**, v. 17, n. 1, p. 87-94, Jan 2001. ISSN 0109-5641. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11124418> >.

SWETHA, M. et al. Indirect versus Direct Bonding-A Shear Bond Strength Comparison: An in vitro Study. **The journal of contemporary dental practice**, v. 12, n. 4, p. 232-238, 2011. ISSN 1526-3711. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Indirect+versus+Direct+Bonding-A+Shear+Bond+Strength+Comparison%3A+An+in+vitro+Study> >.

THIYAGARAJAH, S.; SPARY, D. J.; ROCK, W. P. A clinical comparison of bracket bond failures in association with direct and indirect bonding. **Journal of orthodontics**, v. 33, n. 3, p. 198-204, 2006. ISSN 1465-3125. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16926313> >.

THOMPSON, M. A.; DRUMMOND, J. L.; BEGOLE, E. A. Bond strength analysis of custom base variables in indirect bonding techniques. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 133, n. 1, p. 9-e15, 2008. ISSN 0889-5406. Disponível em < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bond+strength+analysis+of+custom+base+variables+in+indirect+bonding+techniques> >.

TREVISI, H. J.; ZANELATO, R. C.; ZANELATO, A. C. T. Colagem indireta na técnica MBT. **Rev. clin. ortodon. dental press**, v. 1, n. 2, p. 47-59, 2002. ISSN 1676-6849.

TUNCER, C.; ULUSOY, Ç. Tensile bond strength of lingual orthodontic brackets with adhesive systems. **World J Orthod**, v. 11, n. 4, p. 393-7, 2010. ISSN 1941-6741. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21491007> >.

WENDL, B.; DROSCHL, H.; MUCHITSCH, P. Indirect bonding--a new transfer method. **Eur J Orthod**, v. 30, n. 1, p. 100-7, Feb 2008. ISSN 0141-5387. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18276930> >.

WHITE, L. W. An expedited indirect bonding technique. **J Clin Orthod**, v. 35, n. 1, p. 36-41, Jan 2001. ISSN 0022-3875. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11314526> >.

WHITEHEAD, S. A. et al. Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. **Dental Materials**, v. 15, n. 2, p. 79-86, 1999. ISSN 0109-5641. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10551099> >.

YANNIKAKIS, S. A. et al. Color stability of provisional resin restorative materials. **J Prosthet Dent**, v. 80, n. 5, p. 533-9, Nov 1998. ISSN 0022-3913. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9813802> >.

YI, G. K.; DUNN, W. J.; TALOUMIS, L. J. Shear bond strength comparison between direct and indirect bonded orthodontic brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 124, n. 5, p. 577-81, Nov 2003. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14614426> >.

ZACHRISSON, B. U.; ARTHUN, J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. **Am J Orthod**, v. 75, n. 2, p. 121-7, Feb 1979. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/369382> >.

ZACHRISSON, B. U.; BROBAKKEN, B. O. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. **Am J Orthod**, v. 74, n. 1, p. 62-78, Jul 1978. ISSN 0002-9416. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/356618> >.

9 ANEXOS

9.1 ANEXO 1: Certificado de revisão do inglês

EDITORIAL CERTIFICATION

TO WHOM IT MAY CONCERN

This document attests that the manuscript below was edited for proper English language usage, grammar, punctuation, spelling and style by the undernamed, a native English-speaking copyeditor, B.A. Hofstra University, NY, and owner of NCristina Martorana Traduções S/C Ltda. [CNPJ: 04.959.659/0001-20]. Neither the research content nor the author's/authors' intentions were altered in any way during the editing process.

Should there be any questions, please contact: ncris.mart@uol.com.br.

Manuscript title: *Effects of different adhesives on indirect orthodontic bonding: shear bond strength, color change and enamel roughness*

Corresponding author: Lincoln Issamu Nojima
Co-authors: Mirella Lemos Queiróz Tavares, Carlos Nelson Elias

Date: April 29, 2017

Copyeditor: Nancy Cristina Martorana

9.2 ANEXO 2: Comprovante de submissão do artigo no periódico *The Angle Orthodontist*

THE ANGLE ORTHODONTIST

ONLINE MANUSCRIPT SUBMISSION AND PEER REVIEW

IMPORTANT: To ensure proper functionality of this site, both JavaScript and **Cookies** MUST be enabled. [Click here to find out why.](#)

[CLICK HERE FOR LINKS TO UPGRADE OR INSTALL ADOBE ADOBE READER AND YOUR BROWSER.](#)

ne

Detailed Status Information

Manuscript #	050417-306
Current Revision #	0
Submission Date	2017-05-04 13:57:26
Current Stage	Initial QC Started
Title	Effects of different adhesives on indirect orthodontic bonding: shear bond strength, color change and enamel roughness
Running Title	Adhesives on indirect orthodontic bonding
Manuscript Type	Original Article
Special Section	N/A
Corresponding Author	Lincoln Nojima (Universidade Federal do Rio de Janeiro)
Contributing Authors	Mirella Tavares , Carlos Elias
Financial Disclosure	I have no relevant financial interests in this manuscript.
Abstract	This study aimed at making an in vitro evaluation of four adhesive systems used in indirect orthodontic bonding, regarding the shear strength and color change caused by resin tags after debonding, and the enamel roughness observed after applying two enamel clean-up techniques. Seventy bovine incisors were used, distributed in 7 groups: control (no bonding), direct bonding (DTBX) and indirect bonding (ITBX, IZ350, ISONDHI, ISEP, ITBXp). Transbond XT adhesive was used on the DTBX, ITBX and ITBXp groups, flow resin Z350 on IZ350, SONDHI adhesive on ISONDHI, and SEP adhesive on the ISEP group. Shear bond strength, the adhesive remnant index and enamel roughness were evaluated. The adhesive remnant was removed from all the groups with a low speed tungsten bur, except the ITBXp group, on which an aluminum oxide polisher was used. After coffee staining, the color was evaluated by CIE color parameters immediately after staining and prior to bonding. ISONDHI and ISEP groups showed significantly lower adhesion forces ($p < 0.01$). DTBX had a greater number of teeth with all the adhesive on the enamel (70%), compared with the indirect bonding groups (0-30%). The roughness analyzed in ITBX and ITBXp was found to be greater resulting from both clean-up techniques used. It can be concluded that direct and indirect bonding have similar results and that all the adhesives used have satisfactory adhesion strength. Use of burs and polishers increases the enamel roughness, but polishers ensure greater integrity of the initial roughness. Resin tags do not change the color of the teeth.
Assistant Editor	Not Assigned
Key Words	dental bonding, shear strength, bracket debonding, roughness, color change