



**PRÓ-REITORIA ACADÊMICA  
DIRETORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ODONTOLOGIA**

**WILSON RODRIGUES DE ALMEIDA**

**COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO APÓS  
COLAGEM DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS COM  
FOTOPOLIMERIZAÇÃO IMEDIATA E TARDIA**

**MARINGÁ**

**2020**



**PRÓ-REITORIA ACADÊMICA  
DIRETORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ODONTOLOGIA**

**WILSON RODRIGUES DE ALMEIDA**

**COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO APÓS  
COLAGEM DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS COM  
FOTOPOLIMERIZAÇÃO IMEDIATA E TARDIA**

Dissertação em formato artigo apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Odontologia do Centro Universitário Ingá UNINGÁ, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Ortodontia.

Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Cristina Santin

**MARINGÁ**

**2020**

---

---

**WILSON RODRIGUES DE ALMEIDA**

**COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO APÓS COLAGEM DE  
BRÁQUETES ORTODÔNTICOS COM FOTOPOLIMERIZAÇÃO IMEDIATA E  
TARDIA**

Dissertação em formato artigo apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Odontologia, do Centro Universitário Ingá UNINGÁ, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Ortodontia.

Maringá, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Gabriela Cristina Santin  
UNINGÁ

---

Prof. Dr. Aldo Andres Otazu Cambiano  
Universidade do Pacífico - Paraguai

---

Profa. Dra. Karina Maria Salvatore de Freitas  
UNINGÁ

---

---

---

---

## DEDICATÓRIA

O Salmo 139, versículos 23 e 24 diz: Sonda-me, ó Deus, e conhece o meu coração; prova-me, e conhece os meus pensamentos; vê se há em mim algum caminho perverso, e guia-me pelo caminho eterno. A este Deus dedico não só este trabalho, mas toda a minha vida!

Ao meu Pai Silvestre, e à minha avó Orlinda, que não estão mais em nosso meio, mas sei que Deus os guarda e estaremos juntos num dia lindo em um lugar celestial.

À minha esposa Karla, pelo amor, carinho, dedicação e apoio durante o curso.

Aos meus dois filhos, Vyctor Raphael e Marco Fellipe, razão do meu grande esforço e luta para mais esta conquista.

À minha mãe, Maria de Fátima e à minha tia Zilda Maria, que também me apoiam em tudo o que preciso.

Ao meu grande amigo Werington Borges Arantes, CD. MS., colega da graduação, pelo entusiasmo, sugestões e apoio.

---

---

---

---

## AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento é a Deus, razão de minha existência, autor e consumidor da minha fé! A Ele sejam dados toda a honra, toda a glória e todo o louvor para todo o sempre!

Agradeço a todos os Professores e toda a Equipe do Programa do Mestrado em Odontologia da Uningá. Especialmente às Professoras Doutoras Gabriela Cristina Santin e Karina Maria Salvatore de Freitas, Orientadora e co-Orientadora, respectivamente, pelo carinho e dedicação a mim concedidos, pelo apoio e orientação, sem os quais, não haveria possibilidade de estar aqui, neste momento único e indescritível para mim.

Aos professores da banca avaliadora, pelas contribuições e sugestões que agregaram a este trabalho, especialmente o Professor Convidado.

Agradeço ao professor doutor Agenor Osório, pelo companheirismo e atenção a mim dispensados particularmente; tive o prazer de ter sua companhia no meu primeiro almoço aqui na Uningá, gestos como este jamais serão esquecidos por mim.

Agradeço a todos os colegas do mestrado, pelas aventuras que vivenciamos juntos, foram dias de grande comunhão e aprendizado. Pelas experiências transculturais com as colegas paraguaias, pelos colegas de terras, de mim, distantes: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná; e também por uma conterrânea, de Goiás. Excelente comunhão! Grandes experiências!

Alguém já disse que: “o que se leva desta vida, é a vida que se leva!” O que levamos, são as amizades que foram feitas, as experiências vividas, os amores, as paixões, as vitórias... Uma certeza tenho: aprendi e fiz amizades!

---

---

---

---

“Somos donos de nossos atos, mas não donos de nossos sentimentos;  
Somos culpados pelo que fazemos, mas não somos culpados pelo que sentimos;  
Podemos prometer atos, mas não podemos prometer sentimentos...  
Atos são pássaros engaiolados, sentimentos são pássaros em voo.”

Mário Quintana

---

---

---

---

## RESUMO

**Objetivo:** O objetivo deste estudo foi comparar a resistência ao cisalhamento de bráquetes colados ao esmalte dentário com fotopolimerização imediata e tardia de diferentes resinas ortodônticas. **Material e métodos:** Foram utilizados 108 dentes bovinos incluídos, divididos em 3 grupos de 36, conforme o tipo de resina utilizada para colagem (G1 Transbond XT, G2 Orthocem, G3 Natural Ortho). Cada grupo foi subdividido em 3 subgrupos de 12, com fotopolimerização imediata (T0), com atraso de 5 minutos (T5) e com atraso de 10 minutos (T10). Os bráquetes de incisivo inferior foram colados aos dentes e, após 24 horas, submetidos ao teste de cisalhamento em uma máquina de ensaios universal, com célula de carga de 500N e velocidade constante de 1mm/min. As comparações intergrupos foram realizadas pelos testes ANOVA e Tukey. **Resultados:** Houve diferença significativa entre os tipos de resina e tempo para a fotopolimerização. A resina Transbond XT mostrou força de cisalhamento significativamente maior nos tempos T5 e T10. Com relação à comparação entre os tempos de fotopolimerização, houve diferença significativa para a resina Transbond XT e para todas as resinas juntas, sendo que a força de adesão no T10 foi significativamente maior do que no T0. **Conclusão:** O atraso na fotopolimerização tende a aumentar a força de adesão de resinas ortodônticas, pois houve diferença significativa entre a fotopolimerização imediata e com atraso de 10 minutos quando comparadas todas as resinas em conjunto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resistência ao cisalhamento; Cura Luminosa de Adesivos Dentários; Bráquetes Ortodônticos.

---

---

---

---

## ABSTRACT

### Comparison of shear strength after bonding of orthodontic brackets with immediate and late photopolymerization

**Objective:** The objective of this study was to compare the shear bond strength of brackets bonded to tooth enamel with immediate and late photopolymerization of different orthodontic resins. **Material and methods:** 108 included bovine teeth were used, divided into 3 groups of 36, according to the type of resin used for bonding (G1 Transbond XT, G2 Orthocem, G3 Natural Ortho). Each group was subdivided into 3 subgroups of 12, with immediate light curing (T0), delay of 5 minutes (T5) and delay of 10 minutes (T10). The mandibular incisor brackets were bonded to the teeth and, after 24 hours, subjected to the shear test in a universal testing machine, with a 500N load cell and a constant speed of 1mm/min. Intergroup comparisons were performed using the ANOVA and Tukey tests. **Results:** There was a significant difference between the types of resin and time for light curing. The Transbond XT resin showed significantly higher shear strength at times T5 and T10. Regarding the comparison between the light curing times, there was a significant difference for the Transbond XT resin and for all resins together, with the adhesion strength at T10 being significantly higher than at T0. **Conclusion:** The delay in photopolymerization tends to increase the adhesion strength of orthodontic resins, as there was a significant difference between immediate and 10-minute delayed photopolymerization when all resins were compared together.

**KEYWORDS:** Shear Strength; Light-Curing of Dental Adhesives; Orthodontic Brackets.

---

---

---

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resinas .....	18
Figura 2 - Anéis de PVC posicionados .....	19
Figura 3 - Politriz Metalográfica .....	20
Figura 4 - Bráquetes Morelli .....	20
Figura 5 - Fotopolimerizador.....	21
Figura 6 - Máquina Universal de Ensaio EMIC DL 500 .....	27
Figura 7 - Vista aproximada do cisalhamento .....	27

---

---

---

---

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resultados da comparação entre as diferentes resinas e tempos de fotopolimerização .....25
- Tabela 2 - Resultados da comparação entre as diferentes resinas com mesmo tempo de fotopolimerização .....26
- Tabela 3 - Resultados da comparação entre os diferentes tempos de fotopolimerização e mesmas resinas .....26
- Tabela 4 - Resultados da comparação do índice de remanescente de adesivo (IRA) entre os grupos .....27
- 
-

---

---

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSIÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1	Análise estatística .....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

---

---

# 1 INTRODUÇÃO

---

---

## 1 INTRODUÇÃO

Nos primórdios da ortodontia, os acessórios eram fixados aos dentes, por meio de bandas metálicas, sendo que cada dente recebia uma banda e soldada a ela um tubo ou um bráquete, o que dificultava a higienização, comprometia a estética e tornava mais complexo e moroso a execução clínica da Ortodontia (PITHON et al., 2008).

Com o advento do condicionamento ácido do esmalte dentário, na década de 70, houve a possibilidade do aumento da aderência dos materiais resinosos à estrutura dentária, causando uma revolução na Ortodontia, possibilitando a colagem direta dos acessórios ortodônticos na coroa dentária, diminuindo o tempo de trabalho para o procedimento, facilitando a higienização e a detecção de cárie e resultando em uma estética mais agradável (CORRER SOBRINHO et al., 2002; ROCHA et al., 2010).

Entretanto, a ocorrência da falha de adesão dos bráquetes à estrutura dentária é um aspecto frustrante e inerente à prática ortodôntica, resultando, muitas vezes, além de trabalho adicional, atrasos no tratamento ortodôntico gerando também um aumento do custo do tratamento (FLEISCHMANN et al., 2008).

Uma das vantagens no uso dos materiais fotopolimerizáveis é a flexibilidade de tempo que o profissional dispõe para posicionar o bráquete na superfície do esmalte, visto que a polimerização só se inicia quando o operador expõe o material à luz visível do fotopolimerizador (RIBEIRO et al., 2008). Na clínica, alguns profissionais, durante a colagem dos bráquetes, fotopolimerizam o sistema adesivo imediatamente após o posicionamento dos mesmos. No entanto, outros profissionais optam por posicionar todos os bráquetes de um semiarco, ou arco completo, mesmo não havendo conhecimento se essa fotopolimerização tardia possa influenciar na força de adesividade desses acessórios ortodônticos.

Neste sentido, Komori e Ishikawa (1999) avaliaram a resistência à tração e cisalhamento de um ionômero de vidro reforçado com resina e uma resina composta fotopolimerizável submetidos a vários intervalos de tempos entre mistura do material

---

---

e a exposição subsequente à luz (imediate, 10, 20 e 40 minutos após mistura do material). Os resultados demonstraram que o cimento de ionômero de vidro reforçado por resina e a resina composta com fotopolimerização imediata mostraram similares forças de cisalhamento. A resistência à tração e a força de cisalhamento do ionômero diminuíram quanto maior o intervalo de tempo de fotopolimerização. Na fotopolimerização tardia, a resina mostrou maior força de adesão do que o ionômero (KOMORI; ISHIKAWA, 1999).

Tauböck et al. (2011) investigaram a influência do atraso no tempo e da duração da fotoativação na microdureza de um compósito de resina de cura dupla. O atraso na exposição à luz não teve influência na microdureza, independentemente da profundidade. A fotoativação do composto de resina testado não proporcionou benefício clinicamente relevante em comparação com a autopolimerização em relação ao grau de endurecimento.

Khoroushi, Karvandi e Sadeghi (2012) avaliaram o efeito de pré-aquecimento e/ou atraso na ativação de luz na força de adesão de um ionômero de vidro modificado por resina. Concluiu-se que o atraso na fotoativação em 2 minutos melhorou significativamente a resistência da união do ionômero de vidro resinoso ao esmalte dentário.

Khoroushi, Hosseini-Shirazi e Soleimani (2013) avaliaram o efeito do pré-condicionamento e/ou da fotoativação retardada na resistência de união de três cimentos de ionômero de vidro resinosos ao esmalte dentário. Concluíram que o Ionolux e o Vitremer exibiram menor resistência de união ao esmalte com atraso na ativação da luz. No entanto, o atraso de 2 minutos na ativação da luz combinada com o pré-condicionamento ácido aumentou os valores de resistência de união ao esmalte apenas para o Fuji II LC.

Thomas et al. (2012), pesquisando sobre o efeito do tempo de iniciação da fotopolimerização e a força de ligação ortodôntica em um cimento de ionômero de vidro modificado por resina, concluíram que o atraso na fotopolimerização pode reduzir a eficiência da polimerização e alterar a estrutura do material, mas a resistência ao cisalhamento não foi comprometida.

---

---

No entanto, não é do conhecimento nenhum trabalho na literatura avaliando os efeitos do atraso no tempo para a fotopolimerização de resinas ortodônticas, na resistência ao cisalhamento de acessórios ortodônticos colados ao esmalte dentário.

Sendo assim, o presente estudo objetivou comparar a resistência ao cisalhamento de bráquetes colados ao esmalte dentário com fotopolimerização imediata e tardia de diferentes resinas ortodônticas.

## **2 PROPOSIÇÃO**

---

---

## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência ao cisalhamento de bráquetes colados ao esmalte dentário com fotopolimerização imediata e tardia com diferentes resinas ortodônticas.

# **3 MATERIAL E MÉTODOS**

---

---

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado o cálculo amostral para se determinar o número mínimo de espécimes em cada grupo. Foi considerando  $\alpha=5\%$  (erro tipo I),  $\beta=20\%$  (erro tipo II), um desvio padrão de 1,2 (KOMORI; ISHIKAWA, 1999), para se detectar uma diferença mínima de 1,45 Mpa para a resistência ao cisalhamento. Os resultados mostraram a necessidade de um número mínimo de 36 espécimes em cada grupo (12 espécimes em cada subgrupo).

A pesquisa laboratorial foi realizada, utilizando-se 108 dentes incisivos bovinos, divididos em 3 grupos de 36 dentes, um para cada tipo de resina utilizada. Os grupos de cada uma das resinas foi subdividido em 3 subgrupos, com fotopolimerização imediata (T0), com atraso de 5 minutos (T5) e com atraso de 10 minutos (T10). Desta forma, foram utilizados 12 dentes para cada tempo de cada resina, divididos conforme sorteio para randomização da amostra.

O Grupo 1 foi colado com a Resina Transbond XT (3M Unitek, Maplewood, EUA) (Fig. 1) e subdividido em três subgrupos: Subgrupo 1A para o tempo T0, Subgrupo 1B para o tempo T5 e Subgrupo 1C para o tempo T10.

O Grupo 2 utilizou a Resina Orthocem (FGM, Joinville, Brasil) (Fig. 1) e também subdividido em: Subgrupo 2A para o Tempo T0, Subgrupo 2B para o tempo T5 e subgrupo 2C para tempo T10.

O Grupo 3 foi colado com a Resina Natural Ortho (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) (Fig. 1), também subdividido em: Subgrupo 3A para o tempo T0, Subgrupo 3B para o tempo T5 e Subgrupo 3C para o tempo T10.



Figura 1 – Resinas utilizadas para a colagem dos bráquetes.

Os dentes bovinos foram armazenados em soro fisiológico, sob refrigeração. Os espécimes foram analisados com lupa e, aqueles com fissuras, ranhuras, trincas ou fraturas, foram descartados.

Os dentes tiveram suas coroas envoltas em resina acrílica autopolimerizável, de modo a expor uma janela de esmalte, permitindo que nela fosse colado o bráquete ortodôntico, utilizando-se uma placa de vidro para criar um plano tangente à superfície de esmalte.

Tais dentes tiveram, posteriormente, sua porção radicular inseridas numa base acrílica em um anel de PVC, utilizando-se um dispositivo de vidro, que permitiu o posicionamento do bráquete, de forma perpendicular à base de PVC (Fig. 2).



Figura 2 – Os anéis de PVC com os dentes posicionados, prontos para ser preenchidos com resina acrílica.

Todos os dentes envoltos na resina acrílica foram polidos com lixas de carbeto de silício de granulação decrescente (#600 e #1200) em politriz metalográfica (Aropol-2V, São Paulo, Brasil) (Fig. 3). Ao final do polimento, os espécimes foram submetidos a tratamento com feltros (TOP, RAM E SUPRA – Arotec, Cotia-SP) associados com pastas diamantadas (1, ½ e 1/4 $\mu$ ).

---

---



Figura 3 – Politriz Metalográfica.

Entre cada etapa do polimento, as amostras foram lavadas em cuba ultrassônica para limpeza. Foram submetidos à profilaxia, com escova de Robinson e pasta de pedra pomes e água, durante 10 segundos, sendo que cada escova de Robinson foi usada apenas em 4 espécimes; a superfície lavada com jato de ar e água destilada, durante 10 segundos e seca com lenço de papel.

Após a profilaxia, foi realizada a colagem dos bráquetes, respeitando as especificações do fabricante de cada resina ortodôntica utilizada. Foram utilizados bráquetes metálicos para incisivos inferiores, Roth Max (Morelli, São José do Rio Preto, São Paulo – Brasil – ref. 10.10.410) (Fig. 4), cuja área da base é 9,94 mm<sup>2</sup>.



Figura 4 – Bráquetes Roth Max para incisivos inferiores.

---

---

Para a colagem dos bráquetes, a superfície de esmalte foi condicionada com Condac 37, ácido fosfórico a 37% (FGM, Joinville, Brasil), por 15 segundos, depois lavada em água por 10 segundos, e submetida a secar com jato de ar, também por 10 segundos. Um microbrush foi utilizado para a aplicação do adesivo específico da resina Transbond XT, conforme a recomendação do fabricante. As resinas Orthocem e Natural Ortho não usam adesivos, conforme a bula dos fabricantes.

Após o posicionamento dos bráquetes com a resina, os excessos escoados foram removidos com sonda exploradora e observados os tempos para a fotopolimerização, de acordo com os subgrupos.

Para a fotopolimerização foi utilizado o aparelho fotopolimerizador DBA iLed CE, (Guangxi, China) (Fig. 5), por 12 segundos, divididos em 3 segundos para cada lado do bráquete: mesial, distal, superior e inferior, a uma distância de 3mm entre o feixe de luz e o bráquete, conforme instruções do fabricante.



Figura 5 – Fotopolimerizador.

Vinte e quatro horas após a colagem dos bráquetes, os corpos de prova foram levados ao laboratório e submetidos ao cisalhamento em máquina Universal de Ensaio EMIC® DL 500 (Emic Equipamentos e sistemas de Ensaio Ltda., São

---

---

José dos Pinhais, Brasil) (Figs. 6 e 7), a uma velocidade constante de 1mm/min. Uma célula de carga de 500N foi conectada ao computador, para que fosse registrada as forças de cisalhamento em Newtons pelo software TESC Emic (InterMetric, Mogi das Cruzes, Brasil). As forças em Newtons foram convertidas em Mpa pela fórmula  $Mpa=N/mm^2$ .



Figura 6 – Máquina Universal de Ensaios EMIC DL 500



Figura 7 – Vista aproximada do cisalhamento

Após a descolagem dos bráquetes, a superfície do esmalte e os bráquetes foram examinados em lupa estereoscópica, com finalidade de verificar o Índice de Remanescente Adesivo (IRA) (ARTUN; BERGLAND, 1984). O adesivo remanescente foi avaliado com escores variando de 0 a 3. O escore zero (0) indica que não há resina aderida à superfície de esmalte do dente; (1) indica que menos da metade da resina ficou aderida à superfície de esmalte do dente; (2) indica que mais da metade da resina ficou aderida à superfície do esmalte do dente; (3) indica que toda a resina ficou aderida ao esmalte dentário.

### 3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk, demonstrando distribuição normal, sendo recomendado o uso de testes paramétricos.

Foi utilizado o teste ANOVA a dois critérios de seleção para analisar o tempo para a fotopolimerização e o tipo de resina.

Para comparação entre os grupos de diferentes resinas em cada tempo para a fotopolimerização e entre os diferentes tempos para a fotopolimerização de cada tipo de resina, foi utilizado o teste ANOVA a um critério de seleção e teste de Tukey quando necessário.

Para a verificação das diferenças intergrupos do IRA, foi utilizado o teste qui-quadrado.

Os testes foram realizados com o software Statistica for Windows versão 10.0 (Statsoft, Tulsa, Okla, EUA) e os dados foram considerados significantes para  $p < 0,05$ .

---

---

# 4 RESULTADOS

---

---

## 4 RESULTADOS

Houve diferença com relação às variáveis: tipo de resina, tempo para a fotopolimerização e na interação entre ambas (Tabela 1).

Na comparação entre as resinas nos tempos 5 e 10 minutos, houve diferença significativa entre elas (Tabela 2). No T5, a resina Transbond XT apresentou a maior força de adesão, seguida pela resina Natural Ortho e pela resina Orthocem, que apresentou a menor força de adesão, com diferença significativa entre todas elas (Tabela 2). No T10, a resina Transbond XT apresentou força de adesão significativamente maior do que a resina Orthocem (Tabela 2).

Com relação à comparação entre os tempos, houve diferença estatisticamente significativa para a resina Transbond XT e para todas em conjunto (Tabela 3), sendo que a força de adesão no T10 foi significativamente maior do que no T0 (Tabela 3).

Na avaliação do Índice de Adesivo Remanescente, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos (Tabela 4).

**Tabela 1.** Resultados do teste ANOVA a dois critérios. Interação entre as diferentes resinas e tempos de fotopolimerização.

	GL	SS	MS	F	p valor
<b>Intercepto</b>	1	19778,02	19778,02	1654,68	<b>0,000*</b>
<b>RESINA</b>	2	602,55	301,28	25,20	<b>0,000*</b>
<b>TEMPO</b>	2	150,05	75,02	6,27	<b>0,002*</b>
<b>RESINA*TEMPO</b>	4	175,26	43,82	3,66	<b>0,007*</b>
<b>Erro</b>	99	1183,32	11,95		
<b>Total</b>	107	2111,18			

\* Estatisticamente significativa para  $p < 0,05$ .

**Tabela 2.** Análise da força de cisalhamento entre as diferentes resinas ortodônticas (N=12).

Força de cisalhamento (Mpa)	TRANSBOND	ORTHOCEM	NATURAL	p valor
	Média (d.p.)	Média (d.p.)	Média (d.p.)	
T0	12,80 (3,96)	9,83 (2,27)	12,96 (4,28)	0,071
T5	16,22 (3,17) A	10,27 (1,59) B	13,38 (3,00) C	<b>0,000*</b>
T10	19,36 (4,33) A	11,13 (3,77) B	15,80 (3,70) AB	<b>0,000*</b>

ANOVA a um critério de seleção e teste de Tukey

\* Estatisticamente significativa para  $p < 0,05$ .

Letras diferentes numa mesma linha indicam a presença de uma diferença estatisticamente significativa.

**Tabela 3.** Análise de variância da força de cisalhamento (Mpa) entre os tempos de fotopolimerização (N=12).

Força de cisalhamento (Mpa)	T0	T5	T10	P
	Média (d.p.)	Média (d.p.)	Média (d.p.)	
<b>TRANSBOND</b>	12,80 (3,96) A	16,22 (3,17) AB	19,36 (4,33) B	<b>0,000*</b>
<b>ORTHOCEM</b>	9,83 (2,27)	10,27 (1,59)	11,13 (3,77)	0,493
<b>NATURAL</b>	12,96 (4,28)	13,38 (3,00)	15,80 (3,70)	0,142
<b>TODAS</b>	11,86 (3,80) A	13,29 (3,58) AB	15,43 (5,13) B	<b>0,002*</b>

ANOVA a um critério de seleção e teste de Tukey

\* Estatisticamente significativa para  $p < 0,05$ .

Letras diferentes numa mesma linha indicam a presença de uma diferença estatisticamente significativa.

**Tabela 4.** Comparação do índice de remanescente de adesivo (IRA) entre os grupos (N=12) (teste qui-quadrado).

<b>Grupo</b>	<b>IRA</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>TRANSBOND XT T0</b>		11	1	0	0
<b>TRANSBOND XT T5</b>		9	1	0	2
<b>TRANSBOND XT T10</b>		10	2	0	0
<b>ORTHOCEM T0</b>		9	3	0	0
<b>ORTHOCEM T5</b>		10	2	0	0
<b>ORTHOCEM T10</b>		11	1	0	0
<b>NATURAL ORTHO T0</b>		12	0	0	0
<b>NATURAL ORTHO T5</b>		12	0	0	0
<b>NATURAL ORTHO T10</b>		11	1	0	0
	<b>X<sup>2</sup>=23,15</b>		<b>GL=16</b>		<b>P=0,109</b>

# 5 DISCUSSÃO

---

---

## 5 DISCUSSÃO

No presente estudo foram utilizados dentes bovinos. Várias pesquisas sustentam a utilização de dentes bovinos como alternativa aos dentes humanos, para os testes de adesão, desde que certos critérios sejam respeitados para minimizar as variáveis que podem interferir nos resultados (LAMOSA, 2001; NAKAMICHI; IWAKU; FUSAYAMA, 1983; OESTERLE; SHELHART; BELANGER, 1998; ROMANO et al., 2004).

No estudo de Nakamichi, Iwaku e Fusayama (1983), não foram encontradas diferenças significativas na adesão ao esmalte dentário humano e bovino em todos os materiais testados, possibilitando o uso do esmalte bovino nos diversos testes de adesão. Os dentes bovinos apresentam semelhança estrutural aos dentes humanos e facilidade de aquisição e manipulação (ROMANO et al., 2004).

Após a colagem dos bráquetes, os espécimes foram armazenados até o momento do cisalhamento, cujo tempo foi de 24 horas, baseado no estudo de Bishara et al. (1999), que constatou que as maiores forças de adesão foram obtidas após 24 horas de armazenamento.

As resinas Orthocem e a Natural Ortho foram selecionadas por serem comuns e muito utilizadas no mercado nacional e valor acessível quando comparada a resina Transbond XT que, além de ser uma das mais utilizadas pelos Ortodontistas, é considerada padrão ouro em termos de adesão (ROCHA et al., 2010; ISBER et al., 2011; PITHON et al., 2008; MAHMOUD et al., 2019). As resinas foram utilizadas de acordo com as recomendações específicas de cada fabricante, de forma a obter a melhor adesão possível e evitar influência de outras variáveis.

Comparando a força de cisalhamento entre as três resinas pesquisadas, não houve diferença estatisticamente significativa entre elas, logo após o posicionamento do bráquete (T0), houve diferença estatisticamente significativa entre as três resinas pesquisadas, sendo que a resina Transbond exibiu maior força, seguida pela resina Natural Ortho, e por último a resina Orthocem (Tabela 2). No T10, a resina Transbond XT apresentou diferença estatisticamente significativa com relação à resina Orthocem (Tabela 2) (CORRER SOBRINHO et al., 2001).

---

---

O bráquete ortodôntico deve possuir uma força adesiva que seja suficiente para suportar forças mastigatórias e a ativação da mecânica utilizada (FLEISHMANN et al., 2008). A força transmitida ao bráquete durante a mastigação varia de 40 a 120N, desta forma é desejável que um bráquete possua uma força de adesão ao esmalte dentário superior a 120N (ELIADES; BRANTLEY, 2000). Reynolds (1975) previamente descreveu que a força de adesão ideal mínima entre o esmalte e o bráquete deve ser de 5,9 a 7,8 MPa. Verifica-se com base em diversos estudos, que as forças ortodônticas verificadas clinicamente, geradas durante o tratamento podem variar entre 5 e 20 Mpa (BRADBURN, 1992; REZEK-LEGA; OGAARD, 1991; MESSERSMITH; DEVINE; ZIONIC, 1997; BISHARA et al., 1998; KEIZER; TEN CATE; AREND, 1976). Sendo assim, os valores de força de cisalhamento para todas as resinas e tempos avaliados foram adequados para o uso em colagem ortodôntica. Os valores médios encontrados na presente pesquisa variaram de 9,83 Mpa (Orthocem no T0) a 19,36 Mpa (Transbond XT no T10) (Tabela 2) (ISBER et al., 2011).

A força de adesão não precisa exceder a média para ser suficiente, uma vez que esses bráquetes serão removidos e não poderão causar danos ao esmalte dentário (GURAM; SHAIK, 2018).

A resina Transbond XT apresentou resultados superiores às demais, confirmando seu status de padrão ouro na literatura ortodôntica (ROCHA et al. 2010). A resina Natural Ortho apresentou resultados superiores à resina Orthocem, mas todas elas satisfizeram as necessidades clínicas com respeito à colagem de bráquetes ortodônticos (OWENS; MILLER, 2000), com adesão suficiente para resistir às forças ortodônticas.

Com relação à comparação entre os diferentes tempos de fotopolimerização, observa-se que todas as resinas isoladamente apresentaram força de cisalhamento crescente conforme o atraso na fotopolimerização aumentou, no entanto apenas com diferença significativa entre os tempos imediatamente após o posicionamento do bráquete e 10 minutos após (Tabela 3).

Para as resinas Orthocem e Natural Ortho, a força de cisalhamento numericamente também foi crescente conforme o maior atraso na fotopolimerização,

---

---

no entanto sem apresentar diferenças estatisticamente significantes entre os tempos (Tabela 3). Talvez o n de apenas 12 e o desvio padrão sejam responsáveis pela ausência de diferença estatística significativa nestas resinas.

Embora não seja do nosso conhecimento trabalhos avaliando o efeito do atraso na fotopolimerização na força de adesão de resinas ortodônticas, alguns poucos estudos com ionômeros de vidro resinosos indicavam essa tendência de aumento da adesividade (KHOROUSHI; KARVANDI; SADEGHI, 2012; KHOROUSHI, HOSSEINI-SHIRAZI; SOLEIMANI, 2013), enquanto outros indicavam não haver alteração (THOMAS et al., 2012) e outro ainda mostrou diminuição na adesividade (KOMORI; ISHIKAWA, 1999).

Com relação aos resultados do Índice de Remanescente Adesivo (IRA), não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, sendo que a grande maioria dos espécimes de todos os grupos, apresentaram ausência de material adesivo no esmalte após o cisalhamento, avaliado como escore 0 (Tabela 4).

Com a finalidade de avaliar a quantidade de resina adesiva que resta aderida ao esmalte dentário, após o cisalhamento, foi proposto por Artun e Bergland (1984), o Índice de Remanescente Adesivo (IRA), cujo resultado sugere a susceptibilidade de fratura de esmalte na remoção dos bráquetes.

É salutar que os valores do IRA sejam mais elevados, indicando que a ruptura se deu na interface bráquete/resina adesiva (PITHON et al., 2006), proporcionando maior segurança ao ortodontista, evitando fraturas no esmalte, mantendo a integridade do mesmo.

Objetivamente neste nosso estudo, foram obtidos escores mais baixos, em sua maioria escore 0 (zero) em todos os grupos, mostrando que o rompimento da adesão se deu na interface esmalte/resina, mas sem danos à superfície do esmalte; estes resultados foram confirmados por outro estudo (NEVES et al., 2013), inclusive para a resina Transbond XT.

Diferentemente de nossa especulação clínica de que a adesividade fosse diminuir, aumentando a soltura de bráquetes durante o tratamento ortodôntico, os resultados do presente estudo mostraram o contrário, aumento da força de adesão

---

---

com o maior atraso na fotopolimerização. Especula-se que isto possa ocorrer pela exposição da resina à presença da luz ambiente, dando início a uma fotoativação natural e contínua, que depois é completada pelo aparelho fotopolimerizador.

Nesse sentido, para iniciar a fotopolimerização da resina composta, é necessário que haja uma fonte de energia capaz de ativar o iniciador fotossensível, normalmente a canforoquinona. A habilidade em ativar o iniciador está intimamente ligada ao comprimento de onda emitido pelo fotopolimerizador. Elevando-se a intensidade da luz, aumenta-se o número de fótons emitidos, mas mantém-se o comprimento de onda, ou seja, a energia do fóton é determinada pela localização dentro do espectro eletromagnético e não pelo número de fótons presentes. (NAGEL, 1999; RUEGGERBERG, 1999).

Na clínica, durante a colagem ortodôntica, o paciente fica deitado, e muitos dos acessórios são posicionados na vertical ou inclinados em relação ao solo, sofrendo ação da força da gravidade, e podem sofrer pequenos movimentos de deslize no esmalte da coroa dentária após o correto posicionamento. Essa pequena alteração de posição muitas vezes pode não ser percebida pelo ortodontista e pode ocorrer após a fotoativação inicial dada pela luz ambiente, causando, talvez, uma diminuição na adesividade. No presente estudo laboratorial, os bráquetes, após posicionados, ficaram estáticos em posição vertical, e, portanto, nenhuma movimentação nem alteração da posição ocorreu.

Desta forma, quando se optar por uma fotopolimerização tardia, após o posicionamento de acessórios ortodônticos em um hemiarco ou em um arco completo, deve-se cuidar para evitar que os bráquetes sofram algum deslocamento, pois especula-se que isso possa diminuir a adesividade, mesmo sabendo-se que a fotopolimerização tardia a faz aumentar.

---

---

## **6 CONCLUSÃO**

---

---

## **6 CONCLUSÃO**

O atraso na fotopolimerização tende a aumentar a força de adesão de resinas ortodônticas, visto que houve diferença significativa entre a fotopolimerização imediata e com atraso de 10 minutos, quando comparadas todas as resinas em conjunto.

# REFERÊNCIAS

---

---

## REFERÊNCIAS

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, 1984.

BISHARA, S.E. et al. Effect of time on the shear bond strength of glass ionomer and composite orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v.116, n.6, p.616-20, 1999.

BISHARA, S.E. et al. Evaluation of a new light-cured orthodontic bonding adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v.114, p.80-87, 1998.

BRADBURN, G.B.; PENDER, N. Na in vitro study of the bond strength of two light-cured composites used in the direct bonding of orthodontic brackets to molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v.102, p.418-26, 1992.

CORRER SOBRINHO, L. et al. Avaliação da resistência ao cisalhamento na colagem de bráquetes, utilizando diferentes materiais. *Rev Assoc Bras Odontol*. v.9, n.3, p.157-62, 2001.

CORRER SOBRINHO, L. et al. Influência do tempo pós-fixação na resistência ao cisalhamento de bráquetes colados com diferentes materiais. *Pesqui Odontol Bras*, v.16, n.1, p.43-49, jan/mar. 2002.

ELIADES, T.; BRANTLEY, W.A. The inappropriateness of conventional orthodontic bond strength assessment protocols. *Eur J Orthod*, v.22, n.1, p.13-23, 2000.

FLEISCHMANN, L. A. et al. Estudo Comparativo de seis tipos de bráquetes ortodônticos quanto à força de adesão. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, v.13, n.4, p.107-16, 2008.

GURAM, G.; SHAIKE, J.A. Comparison of Light-Emitting Diode-Curing Unit and Halagen-Based Light-Curing Unit for the Polymerization of Orthodontic Resins: Na. *J Int Soc Prev Community Dent*, v.8, n.5, p.409-415, 2018.

ISBER, H.; et al. Comparative in vitro study of the shear bond strength of brackets bonded with restorative and orthodontic resins. *Braz Oral Res*, v.25, n.1, p.49-55, 2011.

---

KEIZER, R.; TEN CATE, J.M.; AREND, J. Direct bonding of orthodontic brackets. *Am J Orthod*, v.69, p.318-27, 1976.

KHOROUSHI, M.; HOSSEINI-SHIRAZI, M.; SOLEIMANI, H. Effect of acid pre-conditioning and/or delayed light irradiation on enamel bond strength of three resin-modified glass ionomers. *Dent Res J*, v.10, n.3, p.328-336, 2013.

KHOROUSHI, M.; KARVANDI, T. M.; SADEGHI, R. Effect of prewarming and/or delayed light activation on resin-modified glass ionomer bond strength to tooth structures. *Oper Dent*, v.37, n.1, p.54-62, 2012.

KOMORI, A.; ISHIKAWA, H. The effect of delayed light exposure on bond strength: Light cured resin-reinforced glass ionomer cement vs light-cured resin. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v.116, n. 2, p.139-45, 1999.

LAMOSA A.C. Comparação da dentina de dentes humanos e de dentes bovinos através de microscopia eletrônica de varredura. [Dissertação] Rio de Janeiro (RJ): Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2001.

MAHMOUD, G.A. et al. Characteristics of adhesive bonding with enamel deproteinization. *Dental Press J Orthod*, v.24, n.5, p.29.e1-29.e8, 2011.

MESSERSMITH, M.; DEVINE, S.; ZIONIC, A.E. Effects of tooth surface preparation on the shear bond strength of resin-modified glass ionomer cements. *J Clin Orthod*, v.21, p.503-9, 1997.

MORAES, R. R. et al. Impact of immediate and delayed light activation on self-polymerization of dual-cured dental resin luting agents. *Acta Biomater*, v.5, n.6, p.2095-100, 2009.

NAGEL, R. Operation and diagnostic features of the VIP light. *Compend Cont Educ Dent*, v.20, n.25, p.34-41, 1999.

NAKAMICHI, I.; IWAKU, M.; FUSAYAMA, T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res*, v.62, n.10, p.1076-81, 1983.

NEVES, M. G. et al. In vitro analysis of shear bond strength and adhesive remnant index comparing light curing and self-curing composites. *Dental Press J Orthod*, v.18, n.3, p.124-9, Mai/Jun 2013.

OESTERLE, L.J.; SHELHART, W.C.; BELANGER, G.K. The use of bovine enamel in bonding studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v.114, n.5, p.514-9, 1998.

---

OWENS, S.E.; MILLER, B.H. A comparison of shear bond strengths of three visible light-cured orthodontic adhesives. *Angle Orthod*, v.70, n.5, p.352-6, 2000.

PITHON, M. M. et al. Estudo comparativo in vitro da resistência ao cisalhamento da colagem e do índice de remanescente adesivo entre os compósitos Concise e Fill Magic. *R. Dental Press Ortodon Ortop Facial*, v.11, n.4, p.76-80, jul/ago 2006.

PITHON, M. M. et al. Avaliação da resistência ao cisalhamento do compósito Orthobond em diferentes condições. *RGO*, v.56, n.4, p.405-410, out/dez. 2008.

REYNOLDS, I.R. A Review of Direct Orthodontic Bonding. *Br J Orthod*, v.2, n.3, p.171-8, 1975.

REZEK-LEGA, F.; OGAARD, B. Tensile bond force of glass ionomer cements in direct bonding of orthodontic brackets: an in vitro comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v.100, p.357-61, 1991.

RIBEIRO, J. L. O. et al. Avaliação da resistência adesiva e do padrão de descolagem de diferentes sistemas de colagem de bráquetes associados à clorexidina. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, v.13, n.4, p.117-26, 2008.

ROCHA, L. M. M. et al. Avaliação in vitro da resistência ao cisalhamento de três materiais adesivos na colagem de bráquetes ortodônticos. *RPG Rev Pós Grad*, v.17 p.63-68, 2010.

ROMANO, F.L. et al. Análise in vitro da resistência ao cisalhamento de bráquetes metálicos colados em incisivos bovinos e humanos. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, v.9, n.6, p.63-9, 2004.

RUEGGBERG, F. Contemporary issues in photocuring. *Compend Cont Educ Dent*, v.20, n.25, p.4-15, 1999.

TAUBÖCK, T.T. et al. Influence of the interaction of light- and self-polymerization on subsurface hardening of dual-cured core build-up resin composite. *Acta Odontol Scand*, v.69, p.41-7, 2011.

THOMAS, J.T. et al. Effect of light-cure initiation time on polymerization efficiency and orthodontic bond strength with a resin-modified glass-ionomer. *Orthod Craniofac Res*, v.15 n.2, p.124-34, 2012.

---