

**LUCIANA MARCONDES SARMENTO TORRES**

**RESISTÊNCIA ADESIVA DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS  
COLADOS COM SISTEMAS ADESIVOS CONVENCIONAIS E  
AUTO-CONDICIONANTES AO ESMALTE BOVINO APÓS  
CICLOS TÉRMICOS E TERMOMECÂNICOS**



**2011**

**LUCIANA MARCONDES SARMENTO TORRES**

**RESISTÊNCIA ADESIVA DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS  
COLADOS COM SISTEMAS ADESIVOS CONVENCIONAIS E AUTO-  
CONDICIONANTES AO ESMALTE BOVINO APÓS CICLOS TÉRMICOS  
E TERMOMECÂNICOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade Dentística.

Orientadora: Profa. Adj. Rebeca Di Nicoló

São José dos Campos

2011

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:  
Alvarez S, Coelho DCAG, Couto RAO, Durante APM. Guia prático para  
Normalização de Trabalhos Acadêmicos da FOSJC. São José dos  
Campos: FOSJC/UNESP; 2010.

T636e Torres, Luciana Marcondes Sarmento.  
Resistência adesiva de bráquetes ortodônticos colados com sistemas  
adesivos convencionais e auto-condicionantes ao esmalte bovino após ciclos  
térmicos e termomecânicos / Luciana Marcondes Sarmento Torres . \_\_ São  
José dos Campos : [s.n.], 2011  
107f. : il.

Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora) – Faculdade de  
Odontologia de São Jose dos Campos, Universidade Estadual Paulista, 2011.  
Orientador: Profa. Dra. Rebeca Di Nicoló

1. Resistência ao cisalhamento. 2. Ortodontia. I. Di Nicoló, Rebeca. II.  
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Odontologia de São José dos  
Campos. III. Título

tD15

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da  
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

## AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio  
convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

São José dos Campos, 29 de junho de 2011.

Assinatura :

E-mail: odonto@lucianatorres.com

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Adj. Rebeca Di Nicoló** (Orientadora)

Faculdade de Odontologia de São José dos Campos

UNESP - Univ Estadual Paulista

**Prof. Adj. Clovis Pagani**

Faculdade de Odontologia de São José dos Campos

UNESP - Univ Estadual Paulista

**Profa. Dra. Daniela Raggio**

Faculdade de Odontologia de São Paulo

USP – Universidade de São Paulo

São José dos Campos, 29 de junho de 2011

## *AGRADECIMENTOS*

*Aos meus pais, Antonio Cláudio e Marília, agradeço por todo apoio, incentivo e amor que me é transmitido. Eles são as peças principais da minha vida. Sem eles essa etapa não estaria cumprida.*

*Aos meus irmãos Gabriel e Carolina, e ao meu cunhado Mário Sérgio, que sempre presentes demonstram todo seu carinho.*

*À Faculdade de Odontologia do Campus de São José dos Campos da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, pela oportunidade de realizar este trabalho.*

*Aos Professores do Departamento de Odontologia Restauradora César Rogério Pucci, Carlos Rocha Gomes Torres, Alessandra Bühler Borges, por toda a ajuda e confiança que me dedicaram. Em especial, ao professor Clovis Paganí, que além de tudo se tornou um grande amigo, pois esteve muito próximo e presente durante toda essa caminhada.*

*À querida orientadora e amiga, Professora Rebeca Di Nicoló por todo apoio, carinho e confiança que me foi depositado. Sua orientação foi sempre pertinente e agradeço todo seu incentivo para a realização desta pesquisa.*

*Aos professores da Disciplina de Odontopediatria que também auxiliaram muito, Marcelo Fava e Sílvio Issão Myaki.*

*Às funcionárias do Departamento de Odontologia Restauradora Rosângela da Silva de Melo, Josiana Maria Alves Carneiro, Fernanda Maria de Brito Cunha, que de alguma forma me auxiliaram na parte laboratorial. Agradeço sua ajuda e disposição.*

*Ao Prof. Ivan Balducci pela condução da avaliação estatística.*

*Aos queridos amigos e professores de Dentística da Universidade Santa Cecília, Renato e Renata Zanini, Patrícia e Mario Sérgio Sandoval e Ana Maria Antunes por todo conhecimento e carinho que transmitiram.*

*À Maria Lúcia Brison de Mattos que com tanto cuidado e atenção ajudou a realizar as fotomicrografias no laboratório do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.*

*Às queridas colegas que conheci e hoje posso chamar de amigas, Nádia Ferreira, Mariana Diehl, Adriana Chung, Lílian Anami, Flávia Cardoso, Tatiane Rocha, Daphne Barcelos, Graziela Ribat, além de todo o pessoal das*

*Especialidades de Endodontia e Prótese, que mesmo não convivendo diariamente também podem ser considerados amigos.*

*Em especial à grande amiga Isabela, que se mostrou ser uma pessoa maravilhosa, me acolhendo desde o início e participando de cada detalhe dessa caminhada. Amizade que com certeza ficará guardada e será cultivada. Não menos importante, os amigos da Especialidade de Dentística, Eron e Rodrigo, que se mostraram prestativos, cuidadosos e também muito presentes nessa etapa.*

*À minha super amiga e confidente, Patrícia Pink, que me cativou desde o primeiro dia que nos conhecemos e se tornou o que pode ser considerado de melhor amiga, me ajudando e apoiando em todos os sentidos. Dividimos histórias, experiências e muitas risadas que ficarão guardadas na memória e no coração.*

*Às minhas sempre amigas, Talita Bender, Priscila Ribas, Priscila Lopes e Thaysa Greco pela amizade e apoio de sempre.*

*e*

*À Deus. Por tudo que sou, por tudo que tenho, por tudo que posso, por tudo...*

*“Sei que o meu trabalho é uma gota no oceano,  
mas sem ele, o oceano seria menor”*

*Madre Teresa de Calcutá*



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	09
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	12
RESUMO .....	13
ABSTRACT.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	21
2.1 Resistência ao cisalhamento.....	21
2.2 Termociclagem.....	26
2.3 Primer Auto-condicionante.....	39
2.4 Ciclagem Mecânica .....	47
3 PROPOSIÇÃO .....	51
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	52
4.1 Amostra.....	52
4.2 Material.....	53
4.3 Colagem dos bráquetes.....	54
4.4 Procedimento de colagem dos bráquetes.....	56
4.5 Termociclagem.....	57
4.6 Ciclagem termomecânica.....	58
4.7 Teste de resistência ao cisalhamento.....	59
4.8 Índice de Adesivo Remanescente.....	60
4.9 Análise em Microscópio Eletrônica de Varredura.....	62
4.10 Planejamento experimental.....	66
4.11 Análise estatística da resistência adesiva.....	66
5 RESULTADOS .....	67
5.1 Análise estatística descritiva.....	67
5.2 Análise estatística inferencial.....	68
5.3 Análise do Índice de adesivo Remanescente.....	71
5.4 Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura.....	75
6 DISCUSSÃO.....	81

<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>94</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>107</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Materiais utilizados: a) <i>Primer</i> Transbond XT; b) Transbond Plus Self-Etch <i>Primer</i> ; c) Adesivo Transbond XT.....	54
Figura 2 -	Corpos-de-prova montados para fadiga artificial: a) base de 45°; b) base e CP instalados no interior da máquina de fadiga.....	57
Figura 3 -	Corpos-de-prova montados para fadiga mecânica: a) pistão incidindo sobre o bráquete; b) CPs instalados no interior da máquina de fadiga.....	58
Figura 4 -	a) Corpo-de-prova montado em aparato para realização do ensaio de cisalhamento; b) Lâmina biselada incidindo sobre o bráquete para o ensaio de cisalhamento.....	60
Figura 5 -	Estereomicroscópio com câmera digital acoplada para a realização das fotomicrografias.....	61
Figura 6 -	Escala do Índice de Adesivo Remanescente.....	61
Figura 7 -	a) Máquina MicroMill; b) Trefina realizando corte da região do esmalte; c) e d) secção do esmalte na região dos bráquetes.....	62
Figura 8 -	Evaporador de alta pressão DV – 502-Dentron NJ. Onde os CPs foram metalizados com ouro para tornarem-se condutores.....	63
Figura 9 -	Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) onde foi realizada a análise microscópica.....	64
Figura 10 -	Delineamento experimental.....	65

Figura 11 - Efeito Ciclagem segundo o Tipo de <i>Primer</i> . Gráfico de colunas (média $\pm$ desvio padrão) dos valores de resistência adesiva obtidos em 15 bráquetes no ensaio de cisalhamento segundo o tipo de primer (Transbond XT e Transbond Plus SEP) e três diferentes tipos de ciclagem (Sem Ciclagem, Ciclagem Termomecânica e Ciclagem Térmica).....	68
Figura 12 - Efeito Ciclagem. Gráfico de médias dos valores de resistência obtidos nos braquetes durante o ensaio de cisalhamento (MPa), segundo o efeito do Tipo de Ciclagem.....	70
Figura 13 - Distribuição da freqüência dos índices de adesivo remanescente segundo o Tipo de adesivo e Tipo de Ciclagem.....	72
Figura 14 - Distribuição da freqüência do Índice de Adesivo Remanescente = 0.....	73
Figura 15 - Distribuição da freqüência do Índice de Adesivo Remanescente = 1.....	73
Figura 16 - Distribuição da freqüência do Índice de Adesivo Remanescente = 2.....	74
Figura 17 - Distribuição da freqüência do Índice de Adesivo Remanescente = 3.....	75
Figura 18 - Seções de esmalte posicionadas em <i>stub</i> após <i>sputtering</i> ..	76
Figura 19 - Macro imagem com aumento de 15x da secção de esmalte do grupo SEP/CT.....	76
Figura 20 - Macro imagem com aumento de 15x da secção de esmalte do grupo SEP/CTM.....	77
Figura 21 - Micro imagens do grupo XT/CT: a) aumento de 100x mostrando quantidade de trincas; b) aumento de 500x; c) aumento de 2000x no detalhe da trinca.....	78

Figura 22 - Micro imagens do gupo XT/CTM: a) aumento de 100x mostrando quantidade de trincas; b) aumento de 500x; c) aumento de 2000x no detalhe da trinca.....	79
Figura 23 - Micro imagens do gupo SEP/SC: a) aumento de 100x mostrando quantidade de trincas; b) aumento de 500x; c) aumento de 2000x no detalhe da trinca.....	80

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Materiais utilizados na colagem dos bráquetes ortodônticos.....	53
Quadro 2 - Divisão dos grupos experimentais.....	55
Tabela 1 - Média ( $\pm$ desvio padrão) dos valores de cisalhamento (MPa) obtidos, segundo as condições experimentais estabelecidas pelo Tipo de <i>Primer</i> e Tipo de Ciclagem.....	67
Tabela 2 - ANOVA (2-fatores) para os dados (MPa) obtidos no ensaio de cisalhamento.....	69
Tabela 3 - Formação de grupos de mesmo desempenho, após a aplicação do teste de Comparação Múltipla de Tukey (5%).....	71
Tabela 4 - Distribuição da freqüência absoluta e relativa do IAR para os grupos Tipo de <i>Primer</i> e Tipo de Ciclagem.....	72
Tabela 5 - Valores obtidos com o <i>primer</i> Transbond XT de acordo com o Tipo de Ciclagem.....	105
Tabela 6 - Valores obtidos com <i>primer</i> Transbond Plus SEP de acordo com o Tipo de Ciclagem.....	106

Torres LMS. Resistência adesiva de bráquetes ortodônticos colados com sistemas adesivos convencionais e auto-condicionantes ao esmalte bovino após ciclos térmicos e termomecânicos [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2011.

## RESUMO

Este estudo *in vitro* teve como objetivo avaliar a influência das ciclagens térmica e termomecânica na resistência adesiva de bráquetes colados em esmalte bovino com *primers* convencionais e auto-condicionantes. Noventa incisivos bovinos foram aleatoriamente divididos em 2 grupos (G), de acordo com o *primer* utilizado: **XT** (n=45) – bráquetes colados com *primer* convencional (Transbond XT/3M, Unitek); **SEP** (n=45) – bráquetes colados com *primer* auto-condicionante (Transbond Plus SEP/3M, Unitek). Após a colagem dos bráquetes, cada grupo foi subdividido em 3 subgrupos (n=15): **SC** (sem ciclagem) – as amostras não receberam nenhum tipo ciclagem; **CT** (ciclagem térmica) – as amostras receberam apenas ciclagem térmica (500 ciclos de 5<sup>o</sup>C a 55<sup>o</sup>C); **CTM** (ciclagem termomecânica) – as amostras receberam ciclagem termomecânica (100.000 ciclos de 5<sup>o</sup>C a 55<sup>o</sup>C). A seguir, foi realizado o teste de cisalhamento em uma máquina de ensaios universal (EMIC) a uma velocidade de 1mm/min com célula de carga de 100kg. Após o descolamento dos bráquetes, amostras de cada grupo foram submetidas à avaliação microscópica em microscópio eletrônico de varredura, a fim de analisar a superfície do esmalte e quantificar o Índice de Adesivo Remanescente (IAR) sobre a superfície. Os resultados mostraram que o grupo SEP apresentou maior resistência adesiva (14,70±4,85 MPa) quando comparado com o grupo XT (11,27±4,48 MPa). Para os grupos XT, a resistência adesiva manteve-se semelhante independente do tipo de ciclagem (SC, 11,44 MPa; CT, 11,20 MPa; CTM, 11,19 MPa), enquanto que para os grupos SEP o subgrupo CTM foi o que apresentou maiores valores de resistência adesiva (16,84 MPa), seguido do CT (14,99 MPa) e SC (12,26 MPa). O teste ANOVA - 2 fatores revelou que o efeito interação não é estatisticamente significativo; indicando, assim, que o efeito do tipo de ciclagem para o grupo XT é o mesmo efeito para o grupo SEP. Assim como o efeito do tipo de ciclagem também não apresenta diferença estatisticamente significativa entre os grupos XT e SEP. E ainda, que o efeito, tipo de *primer* (XT vs SEP) é estatisticamente significativo. Em relação ao IAR o grupo que apresentou maior quantidade de adesivo remanescente sobre a superfície de esmalte foi SEP/CTM (IAR=3). Os

resultados mostram que *primers* auto-condicionantes podem ser utilizados na prática ortodôntica já que apresentam adequados valores de resistência adesiva mesmo sob fadiga térmica ou termomecânica, e ainda com a vantagem de simplificação da técnica, eliminando uma das etapas clínicas.

Palavras-chave: Resistência ao cisalhamento, Ortodontia.



Torres, LMS. *Effect of thermal and thermomechanical cycling on shearbond strenght of orthodontic brackets bondend with conventional and self-etching primers [dissertation].* São José dos Campos: School of Dentistry of São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2011.

## **ABSTRACT**

*The aim of this in vitro study was to evaluate the influence of thermal and thermomechanical cycling on shearbond strength of orthodontic brackets bonded with conventional and self-etching primers. 90 bovine incisors were randomly divided into 2 groups (G) according to the primer: **XT** (n=45) – brackets bonded with conventional primer (Transbond XT/3M, Unitek); **SEP** (n=45) – brackets bonded with self-etching primer (Transbond Plus SEP/3M, Unitek). After bonding, each group were divided into 3 subgroups (n=15): **NC** (no cycling) – the specimens did not receive any kind of cycling; **TC** (thermal cycling) – the specimens received only thermal cycling (500 cycles); **TMC** (thermomechanical cycling) – the specimens received thermomechanical cycling (100.000 cycles). Next, the shearbond strength test was performed in a universal testing machine (EMIC) at a crosshead speed of 1mm/min. After debonding, specimens of each group were submitted to microscopic evaluation in order to analyze the enamel surface, the adhesive penetration and quantify the Adhesive Remaining Index (ARI). The results showed that the SEP group presented higher bond strength ( $14,70\pm 4,85$  MPa) compared with XT ( $11,27\pm 4,48$  MPa). For XT, the bond strength remained similar despite cycling (NC, 11,44 MPa; TC, 11,20 MPa; TMC, 11,19 MPa), meanwhile for SEP, the subgroup TMC showed higher values of bond strength (16,84 MPa), followed by TC (14,99 MPa) e NC (12,26 MPa). 2-way ANOVA test indicated that the interaction effect is not statistically different, so the kind of cycling effect for XT is equal for SEP. But the primer effect (XT vs SEP) is stastically significant. According to the ARI , the group that presented the highest remaining adhesive on the enamel surface was SEP/TMC (ARI=3). The results showed that self-etching primers can be safely used in orthodontic practice because presents adequate values of bond strength even under thermal or thermomechanical fatigue, and with the advantage of simplifying the techniqe, eliminating one of the clinical steps.*

*Keywords: Shearbond strength, Orthodontics.*

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a Odontologia passa por constante estado de desenvolvimento a fim de aprimorar materiais, procedimentos e técnicas que possibilitem a simplificação dos métodos convencionais e minimizem os efeitos adversos que muitas vezes são provocados à estrutura dental.

Uma das grandes preocupações para o clínico atual é a de obter a adesão de materiais à estrutura dentária, uma vez que tal adesão é necessária para a realização de procedimentos preventivos e restauradores.

Desde que Buonocore introduziu a técnica de condicionamento ácido em 1955, o conceito de adesividade de resina em esmalte (Buonocore, 1955) desenvolveu aplicações em todos os campos da Odontologia, incluindo adesão de bráquetes ortodônticos. Desde sua introdução no mercado, o ácido fosfórico é considerado como o de eleição para a técnica de condicionamento ácido total. Moin e Dogan, em 1974, estudaram os efeitos de várias concentrações de ácido fosfórico na superfície do esmalte. Encontraram que a forma mais consistente e adequada para os padrões de condicionamento ácido eram obtidas com a aplicação de ácido fosfórico em concentrações entre 30% e 40%. A camada superficial de esmalte que é alterada durante o condicionamento ácido, é estimada a variar entre 10 a 30 $\mu$ m, enquanto que a limpeza da superfície após a descolagem do adesivo pode remover até 55,6 $\mu$ m da superfície do esmalte (Moin, Dogan, 1974).

A colagem direta de bráquetes ortodônticos ao esmalte dental utilizando-se a técnica de condicionamento ácido, aplicação de adesivo e resina composta fotoativada foi iniciada no final da década de 1970, tornando-se um padrão na prática clínica e o método mais popular para a

colagem de bráquetes (Zachrisson, 1994). A colagem direta apresenta várias vantagens como melhorias na estética, melhores condições de higiene e eliminação de separação dentária com uso de espaçadores quando colocadas bandas ortodônticas (Fields, 1882; Trimpeneers et al., 1996). As desvantagens desse sistema incluem perda de esmalte durante o condicionamento ácido, perda da camada rica em flúor na superfície do esmalte após a remoção do bráquete e desmineralização do esmalte ao redor do bráquete ortodôntico (Zachrisson BU, Zachrisson S, 1971; Ogaard et al., 1988).

Vários sistemas adesivos resinosos foram desenvolvidos na última década. Esses sistemas podem ser divididos em duas categorias de acordo com suas aplicações clínicas. Os sistemas da primeira categoria incluem condicionamento do esmalte com ácido fosfórico seguido de aplicação de *primer*/adesivo resinoso. Os da segunda categoria incluem um *primer* auto-condicionante que combina condicionamento com ácido e a ação do *primer* em um único procedimento, seguido da aplicação de adesivo resinoso. Mesmo que o condicionamento com ácido fosfórico seja o método mais frequentemente utilizado para a preparação do esmalte, o prejuízo ao esmalte pela descolagem ainda é um grande problema clínico. Em contraste, os *primers* auto-condicionantes mostram menor capacidade de condicionamento devido ao seu pH ser relativamente maior comparado aos ácidos fosfóricos, assim, minimizando prejuízos ao esmalte (Urabe et al., 1997).

A fim de reduzir o tempo de sessão clínica, esse novo grupo de adesivos foi introduzido no mercado e denominados “auto-condicionantes” (Miller, 2001). Esses sistemas combinam, simultaneamente, ácido e *primer* em uma única solução (permitindo a eliminação do condicionamento ácido e lavagem requerido pelo sistema de união convencional). Sendo assim, os *primers* auto-condicionantes (*self-etch primers* – SEP) podem simultaneamente condicionar e infiltrar a superfície do esmalte (Van Meerbeeck et al., 2003).

Geralmente, os *primers* auto-condicionantes contém uma mistura alcoólica de monômeros ácidos e outros constituintes que permitem a difusão dos monômeros e a dissolução parcial da hidroxiapatita simultaneamente, resultando em uma zona de resina infiltrada preenchida com minerais (Van Meerbeck et al., 1998; Kanemura et al., 1999). Essa tentativa em criar adesão ao esmalte, sem o passo de condicionamento ácido distinto, seguido da sua necessidade de lavagem e secagem das superfícies, tem ganhado maior atenção como uma alternativa à técnica convencional de condicionamento e adesivo (Zafer et al., 2005).

Com relação aos materiais restauradores, ainda há certa preocupação de que os fabricantes têm sacrificado a resistência adesiva no esforço de simplificar a aplicação clínica (Miyazaki et al., 1999; Pashley, Tay, 2001). É considerado que, para se obter sucesso numa adesão clínica, os valores de resistência adesiva devem variar entre 6 a 8 MPa (Carstensen, 1993).

Os *primers* auto-condicionantes apenas foram introduzidos na Ortodontia recentemente. Um desses sistemas é o conhecido Transbond Plus SEP (3M, Unitek, Monrovia, California, USA). Esse material contém monômeros ácidos e um pH de aproximadamente 1.0. O grupo de fosfatos dissolve o cálcio e o remove da hidroxiapatita. Ao invés de ser lavado, como o ácido fosfórico, o cálcio forma um complexo com o grupo fosfato e é incorporado no complexo hibridizado após a fotopolimerização (Reis et al., 2008). Tais *primers* combinam o condicionamento e agentes adesivos em uma única solução ácida e apresentam vantagens como menor perda de estrutura de esmalte, prevenção de contaminação por saliva e menor tempo de sessão clínica (Vicente et al., 2005; Tecco et al., 2005).

A colagem de bráquetes ortodônticos à superfície de esmalte, é um procedimento necessário para a realização do tratamento clínico, no entanto, tal colagem é temporária, uma vez que os bráquetes são removidos ao final do tratamento. Um dos principais objetivos ortodônticos

é que a superfície do esmalte retorne ao seu estado original após a remoção dos dispositivos ortodônticos. Já foi amplamente reportado que o condicionamento com ácido fosfórico promove uma maior perda de estrutura de esmalte (Eminkahyagil et al., 2006; Kim et al., 2005). Em contraste, um condicionamento mais suave pode ser obtido com *primers* auto-condicionantes e, conseqüentemente uma menor perda de estrutura dentária é perdida (Vilchis et al., 2009).

Na cavidade oral, os bráquetes estão sujeitos a uma variedade de forças. A resistência adesiva é influenciada por inúmeros fatores como a área de superfície, procedimentos condicionantes, tipo de adesivo utilizado, *design* da base do bráquete e protocolo de adesão. Idealmente, um bráquete ortodôntico deve exercer uma boa força ortodôntica, suportar as cargas da força mastigatória, e ser facilmente removido ao final do tratamento sem causar injúrias à superfície dental (Mehta et al., 2008). Entretanto, a maioria dos estudos *in vitro* não utilizou nenhum tipo de fadiga artificial previamente ao teste de adesão, sendo assim, alguns autores recomendam as ciclagens térmica e/ou termomecânica a fim de considerar a real durabilidade da adesão (Schaneveldt, Foley, 2002).

As pesquisas têm principalmente se concentrado em avaliar a segurança dos sistemas adesivos na possibilidade de diminuir os danos causados ao esmalte durante a remoção dos bráquetes, e na simplificação das técnicas adesivas. Para investigar a adesividade de materiais para colagem ortodôntica, é necessário analisar sua *performance* em relação ao estresse envolvido no sistema bráquete-adesivo-dente (Bishara et al., 1999). Desta forma, o presente estudo visa avaliar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos colados com *primers* convencionais e *primers* auto-condicionantes, submetidos ao envelhecimento artificial através de ciclos térmicos e termomecânicos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Resistência ao cisalhamento

Trimpeneers et al. (1996) realizaram experimento *in vitro* afim de comparar resistência adesiva em esmalte bovino utilizando adesivos ortodônticos como Lee Insta-bond (LiB), Rely-a-Bond (RaB), Right-On (Ro), Concise (Cc), Concise com método de mistura (Cab), Super C (Sc), Orthon (Or), e o cimento de ionômero de vidro Ketac-Cem (KC). As superfícies foram examinadas após o descolamento com o intuito de determinar os locais das falhas. Os resultados indicaram diferença significativa entre a resistência adesiva obtida com os diferentes tipos de cimentos, sendo que a média da resistência adesiva ao cisalhamento diminui na ordem de (Ro~Cab~Sc) > (LiB~Rab~Cc) > Or > KC. Ainda, para Cab e Sc foi encontrado que a resistência adesiva ao cisalhamento pode variar dependendo do local no dente bovino. O local da falha foi essencialmente na interface resina-bráquete, exceto pelo Concise onde apenas 50% dos casos falharam nessa interface.

O propósito do estudo de Cacciafesta et al. (1998), foi avaliar a resistência adesiva de quatro cimentos de ionômero de vidro fotopolimerizáveis utilizados na cimentação de bráquetes cerâmicos, e comparar os resultados com uma resina pasta/pasta quimicamente polimerizável. Dois bráquetes cerâmicos policristalinos, comercialmente disponíveis, com bases com retenção tanto química quanto mecânica, foram avaliados. Os bráquetes foram aderidos a incisivos bovinos, e, após serem armazenados em água destilada a temperatura ambiente durante

24h, foram subseqüente testados em uma máquina de ensaios universal para o teste de cisalhamento. O valor máximo de resistência adesiva e o local da falha adesiva foram gravados. Com a base mecanicamente retentiva, Fuji Ortho LC apresentou a maior resistência adesiva (18,50 MPa), o que não foi significativamente diferente dos valores alcançados com Concise (14,88 MPa) ( $P > 0,1$ ) e Photac Bond (13,86 MPa) ( $P = 0,1$ ). O menor valor de resistência adesiva foi avaliado na amostra utilizando Iocomp A20 (3,21 MPa). Três cimentos (Dyract Ortho, Iocomp A20 e Fuji Ortho LC) apresentaram alta resistência adesiva com o sistema de retenção mecânica, enquanto Concise e Photac Bond apresentaram maior resistência adesiva quando utilizados os bráquetes com bases tratadas com silano. No entanto, as forças foram estatisticamente diferentes apenas para Iocomp A20 ( $P = 0,001$ ) e Concise ( $P = 0,001$ ). Com as bases retentivas mecanicamente, Dyract Ortho e Iocomp A20 falharam na interface esmalte/adesivo, enquanto Photac Bond e Concise descolaram na interface bráquete/adesivo. Fuji Ortho LC falhou em ambas interfaces: bráquete/adesivo (40%) e esmalte/adesivo (60%). Com a base quimicamente retentiva, todos os adesivos falharam na interface esmalte/adesivo. Apenas um bráquete foi fraturado nesse estudo, e nenhuma injúria ao esmalte foi detectada.

Summers et al. (2004) realizaram experimento *in vitro* e *in vivo* comparando a resistência adesiva entre o método adesivo convencional e cimento de ionômero de vidro resino-modificado. Os objetivos desse estudo foram (1) comparar *in vivo* a taxa de sobrevivência de bráquetes cimentados com CIVRM (Fuji Ortho LC; GC América, Alsip, III) após condicionamento com ácido poliacrílico a 10% e um sistema adesivo convencional (Light Bond; Reliance Orthodontic Products, Itasca, III) utilizando condicionamento com ácido fosfórico a 37%, (2) comparar a resistência *in vitro* ao cisalhamento entre os dois adesivos, (3) determinar o nível de falha *in vivo* e *in vitro* através do índice de adesivo



remanescente (IAR) e (4) comparar as mudanças na morfologia da superfície após o condicionamento com os ácidos, com microscópio eletrônico. No estudo *in vitro*, 50 pré-molares extraídos foram divididos aleatoriamente em 4 grupos: bráquetes cimentados com Fuji Ortho ou Light Bond que foram descolados após 30 minutos ou 24h. A resistência adesiva foi determinada por uma máquina a uma velocidade de 1mm/min. Os dados foram avaliados com análise de variância e teste *t* Student. O estudo *in vivo* consistiu em 398 dentes que foram aleatoriamente colados com Fuji Ortho e Light Bond pela técnica da boca dividida. As taxas de sobrevivência e distribuição foram acompanhadas durante 1,3 anos. Os dados foram analisados com Kaplan-Meier. Os resultados do estudo *in vitro* mostraram diferenças significativas ( $P < 0,5$ ) entre os adesivos e tempo de descolamento. Light Bond mostrou maior resistência adesiva que Fuji Ortho no tempo de 24h (18,46+- 2,95 MPa vs. 9,56 +-1,85 MPa) e no tempo de 30 min (16,19 +- 2,04MPa vs. 6,93 +- 1,93 MPa). A média dos valores de IAR mostrou que Fuji Ortho obteve maiores incidências de falhas na interface esmalte/adesivo do que o adesivo Light Bond (4,9 vs. 4,1). Para o estudo *in vivo* não houve diferença estatística entre média de falhas, sexo, local na arcada, ou IAR entre os dois adesivos. Esses resultados mostraram que, comparado com o sistema resinoso convencional, os bráquetes cimentados com CIVRM apresentaram menor resistência adesiva *in vivo*. No entanto, a taxa de sobrevivência dos dois materiais estudados após 1,3 anos indicam que o CIVRM pode promover resistências adesivas clinicamente adequadas. A fraca adesão química entre o adesivo e o esmalte pode tornar mais fácil para os clínicos a limpeza e remoção de restos adesivos da superfície dental após o descolamento do bráquete.

O objetivo do estudo de Valletta et al. (2007) foi investigar a estabilidade da interface bráquete/adesivo/esmalte, como a função do material adesivo, e do procedimento de descolagem, afim de determinar

qual técnica de descolamento causa menos injúrias ao esmalte dental. Noventa incisivos inferiores bovinos foram selecionados e bráquetes ortodônticos metálicos foram colados utilizando três sistemas adesivos: Concise, Transbond e Fuji Ortho. Três procedimentos de descolagem foram realizados: tração, cisalhamento e torção. Uma análise estatística foi realizada para comparar as propriedades mecânicas, enquanto o índice de adesivo remanescente foi utilizado para avaliar as propriedades da fratura. Cada adesivo utilizado apresentou diferença estatística no teste de tração. A diferença entre os testes de cisalhamento e torção foi estatisticamente significativa apenas para a amostra do Fuji GC ( $P < 0,01$ ). O teste de cisalhamento foi o que mais provocou injúrias na superfície do esmalte. A cimentação com Transbond apresentou maior adesão que os sistemas Concise e Fuji Ortho. Fuji Ortho foi o que apresentou mais facilidade de descolamento acidental, enquanto Transbond tendeu a causar lesões ao esmalte já que foram requeridas forças maiores para descolar o bráquete. Dos três modos examinados, o estresse de descolamento através da torção resultou em menores prejuízos ao esmalte.

O propósito do estudo de Vilchis et al. (2009) foi comparar a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos colados com 4 adesivos auto-condicionantes. Um total de 175 premolares extraídos foram aleatoriamente divididos em 5 grupos ( $n=35$ ). O Grupo I foi o controle, em que o esmalte era condicionado com ácido fosfórico a 37% e bráquetes metálicos foram colados com Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, Calif). Os outros 4 grupos tiveram o esmalte condicionado com os seguintes adesivos auto-condicionantes: grupo II Transbond Plus e Transbond XT (3M Unitek); grupo III ClearFil MegaBond FA e Kurasper F (Kuraray Medical, Tokyo, Japan); grupo IV, Primers A e B, e BeautyOrtho Bond (Shofu, Kyoto, Japan); e grupo V, AdheSE e Heliolit Orthodontic

(Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein). Os dentes foram armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas e descolados em máquina de ensaios universal. O Índice de Adesivo Remanescente (IAR) incluindo escore de fratura de esmalte também foi avaliado. Adicionalmente, as superfícies de esmalte condicionadas foram observadas em microscópio eletrônico. Os valores de resistência adesiva do grupo I (19.0 6 6.7 MPa) e II (16.6 6 7.3 MPa) foram significativamente maiores que dos grupos III (11.0 6 3.9 MPa), IV (10.1 6 3.7 MPa), e V (11.8 6 3.5 MPa). Os adesivos que liberam flúor (Kurasper F and BeautyOrtho Bond) mostraram valores de resistência clinicamente aceitáveis. Diferenças significativas foram encontradas nos escores de IAR e fratura de esmalte entre os grupos I e II. Como conclusão, este estudo mostra que os 4 adesivos auto-condicionantes apresentaram valores de resistência adesiva maiores que o clinicamente aceitável, indicando que os bráquetes ortodônticos podem ser colados com sucesso com qualquer um desses adesivos.

O objetivo do estudo *in vitro* de Di Nicoló et al. em 2010, foi comparar os efeitos da fotoativação pelos sistemas luz halógena e LED na adesão de braquetes ortodônticos em diferentes tempos pós-colagem (imediato, 24 horas e 7 dias). Braquetes com adesivo pré-aplicado (*Gemini series; APC adhesive precoated brackets*; 3M Unitek, USA) foram colados na superfície vestibular de dentes bovinos. O esmalte dos dentes foi condicionado utilizando-se o *primer* auto-condicionante (Transbond SEP, 3M Unitek, USA) em todos os espécimes, conforme recomendações do fabricante. Setenta e dois dentes foram divididos em 2 grupos (n=36), conforme o sistema de fotoativação (luz halógena ou LED) e sub-divididos (n=12) de acordo com o tempo pós-colagem. Para os grupos luz halógena, o tempo de fotoativação foi de 20 segundos e para os grupos LED foi de 10 segundos. O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado com auxílio de uma máquina de ensaios universal nos diferentes tempos pós-colagem: imediato, 24 horas e 7 dias. O valor

médio de adesão para os grupos luz halógena foi de  $20,01 \pm 5,24$ MPa e, para os grupos fotoativados pelo sistema LED  $17,35 \pm 5,07$ MPa, sendo estes resultados estatisticamente diferentes. Quando comparado o efeito do tempo pós-colagem, os resultados revelaram que os valores de adesão foram significativamente maiores para o tempo de 7 dias. O resultado do teste ANOVA 2 – fatores revelou não existir diferença estatística entre a interação sistema de fotoativação e tempos pós-colagem. O teste de Tukey mostrou que para as 4 condições experimentais nos tempos imediato e 24 horas, os resultados não diferiram estatisticamente, independentemente do sistema de fotoativação. Somente com relação ao grupo luz halógena-7 dias, os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes. O grupo LED-7 dias desempenhou comportamento intermediário entre os grupos. O índice de adesivo remanescente não revelou diferenças significantes entre os grupos. Concluíram que, apesar dos valores de adesão nos grupos luz halógena serem superiores aos dos grupos LED, estes apresentam valores superiores aos clinicamente requeridos.

## **2.2 Termociclagem**

Bourke e Rock (1999) estabeleceram um regime para colagem de bráquetes ortodônticos a porcelanas feldspáticas que assegure adequada resistência adesiva (6-8MPa) com mínimo prejuízo durante a descolagem. O estudo consistiu numa investigação para medir os efeitos da preparação de superfície e da termociclagem na resistência adesiva de bráquetes ortodônticos. Cento e vinte porcelanas feldspáticas foram divididas afim de verificar os efeitos de: (1) remoção do glaze, (2) aplicação de ácido fluorídrico e aplicação de ácido fosfórico ou omissão de tratamento ácido, (3) aplicação de silano seguido de colagem com

resina composta Right-on™. As amostras foram submetidas à termociclagem e teste de cisalhamento em máquina de ensaios universal. A remoção do glaze ou o uso de ácido fluorídrico previamente a colagem se mostraram desnecessárias. A aplicação de ácido fluorídrico foi associada com aumento de prejuízos à superfície da cerâmica. A termociclagem causou uma redução significativa na resistência ao cisalhamento ( $P < 0.001$ ). O melhor regime para colagem de bráquetes ortodônticos a porcelanas feldspáticas foi a aplicação de ácido fosfórico por 60 segundos e silano previamente a colagem. Usualmente as superfícies cerâmicas podiam ser repolidas.

Gale e Darvell (1999) fizeram uma avaliação de estudos descrevendo as mudanças de temperatura de dentes *in vivo* e analisaram 130 estudos de ciclos térmicos de dentes em laboratório de 99 autores selecionados de 25 revistas. Um regime clinicamente relevante de termociclagem foi derivado de informações *in vivo* e sugerido como referência. Havia muitas variações de regimes utilizados e a comparação entre os estudos foi complicada. Os estudos dos efeitos de termociclagem eram várias vezes contraditórios. No entanto, o regime cíclico padrão definido foi de: 35°C (28 segundos), 15°C (2 segundos), 35°C (28 segundos), 45°C (2 segundos). Nenhuma evidência do número de ciclos *in vivo* foi encontrada e isso requer investigação, mas uma estimativa provisória de aproximadamente 10.000 ciclos por ano é sugerida.

O propósito do estudo de Bishara et al. (2003) foi avaliar os efeitos da termociclagem na resistência ao cisalhamento de um sistema adesivo de cianoacrilato, 24 horas após a colagem e após termociclagem. Quarenta molares hígidos foram coletados e armazenados em solução de timol a 0,1%. Os dentes foram limpos, polidos e divididos aleatoriamente em dois grupos: grupo I, descolagem após 24 horas de imersão em água deionizada a 37°C, e grupo II descolagem após termociclagem de 5°C a

55°C. Os resultados do teste *t* para comparação entre os dois grupos ( $t = 6,84$ ) indicaram diferença significativa entre eles ( $P = .001$ ). O adesivo cianoacrilato a 24 horas apresentou maior resistência adesiva ( $x = 7.1 \pm 3.3$  MPa) em relação ao grupo que passou por 500 ciclos de termociclagem entre 5°C a 55°C ( $x = 1.5 \pm 1.4$  MPa). Os resultados indicaram que o sistema adesivo testado apresenta resistência adesiva clinicamente adequada após 24 horas da colagem, mas perde 80% da resistência após a termociclagem. O clínico deve considerar todas as propriedades do adesivo, incluindo a não necessidade de fotopolimerização, tempo de trabalho de 5 segundos antes que o adesivo comece a polimerizar e a diminuição da resistência adesiva após a termociclagem.

O propósito do estudo de Trites et al. (2004) foi avaliar a resistência adesiva de dois sistemas auto-condicionantes, Transbond Plus (3M/ Unitek, Monrovia, Calif) e First Step (Reliance Orthodontic Products, Itasca, Ill) e compará-los com um grupo controle de adesivo convencional (Transbond XT, 3M/ Unitek) durante um período de 3 meses. Duzentos e setenta premolares humanos extraídos foram obtidos e aleatoriamente divididos em 9 grupos com 30 dentes cada. Bráquetes ortodônticos metálicos foram colados ao esmalte e cada grupo foi armazenado em água deionizada durante (1) 24 horas, (2) 30 dias, (3) 3 meses. Todas as amostras foram termocicladas entre 10°C e 50°C, 24 horas antes da descolagem. A resistência adesiva dos 3 sistemas foi clinicamente aceitável com exceção do First-Step com 30 dias de armazenamento. A análise de variância de medidas repetidas mostrou diferença estatisticamente significativa ( $P < .0001$ ) na média de resistência adesiva entre os 3 sistemas. A resistência dos adesivos entre os 3 intervalos mostrou mudanças significativas ( $P = .005$ ). Em cada grupo houve diferença estatística na resistência entre os intervalos de tempo 1-2 e 2-3 para Transbond Plus e 2-3 para First-Step. A mudança na resistência adesiva dos 3 sistemas adesivos demonstrou um comportamento padrão

durante os 3 períodos de armazenagem. O menor valor de resistência adesiva foi notado no período de 30 dias. A análise do índice de adesivo remanescente demonstrou principalmente falhas coesivas.

Kawabata et al. (2007) propuseram um estudo para avaliar a performance de uma resina modificada 4 META/MMA-TBB na descolagem de bráquetes ortodônticos ao esmalte em termos de facilidade e descolagem segura sem que haja perda da adequada resistência adesiva. Uma mistura de fosfato  $\alpha$ -tricálcio ( $\alpha$ -TCP) e fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ) foi adicionado ao pó do polímero da resina 4 META/MMA-TBB. Esmalte humano foi condicionado com ácido fosfórico ou tratado com primer auto-condicionante e então a resina modificada foi aplicada ao esmalte tratado para a colagem dos bráquetes ortodônticos. A resistência ao cisalhamento foi medida antes e após as amostras serem submetidas a 10.000 termociclos entre  $5^\circ\text{C}$  e  $55^\circ\text{C}$ . Usando a resina TCP- $\text{CaF}_2$  a resistência diminuiu significativamente após a termociclagem nos espécimes condicionados com ácido fosfórico mas não mudou significativamente após a termociclagem nos espécimes que receberam o adesivo auto-condicionante. Ainda, nos espécimes em que foi aplicado o primer auto-condicionante não foi detectada diferença significativa na resistência adesiva após a termociclagem. As amostras que foram condicionadas com ácido fosfórico mostraram fratura de esmalte na descolagem do bráquete. Ao contrário, nenhuma fratura de esmalte foi detectada no grupo auto-condicionado. A adição de TCP- $\text{CaF}_2$  tendeu a ser associada com mais resina residual na superfície dental após a descolagem, o que sugere um menor risco de fratura de esmalte. A resina modificada associada ao primer auto-condicionante permite uma descolagem mais segura sem que haja perda de adequada resistência adesiva.



Bishara et al. (2007), compararam os efeitos do protocolo padrão de termociclagem na resistência adesiva de dois sistemas adesivos: um cimento de ionômero de vidro e uma resina composta com um novo adesivo auto-condicionante. Para o estudo, 40 dentes molares humanos foram limpos e divididos aleatoriamente em dois grupos. No grupo I os bráquetes foram colados aos dentes utilizando o adesivo Fugli Ortho LC e no grupo II, foi utilizado o sistema Transbond Plus. Os dentes foram armazenados em água a 37<sup>0</sup>C por 24 horas, termociclados entre 5<sup>0</sup>C e 55<sup>0</sup>C e descolados utilizando uma máquina de testes universal. A superfície do esmalte foi examinada afim de determinar a quantidade de adesivo remanescente no dente. O teste *t-student* foi utilizado afim de comparar a resistência adesiva, e o teste qui quadrado foi utilizado afim de comparar o índice de adesivo remanescente. A média de resistência adesiva dos bráquetes colados com Fugli Ortho LC foi de 6.4 ± 4.5 MPa, e a média de resistência adesiva para o sistema Transbond Plus foi de 6.1 ± 3.2 MPa. O resultado do teste de comparações *t-student* ( $t = 0.207$ ) indicou que não houve diferença significativa entre os dois grupos ( $P = .837$ ). As comparações do IAR ( $\chi^2 = 0.195$ ) indicaram que o modo de falha não foi diferente estatisticamente entre os dois adesivos ( $P = .907$ ). Embora os resultados dos testes de resistência adesiva e índice de adesivo remanescente não terem sido diferente estatisticamente, os clínicos precisam levar em conta outras propriedades dos adesivos antes de utilizá-los.

As falhas adesivas em ortodontia podem ocorrer devido à contaminação de saliva durante a colagem. No entanto, a maioria dos estudos *in vitro* referentes à resistência adesiva afetada pela contaminação com saliva não levam em conta a influência das mudanças de temperatura em ambiente úmido. Assim, o estudo de Faltermeier et al. em 2007 teve como objetivo comparar a influência da contaminação por



saliva, sangue e remanescentes de gel na resistência ao cisalhamento após termociclagem. Após o condicionamento ácido de terceiros molares humanos extraídos (n=80), um primer convencional (Transbond XT) e um primer tolerante a umidade (Transbond MIP), foram avaliados utilizando o adesivo Transbond XT, em meio seco, em condições de meio úmido, contaminação com saliva, sangue e restos de gel condicionador. Para simular as mudanças de temperatura todas as amostras foram termocicladadas (6000 X 5<sup>0</sup>C/55<sup>0</sup>C) numa máquina que simula mastigação previamente ao teste de cisalhamento. Em meio seco, Transbond XT e Transbond MIP não mostraram diferenças adesivas significativas entre si. No entanto, uma resistência adesiva não aceitável clinicamente foi observada ( $P=0.005$ ) utilizando Transbond XT após contaminação com saliva e sangue. Em condições úmidas, apenas Transbond MIP mostrou resistência adesiva suficiente. Se for esperada a contaminação durante a colagem, um primer hidrofílico deve ser utilizado. Em meio seco, tanto primers hidrofílicos quanto hidrofóbicos podem ser utilizados. A contaminação por sangue parece ser um problema mais sério para a resistência adesiva do que a contaminação com saliva ou remanescentes de gel.

O objetivo do estudo de Penido e Resende (2008) foi avaliar a resistência de bráquetes metálicos colados em dentes humanos com resina polimerizada com luz halógena por meio de ensaios mecânicos de cisalhamento. Para este estudo foram realizados ensaios *in vivo* com dinamômetro portátil digital e *in vitro* com máquina de ensaios mecânicos universal com e sem termociclagem, complementado pelo Índice de Adesivo Remanescente (IAR). Bráquetes Edgewise Standard (Abzil) foram colados utilizando adesivo Transbond Plus Self Etching Primer (SEP) e Resina Transbond XT. Foram formados 3 grupos com 10 dentes em cada um deles. No GI os bráquetes foram colados nos segundos pré-molares dos pacientes. Nos GII e GIII utilizaram-se primeiros pré-molares

extraídos por motivos ortodônticos. Os ensaios mecânicos do GI foram realizados 24 horas após a polimerização diretamente na boca dos pacientes com dinamômetro portátil digital. No GII os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada e levados à estufa a 37°C durante 24 horas e, posteriormente, submetidos à termociclagem, com 1000 ciclos a 5°C e 55°C. No GIII os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada em temperatura ambiente por 24 horas e posteriormente submetidos aos ensaios mecânicos. Os resultados mostram que os valores médios da resistência ao cisalhamento em Megapascal foram de: GI = 4,39; GII = 7,11 e GIII = 7,35. Após a descolagem foram realizadas fotografias das áreas de colagem, tanto dos dentes submetidos a testes *in vivo* quanto *in vitro* e ampliadas 5x para facilitar a visualização. As imagens obtidas foram analisadas, classificadas de acordo com o IAR e, por meio de gráficos de dispersão, foi verificada a relação entre a resistência ao cisalhamento e este índice. Como conclusão, a média dos ensaios mecânicos realizados *in vivo* foi estatisticamente menor em relação aos ensaios *in vitro*. Não houve diferenças na resistência ao cisalhamento *in vitro* entre o grupo termociclado e o não-termociclado. Não houve relação entre tensão de ruptura e tipo de falha.

Elekdag-Turk et al. (2008), determinaram os efeitos da termociclagem na resistência adesiva de um primer auto-condicionante após 0, 2000 e 5000 ciclos térmicos. Os bráquetes foram colados em incisivos bovinos com dois tipos de protocolos condicionantes. No grupo controle (método convencional) os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 37%. No grupo experimental, foi aplicado o primer auto-condicionante (Transbond Plus) segundo as recomendações do fabricante. Os bráquetes foram então colados com resina fotopolimerizável Transbond XT, e fotopolimerizados durante 20 segundos em ambos os grupos. O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado após armazenagem em água a 37°C durante 24 horas, após 2000 e 5000

ciclos de termociclagem entre 5<sup>o</sup>C e 55<sup>o</sup>C. O local da falha adesiva foi determinado de acordo com o Índice de Adesivo Remanescente (IAR). No grupo controle não houve diferença significativa entre os ciclos térmicos. No entanto, para o grupo condicionado com primer auto-condicionante a resistência adesiva diminuiu com 2000 e 5000 ciclos térmicos, essas diminuições foram significativamente diferentes para o grupo não termociclado ( $P < .001$ ). Uma diferença significativa foi observada entre os escores de IAR no grupo controle com 5000 ciclos térmicos e o grupo auto-condicionado sem ciclos térmicos ( $P < .003$ ). Em adição, uma diferença significativa foi encontrada entre o grupo auto-condicionado sem termociclagem e com 5000 ciclos térmicos ( $P < .003$ ). Os resultados desse estudo indicam que o primer auto-condicionante promove valores de resistência adesiva clinicamente aceitáveis, comparado ao método convencional após termociclagem.

O propósito do estudo de Turk et al. (2010) foi determinar os efeitos da termociclagem na resistência ao cisalhamento de um primer auto-condicionante após 10.000 e 20.000 ciclos térmicos. A hipótese testada era que os ciclos térmicos afetariam a estabilidade de união de bráquetes metálicos a esmalte com primer auto-adesivo. Os bráquetes foram colados em esmaltes bovinos com dois protocolos de condicionamento. No grupo CM (método convencional) os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 37% durante 30 segundos. No grupo SEP um primer auto-condicionante (Transbond Plus, 3M Unitek) foi aplicado. Os bráquetes foram colados com resina fotopolimerizável (Transbond XT, 3M Unitek). O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado após armazenamento em água destilada a 37<sup>o</sup>C durante 24 horas, após 10.000 termociclos e 20.000 termociclos. Para ambos os grupos, a resistência diminuiu com 10.000 e 20.000 termociclos. Essa diminuição dos valores de resistência foi estatisticamente diferente dos valores obtidos sem termociclagem. Os maiores valores de resistência adesiva foram

observados para os grupos CM e SEP sem termociclagem (18.6 e 18.0 MPa, respectivamente). Esses valores não foram estatisticamente diferentes entre si. Os menores valores de resistência adesiva foram obtidos no grupo SEP com 10.000 e 20.000 termociclos (14.2 e 14.7 MPa, respectivamente). Esses valores diferiram estatisticamente dos outros valores de resistência adesiva. Esse estudo indica que SEP (Transbond Plus) promove resistência adesiva adequada comparada ao método convencional após 10.000 e 20.000 termociclos.

Os efeitos do armazenamento durante 2 anos e 6000 termociclos na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos auto-condicionantes foram estudados por Yuasa et al. em 2010. Dois sistemas auto-condicionantes (Transbond Plus e Beauty Ortho Bond) e um sistema adesivo convencional de 5ª geração (Transbond XT) foram usados para colar bráquetes em 126 dentes premolares humanos que foram armazenados em saliva artificial durante 24 horas ou 2 anos e termociclados em água destilada previamente ao teste de cisalhamento em máquina de ensaios universal. Os escores de índice de adesivo remanescente (IAR) foram calculados. Os resultados foram comparados por análise de variância 2 fatores e qui-quadrado. As interfaces esmalte/adesivo foram examinadas com auxílio de microscópio eletrônico. Não houve diferença estatística entre as médias de resistência adesiva para os adesivos testados nas três condições. Os escores de IAR mostraram que Transbond XT e Beauty Ortho Bond apresentaram menos adesivo remanescente na superfície após o envelhecimento comparado com a armazenagem por 24 horas. As amostras coladas com Beauty Ortho Bond mostraram maior infiltração entre adesivo e esmalte após envelhecimento. Ambos sistemas auto-condicionantes apresentaram resistência adesiva adequada mesmo após 2 anos de armazenagem ou 6000 ciclos de termociclagem. A termociclagem é uma técnica apropriada para determinar a durabilidade de materiais adesivos para colagem de

braquetes ortodônticos.

O propósito do estudo de Shahabi et al. (2010) foi avaliar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos e os efeitos do agente adesivo (EBA) na superfície de esmalte após a descolagem. Setenta e cinco premolares extraídos foram coletados e divididos aleatoriamente em 3 grupos com 25 cada. As superfícies de esmalte foram analisadas com estereomicroscópio. No primeiro grupo, uma camada de EBA foi aplicada antes do adesivo resinoso. No segundo grupo duas camadas de EBA foram aplicadas e no terceiro grupo não foi aplicado EBA. Após a adesão, as amostras foram incubadas a 37°C durante 48 horas e termocicladas por 1000 ciclos. A descolagem foi realizada através de uma força de cisalhamento. As superfícies dos dentes foram avaliadas e o comprimento, profundidade, direção dos cracks, e adesivo remanescente na superfície foram marcados. Os resultados foram avaliados através de análise de variância e teste *t* de amostras pareadas. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre os valores de resistência ao cisalhamento ( $P = 0.341$ ) dos 3 grupos, ou na direção, profundidade, e comprimento dos cracks antes e após a descolagem ( $P > 0.05$ ). Houve um significativo aumento no número dos cracks após a descolagem nos 3 grupos ( $P < 0.05$ ). A avaliação do adesivo remanescente na superfície dos dentes indicou que a maioria das falhas ocorreu entre a interface resina-bráquete. O estudo conclui que o uso de EBA não aumentou a resistência adesiva ou promoveu maior proteção à superfície de esmalte durante a descolagem.

Abdelnaby et al. (2010), estudaram os efeitos da força ortodôntica na resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos colados com 4 sistemas adesivos diferentes: Oitenta bráquetes metálicos foram colados à superfície de esmalte de premolares extraídos. Para cada adesivo, 10 bráquetes foram colados sem aplicação de força (grupos 1, 3, 5, e 7) e os

outros 10 foram sujeitos a uma força de 120 gramas exercida através de uma mola (grupos 2, 4, 6, e 8). Essa força foi aplicada 30 minutos após a colagem e mantida por 24h. Os grupos 1 e 2 receberam os sistemas adesivos Rely-a-bond primer e Rely-a-bond adesivo (Reliance Orthodontic Products, Itasca Ill). Os grupos 3 e 4 receberam os sistemas adesivos Transbond XT primer e Transbond XT adesivo (3M Unitek, Monrovia, Calif). Os grupos 5 e 6 receberam os sistemas adesivos Transbond Plus Self-Etching Primer e Transbond XT adesivo (3M Unitek). Os grupos 7 e 8 receberam o sistema adesivo RelyX Unicem (3M ESPE, Seefeld, Germany). Após a termociclagem, foi realizado o teste de resistência ao cisalhamento com o auxílio de uma máquina de ensaios universal (Type 500, Lloyd Instruments Ltd, Fareham Hants, UK). Os resultados de resistência adesiva foram analisados pela análise de variância 2 fatores e teste Duncan. O teste *t*-Student não pareado foi usado para comparar os efeitos da força ortodôntica na resistência ao cisalhamento para cada adesivo. Como resultado o primer Transbond XT e seu adesivo apresentou maiores valores de resistência (sem força,  $11.2 \pm 3.1$  MPa; com força  $10.7 \pm 2.7$  MPa), e o RelyX Unicem apresentou os menores valores (sem força,  $5.8 \pm 1.5$  MPa; com força,  $5.7 \pm 1.6$  MPa). A aplicação de força resultou em diferenças não significativas na resistência adesiva de todos os adesivos, essa redução foi menos nítida no grupo RelyX. Como conclusão, para todos os sistemas adesivos estudados, uma força ortodôntica de até 120 gramas pode ser aplicada dentro da primeira hora após a colagem sem interferir nos valores de resistência adesiva.

Bayram et al. (2010), investigaram *in vitro*, os efeitos dos protocolos de condicionamento de superfície na resistência adesiva de bráquetes metálicos aderidos a superfícies de resinas compostas envelhecidas. Noventa discos de resina composta, com 6 mm de diâmetro e 2 mm de altura, foram preparados e tratados com procedimento de envelhecimento. Após o envelhecimento os espécimes foram

aleatoriamente distribuídos em um dos seguintes grupos: (1) controle, sem tratamento de superfície, (2) ácido fosfórico gel a 38%, (3) ácido fluorídrico gel a 9,6%, (4) abrasão com partículas de óxido de alumínio, (5) abrasão com partículas de bicarbonato de sódio, (6) broca diamantada. Os bráquetes foram colados às superfícies de resina com o adesivo Transbond XT. Todos os espécimes ficaram armazenados em água destilada a 37<sup>0</sup>C durante uma semana e então termociclados (1000 ciclos de 5<sup>0</sup>C a 55<sup>0</sup>C) previamente ao teste de cisalhamento. Os valores de resistência adesiva e índice de adesivo remanescente foram avaliados. A análise de variância mostrou diferença significativa (P=0,000) entre grupos. O grupo 6 teve a maior média resistência adesiva (10,16 MPa), seguido do grupo 4 (10,29 MPa). Os resultados desse estudo sugerem que uma resistência adesiva clinicamente aceitável pode ser alcançada através do condicionamento de superfície de resinas compostas envelhecidas com aplicação de ácido fluorídrico, abrasão com partículas de óxido de alumínio, abrasão com partículas de bicarbonato de sódio ou broca diamantada.

O objetivo do estudo de Sokucu et al. (2010) foi comparar a resistência adesiva de duas fontes de luz sob diferentes sequências de termociclagem. Noventa premolares humanos foram divididos aleatoriamente em seis grupos, sendo que três grupos receberiam luz halógena: Grupo I recebeu fotopolimerização com luz halógena sem termociclagem, Grupo II recebeu fotopolimerização com luz halógena e 500 ciclos de termociclagem e o Grupo III recebeu fotopolimerização com luz halógena e 10.000 ciclos de termociclagem. Os outros três grupos compreendem o grupo que recebeu fotopolimerização com Arco de Plasma (PAC). Grupo IV recebeu fotopolimerização com PAC sem termociclagem, o Grupo V recebeu fotopolimerização com PAC e 500 ciclos de termociclagem, e o Grupo VI recebeu fotopolimerização com PAC e 10.000 ciclos de termociclagem. O teste ANOVA 2 fatores foi



utilizado para comparar a resistência adesiva entre os grupos, e o teste qui-quadrado foi utilizado para comparar a falha adesiva dos escores de IAR entre os grupos. Uma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre as fontes de luz ( $P < 0,001$ ) e termociclagem ( $P < 0,01$ ). Entretanto, não houve interação entre fonte de luz e termociclagem ( $P = 0,177$ ). Os grupos polimerizados com luz halógena demonstraram maiores médias de resistência adesiva do que o grupo polimerizado com PAC. Os dois grupos mostraram significativa redução da resistência adesiva entre os grupos sem termociclagem e com 10.000 ciclos ( $P < 0,05$ ). Ambas fontes de luz mostraram resistência adesiva favorável sem o procedimento de termociclagem. A termociclagem reduziu significativamente a resistência adesiva dos dois grupos.

A investigação de Al-Saleh e El-Mowafy (2010) teve o objetivo de determinar a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos metálicos e cerâmicos colados com adesivos auto-condicionantes. Para esse estudo foram utilizados 100 premolares extraídos. Os dentes foram esterilizados, suas raízes foram embutidas e divididos em 2 grupos para receber os bráquetes metálicos ou cerâmicos (Victory series 3M Unitek, Monrovia, Calif). Cada grupo foi subdividido em 5 subgrupos de acordo com o adesivo utilizado: controle com método convencional de condicionamento, Transbond XT (3M Unitek); cimento resinoso com primer auto-condicionante Esthetic Cement system NC-100, (Kuraray, Okayama, Japan); e 3 cimentos resinosos auto-condicionantes : Rely-X Unicem (3M ESPE, Seefeld, Germany), Biscem DC (Bisco, Schaumburg, Ill), e Breeze (Pentron, Wallingford, Conn). Dez bráquetes foram colados em cada grupo. As amostras foram armazenadas em água destilada a  $37^{\circ}\text{C}$  por 7 dias e submetidas a 3000 ciclos térmicos entre  $5^{\circ}\text{C}$  e  $55^{\circ}\text{C}$ . Os bráquetes foram então descolados em máquina de ensaios universal. A média dos valores para bráquetes colados com Transbond XT, Esthetic Cement system, Rely-X Unicem, Biscem DC, e Breeze foram 18.6, 6.0,



6.0, 2.2, e 8.4 MPa, respectivamente. Para os bráquetes cerâmicos os valores foram 22.7, 17, 7.7, 1.6, and 9.5 MPa, respectivamente. A análise de variância ANOVA mostrou diferença significativa entre os subgrupos ( $P < 0.05$ ) para ambos os tipos de bráquetes. Para os bráquetes cerâmicos o teste de Tukey não mostrou diferença estatística entre as médias de resistência adesiva de Transbond XT e Esthetic Cement. Concluíram quem os valores de resistência adesiva dos bráquetes colados com método convencional de condicionamento foram maiores do que os 3 cimentos auto-condicionantes. No entanto, quando o cimento resinoso Esthetic Cement foi utilizado com bráquetes cerâmicos nenhuma diferença estatística foi encontrada na resistência ao cisalhamento quando comparado ao sistema Transbond XT ( $P = 0.052$ ).

### **2.3 Primer Auto-condicionante**

O objetivo do estudo de Bishara et al. em 2001 foi determinar os efeitos do uso de um *primer* auto-condicionante sob a resistência adesiva e o modo de falha adesiva de bráquetes ortodônticos. Os bráquetes foram colados em dentes humanos extraídos de acordo com 1 dos 2 protocolos. No grupo controle, foi realizado o condicionamento da superfície com ácido fosfórico a 37%. Após a aplicação do selante, os bráquetes foram colados com Transbond XT (3M, Unitek, Monrovia, Calif) e fotopolimerizados por 20 segundos. No grupo experimental um *primer* auto-condicionante (ESPE Dental AG, Seefeld, Germany) foi aplicado ao esmalte durante 15 segundos e ligeiramente seco com jato de ar segundo as recomendações do fabricante. Os bráquetes foram então colados com Transbond XT como no primeiro grupo. O estudo *in vitro* indicou que o uso de um *primer* auto-condicionante na colagem de bráquetes resultou em menor resistência adesiva ( $P= 0,004$ ) porém clinicamente aceitável

(7,1±4,4 MPa) quando comparado ao grupo controle (10,4±2,8 MPa). A comparação do índice de adesivo remanescente indicou que havia mais adesivo residual nos dentes que foram tratados com *primer* auto-condicionante do que nos dentes que foram colados com sistema convencional.

O propósito do estudo de Vilchis et al. em 2004 foi comparar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos colados com 4 adesivos auto-condicionantes. Um total de 175 premolares extraídos foram aleatoriamente divididos em 5 grupos (n=35). O Grupo I foi o grupo controle, em que o era realizado o condicionamento da superfície de esmalte com ácido fosfórico a 37% e os bráquetes metálicos colados com Transbond XT (3M Unitek Monrovia, Calif). Nos grupos restantes o esmalte foi condicionado com os seguintes *primers* e adesivos: grupo II Transbond Plus e Transbond XT (3M Unitek); grupo III Clearfil Mega Bond FA e Kurasper F (Kurakay Medical, Tokyo, Japan); grupo IV *primers* A e B e BeautyOrtho Bond (Shofu, Kyoto, Japan) ; e grupo V AdheSe e Heliosit Orthodontic (Ivoclar Vivadent AG, Liechtestein). Os dentes foram armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas e descolados em máquina de ensaio universal. O Índice de adesivo remanescente incluindo escore de fratura de esmalte também foram avaliados. Adicionalmente, as superfícies de esmalte condicionadas foram examinadas em microscópio eletrônico. Os valores de resistência adesiva dos grupos I (19,0±6,7 MPa) e II (16,6±7,3 MPa) foram significativamente maiores que nos grupos III (11,0±3,9 MPa), IV (10,1±3,7 MPa) e V (11,8±3,5 MPa). Os adesivos que liberam flúor (Kurasper F e BeautyOrtho Bond) apresentaram valores de resistência adesivo clinicamente aceitáveis. Diferenças significativas foram encontradas no índice de adesivo remanescente e escore de fratura de esmalte entre os grupos I e II. Concluíram que os 4 adesivos auto-condicionantes apresentaram valores de resistência adesiva (5,9 a 7,8 MPa) maiores do que o sugerido

para o tratamento clínico de rotina, indicando que bráquetes ortodônticos podem ser colados com sucesso com qualquer um desses adesivos auto-condicionantes.

Em 2004, Bishara et al. utilizaram 3 agentes adesivos diferentes – um condicionante de esmalte, uma solução de *primer*, e um adesivo resinoso para colagem de bráquetes. O propósito desse estudo foi comparar a resistência adesiva de sistemas auto-condicionantes que necessitam de mistura prévia à aplicação e outro que não necessita misturar. Os bráquetes foram colados a molares humanos extraídos seguindo os protocolos de adesão. No grupo I, foi aplicado o sistema auto-condicionante Transbond Plus (3M Unitek, Monrovia, Calif), esse sistema tem dois componentes que devem ser misturados. No grupo II, um sistema adesivo auto-condicionante que não precisa ser misturado Ideal 1 (GAG International, Islandia, NY) foi aplicado aos dentes de acordo com as instruções do fabricante. O *primer* auto-condicionante tem um componente que não necessita ser misturado antes do uso. Os bráquetes foram colados com adesivo e então fotopolimerizados durante 20 segundos. Os resultados mostram que a comparação da resistência adesiva ( $t=0,681$ ) dos dois adesivos não significativamente diferente ( $P=0,501$ ). A média da resistência adesiva do *primer* com 2 componentes foi de  $5,9\pm 2,7$  MPa, e a média da resistência adesiva para o sistema com 1 componente foi de  $6,6\pm 3,2$  MPa. Assim, os clínicos devem considerar a resistência adesiva e a facilidade de aplicação dos vários componentes para os sistemas de adesão de bráquetes disponíveis no mercado.

Zafer et al., em 2005, compararam a resistência adesiva de 4 *primers* auto-condicionantes e formulações adesivas, um condicionante sem lavagem e um sistema adesivo com acetona, e um sistema adesivo convencional. Os produtos auto-condicionantes testados foram Prompt L-Pop (3M ESPE, Seefeld, Germany), Clearfill SE Bond (Kurakay Dental,

Osaka, Japan), FL Bond (Shofu Dental, Kyoto, Japan) e One-Up Bond F (Tokuyama, Tokyo, Japan); o condicionante sem lavagem e sistema adesivo a base de acetona utilizado foi NRC e Prime&Bond NT (Dentsply International, Konstanz, Germany), e o sistema adesivo convencional utilizado foi Transbond XT (3M UNitek, Monrovia, Calif). Os bráquetes foram colados em incisivos bovinos (n=7) de acordo com as recomendações dos fabricantes. Primeiramente, os espécimes foram armazenados em água deionizada por 24 horas a 37<sup>0</sup>C e então submetidas a 1000 ciclos térmicos entre 5<sup>0</sup>C e 55<sup>0</sup>C. Para facilitar a degradação os espécimes foram então armazenados em água deionizada durante 6 semanas. A resistência adesiva dos 5 grupos experimentais foi significativamente menor (p<0,05) do que o grupo controle (Prompt L-Pop 1,72±0,13 MPa; Clearfil SE Bond 1,75±0,19 MPa; FL Bond 1,71±0,22 MPa; One-Up Bond 1,77±0,14 MPa; Controle 10,5±0,86 MPa) mas não diferente entre si (p>0,05). Concluíram que os sistemas adesivos auto-condicionantes produziram menores valores de resistência adesiva do que os produtos do grupo controle. Clinicamente, esses produtos podem não ser apropriados para colagem ortodôntica em termos de resistência adesiva alcançada após termociclagem e armazenagem em água.

Ostby et al., em 2007, determinaram a influência do tempo de aplicação de um *primer* auto-condicionante na resistência adesiva de bráquetes ortodônticos. Quarenta molares humanos foram limpos, embutidos e divididos aleatoriamente em dois grupos. Vinte dentes foram condicionados de acordo com as recomendações dos fabricantes esfregando o *primer* na superfície de esmalte de 3 a 5 segundos. Os outros vinte dentes foram condicionados utilizando o mesmo *primer* auto-condicionante, mas com aplicação durante 15 segundos. Os bráquetes foram descolados após meia hora da colagem em máquina de ensaios universal. Após a descolagem foi determinada a quantidade de adesivo remanescente nos dentes. O teste *t-student* foi utilizado para comparar os

valores de resistência adesiva dos dois grupos, e o teste  $\chi^2$  foi utilizado para comparar os escores de adesivo remanescente dos dois sistemas. A média dos valores de resistência adesiva dos bráquetes colados com *primer* sendo aplicado de 3 a 5 segundos foi de  $8,0 \pm 4,6$  MPa e não foi diferente estatisticamente ( $t = -0,69$ ,  $P = 0,494$ ) da resistência adesiva dos bráquetes que foram submetidos a aplicação do *primer* auto-condicionante durante 15 segundos ( $\bar{x} = 8,9 \pm 3,4$  MPa). As comparações do índice de adesivo remanescente entre os dois grupos ( $\chi^2 = 2,16$ ) indicaram que o modo de falha não foi estatisticamente diferente ( $P = 0,340$ ) para ambos os grupos, e a maioria das falhas ocorreu na interface bráquete-adesivo. Assim, os achados desse estudo indicam que o aumento do tempo de aplicação do *primer* auto-condicionante de 3 a 5 segundos para 15 segundos não resulta em significativo aumento de resistência adesiva.

Afim de comparar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos quando o *primer* auto-condicionante e o adesivo do bráquete são polimerizados separadamente ou simultaneamente, Bishara et al., em 2007, dividiram 75 molares humanos em 5 grupos. Foram utilizados bráquetes pré-revestidos com Transbond XT. Os cinco protocolos adesivos foram: grupo 1 (controle), o *primer* Transbond Plus SEP foi aplicado, os bráquetes posicionados, e o adesivo foi fotopolimerizado por 20 segundos; grupo 2 o *primer* auto-condicionante Adper Prompt L-Pop foi aplicado, fotopolimerizado, bráquetes posicionados, e fotopolimerizados; grupos 3, foi utilizado o mesmo *primer* do grupo 2, no entanto, o *primer* e o adesivo foram fotopolimerizados no mesmo ato; grupo 4, Clearfil SE Bond foi aplicado, fotopolimerizado, bráquetes posicionados, e fotopolimerizados; grupo 5 o mesmo *primer* que foi utilizado no grupo 4, no entanto, *primer* e adesivo foram fotopolimerizados no mesmo ato. Os bráquetes foram então descolados com o auxílio de uma máquina de ensaios universal, e o esmalte foi examinado quanto ao

índice de adesivo remanescente. Foi utilizada análise de variância para comparar a resistência adesiva. A resistência adesiva do Clearfil SE Bond após uma ou duas fotopolimerizações foi significativamente maior do que os bráquetes colados com Transbond Plus. Os bráquetes colados com Adper Prompt L-Pop após uma ou duas fotopolimerizações não apresentou diferença estatisticamente significante do que os outros grupos. Os grupos não diferiram significativamente no modo de falha adesiva. Concluíram que apenas uma aplicação de fotopolimerização é necessária para colagem de bráquetes com *primers* auto-condicionantes.

Reis et al. (2008) propuseram avaliar, durante um período de 18 meses, a performance clínica de um adesivo auto-condicionante (Transbond Plus *Self-Etching Primer*, 3M Unitek) e compará-lo com adesivo convencional que requer ácido e adesivos separados (Transbond XT, 3M Unitek). Um mesmo operador colou 567 bráquetes metálicos aos dentes de 30 pacientes (idades entre 12 e 18 anos). Os bráquetes foram colados de acordo com as recomendações dos fabricantes, exceto pelo fato de que os sistemas auto-condicionantes foram aplicados por um tempo maior do que o recomendado (10-15 segundos) já que investigações prévias reportaram que ao prolongar o tempo de aplicação pode-se melhorar a eficácia adesiva de tais sistemas. As falhas adesivas foram visualmente classificadas em: esmalte-adesivo, adesivo-bráquete e falha coesiva. Os índices de falha adesiva foram analisados pelo teste Kaplan-Meier. ( $P < 0,05$ ). As taxas de falha dos adesivos auto-condicionantes e convencionais foram 15,6% e 17,6% respectivamente. Nenhuma diferença estatística foi observada entre os índices de sobrevivência entre os materiais ( $P > 0,05$ ). A maioria das falhas foram coesivas e na interface adesivo-esmalte. Não houve diferença no modo de falha de descolagem. Esses achados mostram que o Transbond Plus SEP pode ser utilizado de forma segura para colagem de bráquetes ortodônticos já que os índices de sobrevivência são similares ao

convencional Transbond XT.

O objetivo do estudo de Holzmeier et al. em 2009, foi determinar a resistência adesiva, profundidade de condicionamento e performance de descolagem de vários sistemas adesivos auto-condicionantes primariamente utilizados em dentística restauradora (iBond, Clearfil S Bond, Clearfil Protect Bond, AdheSe, Xeno III), dois adesivos auto-condicionantes experimentais (exp. Bond 1 e exp Bond 2) e um cimento experimental auto-condicionante (SE Zement) utilizado com e sem condicionamento ácido prévio, e então compará-los a um adesivo ortodôntico auto-condicionante (Transbond Plus SEP *Primer*) e à técnica convencional de ataque ácido e adesivo (Transbond XT *Primer* e ácido fosfórico). Todos os adesivos foram aplicados à dentes bovinos seguindo as instruções dos fabricantes. E então os bráquetes (revestidos com Transbond XT) foram colados (n=20). A polimerização foi realizada durante 20 segundos utilizando luz halógena. Os espécimes foram armazenados em água destilada durante 24 horas a 37°C previamente ao teste de resistência adesiva. O índice de adesivo remanescente foi determinado após a remoção de cada bráquete. Após o condicionamento a textura da superfície foi avaliada através de imagens em microscópio eletrônico, enquanto que a profundidade de condicionamento foi determinada através de um microscópio eletrônico confocal. Todos os grupos foram testados para distribuição normal e analisados aplicando os testes ANOVA, Kruskal-Wallis e teste t. A média dos valores de resistência adesiva foram: SE Zement 3,0 MPa, SE Zement com condicionamento ácido prévio 11,2 MPa, Bond experimental 17,4 MPa, Bond experimental 2 5,6 MPa, iBond 8,1 MPa, Clearfil S Bond 14,1 MPa, Clearfil Protect Bond 16,6 MPa, Clearfil SE Bond 15,9 MPa, AdheSe 16,0 MPa, Xeno III 16,1 MPa, Transbond SE *Primer* 20,7 MPa, ácido fosfórico + *primer* Transbond XT 21,0 MPa. Com a exceção do iBond não foi observado diferença significativa entre os adesivos auto-condicionantes utilizados em



dentística restauradora ou em comparação ao Transbond Plus SEP. Não houve diferença estatística mesmo quando comparado ao *primer* Transbond XT após condicionamento ácido. Ambos grupos experimentais e SE Zement sem condicionamento ácido prévio apresentaram performance significativamente pior do que os produtos mencionados acima. O exame das superfícies em microscópio revelou menores padrões de condicionamento para os adesivos auto-condicionantes do que para os sistemas convencionais de com condicionamento com ácido fosfórico. A análise em microscópio confocal revelou profundidade de condicionamento entre 0,5 e 20  $\mu\text{m}$  dependendo do produto. Quando foram utilizados produtos auto-condicionantes menor quantidade de adesivo residual foi encontrada na superfície de esmalte quando comparado ao grupo condicionado com ácido fosfórico. Foi concluído que todos os adesivos testados são adequados para colagem de bráquetes ortodônticos e para reduzir o risco de fratura de esmalte já que minimiza a profundidade de condicionamento o que pode ser relacionado à menor perda de estrutura de esmalte.

Em 2010, Chu et al., compararam a resistência à tração de bráquetes colados ao esmalte com adesivo convencional, com *primer* auto-condicionante (SEP) que combina ácido e *primer* em um único passo, e sistemas auto-condicionantes que combinam ácido, *primer* e adesivo. Bráquetes metálicos foram colados à 90 premolares humanos extraídos de acordo com três protocolos experimentais: grupo 1, sistema adesivo convencional; grupo 2, SEP; e grupo 3, sistema auto-condicionante. Todos os espécimes foram descolados em máquina de ensaio universal e as falhas ocorridas entre a superfície dental e base dos bráquetes foram observadas em microscópio eletrônico. As bases dos bráquetes foram então analisadas por espectrometria de energia dispersiva (EDS) para calcular a porcentagem de distribuição de resina ou esmalte. A resistência adesiva, distribuição de porcentagem, na interface



descolada foi determinada e analisada pelo teste ANOVA (1 fator) e Tukey. O grupo 1 foi o que produziu maior resistência adesiva, seguido pelos grupos 2 e 3. O grupo foi o que apresentou maior interface descolada entre resina e esmalte ou na própria resina, seguido pelos grupos 2 e 1. Os grupos 1 e 2 apresentaram maiores falhas adesivas entre o bráquete e a resina do que o grupo 3. Mais partículas de cálcio foram observadas na base do bráquete após a descolagem no grupo 3 do que nos grupos 2 e 1. Assim, concluíram que os procedimentos de colagem simplificados apresentaram menores valores de resistência adesiva à tração.

## **2.4 Ciclagem mecânica**

O principal objetivo do estudo de Kasim et al. (1996) foi apresentar um novo método para prever a performance clínica usando uma carga mecânica através de uma fresa esférica. Uma série de quatro experimentos (dois envolvendo um compósito híbrido, um em bráquetes ortodônticos e outro em bandas ortodônticas) é descrita em que a fresa esférica foi usada para submeter as amostras à fadiga mecânica. Um estudo reproduzível usando amostras de compósitos em barras não mostrou diferença significativa entre o tempo de sobrevivência média (TSM) em todos os grupos testados ( $P = 0.42$ ). Quando submetidos a ciclos térmicos, o TSM dos grupos ciclados foi 155.0 minutos comparado a 247.0 minutos para o grupo controle ( $P < 0.01$ ). O TSM dos bráquetes não tratados e jateados foi de 7.9 horas e 14 horas respectivamente ( $P < 0.01$ ). Também existiu uma diferença significativa ( $P < 0.001$ ) no TSM de bandas jateadas quando comparadas com bandas não tratadas. Chegaram a conclusão que a fresa esférica provou ser um conveniente e reproduzível meio para produzir fadiga mecânica e pode ser útil em prever

a performance clínica de materiais dentários.

Elíades e Brantley (2000) realizaram uma revisão de literatura, afim de demonstrar a inconsistência dos protocolos de teste de adesão ortodôntica. Examinaram a confiabilidade dos métodos de avaliação de colagem ortodôntica convencional. Uma classificação dos estudos de resistência adesiva é proposta com testes *in vivo*, *in vitro* ou *ex vivo*, modo de carga (cisalhamento, tração, torsão) e substrato (esmalte, restaurações, materiais protéticos) servindo como variáveis. Inconsistências durante os vários estágios dos protocolos das pesquisas foram analisadas, incluindo: seleção dos dentes, armazenagem, colagem, testes e análise dos resultados levando em consideração a aplicabilidade clínica da informação bem como a integridade científica dos procedimentos de teste. Uma nova abordagem para estudar a fadiga dos materiais é proposta afim de entender os processos que ocorrem previamente à falha adesiva.

Em 2006, Soderquist et al. avaliaram os efeitos da aplicação de carga, estática e cíclica, sobre a base de um bráquete metálico e três bráquetes cerâmicos. Os bráquetes foram escolhidos devido às diferentes características de suas bases. Os bráquetes de cada grupos foram colados em dentes bovinos utilizando-se o mesmo adesivo e submetidos a cargas de tração cíclica e estática. Os resultados mostram que bráquetes cerâmicos apresentam uma característica única quando comparados aos bráquetes metálicos, a mais significativa é a maior resistência adesiva. Os efeitos da carga cíclica se mostraram significativos, já que o teste de fadiga causou a diminuição da média de resistência adesiva à tração para a maioria dos grupos. Um fator adicional para a resistência adesiva pode ser a composição e design da base do bráquete. Como conclusão, as simulações de força oclusal (combinação de forças compressivas, de cisalhamento e de tração) aos materiais

ortodônticos durante estudos *in vitro* de acordo com o uso clínico podem descrever adequadamente sua real performance clínica.

O objetivo do estudo de Padipatvuthikul e Mair (2008) foi comparar a resistência ao cisalhamento de metais cimentados ao esmalte com cimento resinoso, com limite de fadiga (Fatigue Limit) e tempo fadiga (Fatigue Life). Foram confeccionados 285 discos de liga de NiCr (dia 5mmX4mm) e tratados da seguinte maneira: (1) jateados com óxido de alumínio ou (2) jateamento + 15 minutos de imersão em HCl. Os discos foram colados ao esmalte condicionado com ácido fosfórico 37% por 30 segundos utilizando 3 tipos diferentes de sistemas adesivos. Dez discos de cada grupo foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento em máquina de ensaios universal. Dezesete discos de cada grupo foram utilizados para determinar o limite de fadiga utilizando o método de "Staircase" (5000 ciclos, 4 kg). Outros 10 discos foram submetidos a ciclos de carga de 5, 10 e 20 kg para determinar o número de ciclos quando havia falha adesiva. (Tempo de Fadiga). Os resultados de resistência ao cisalhamento e Limite de Fadiga foram comparados com análise de correlação. Os ciclos de tempo de fadiga foram comparados através de análise de Weibull para determinar os coeficientes de confiabilidade ( $\beta$ ) e número de ciclos ( $\alpha$ ) para as três cargas aplicadas. Para todos os materiais e tratamentos, os resultados do limite de fadiga foram bem menores que os de resistência ao cisalhamento, e não houve correlação entre os valores ( $r = 0.49$ ,  $p = 0.18$ ). O limite de fadiga para todas as amostras utilizando 5000 ciclos foi de 10.7 a 16.1MPa. No estudo de tempo de fadiga o estresse que as amostras foram capazes de suportar mais de 1 milhão de ciclos foi de 2.5MPa. Assim, os pesquisadores concluíram que o limite de fadiga foi menor que a resistência ao cisalhamento e não houve correlação entre os dois valores. E nesse estudo o limite de fadiga não pôde prever a vida de fadiga das falhas a longo prazo das amostras testadas.

Algera et al. (2008) avaliaram a influência de ciclos de carga e tipo de adesivo, na resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos. Os materiais estudados foram: Transbond XT, Fuji Ortho LC e Fuji IX Fast. Os testes de resistência ao cisalhamento e limite de fadiga foram realizados após armazenagem em água a 37<sup>0</sup>C durante 72 horas. O teste de limite de fadiga foi realizado pelo método “Staircase” a 10.000 ciclos. Os resultados foram analisados através dos testes ANOVA e Tukey. ANOVA mostrou diferença significativa entre as resistências adesivas de todos os grupos.

### 3 PROPOSIÇÃO

Avaliar a os efeitos das ciclagens térmica e termomecânica na resistência adesiva de bráquetes ortodônticos colados ao esmalte bovino com *primers* convencionais e auto-condicionantes.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Amostra

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP, sendo aprovado sob o protocolo nº 03/2011 - PA/CEP (Anexo A).

A amostra foi composta por 90 incisivos bovinos clinicamente hígidos, adquiridos no frigorífico Mantiqueira/ São José dos Campos. Os dentes foram extraídos, limpos com lâminas de bisturi, lavados com água destilada e polidos com pasta de pedra-pomes e água por meio da utilização de uma escova de Robinson. Suas raízes foram então seccionadas no limite amelocementário com o auxílio de um disco de *carborundum* e descartadas. A câmara pulpar foi limpa com curetas periodontais e limas endodônticas calibre 40, e irrigada com água destilada. O orifício radicular foi obliterado com cera utilidade (Horus – Herpo Produtos Dentários Ltda), para que não ocorresse a penetração de resina durante o embutimento.

Os dentes foram então posicionados em tubos cilíndricos de PVC (Tigre, Brasil) mantendo a face vestibular posicionada no fundo da base, e então foram embutidos com resina acrílica (Induspol Ind. e Com. de Polímeros Ltda, São Paulo/SP). Os corpos-de-prova foram polidos em politriz com auxílio de lixas d'água (3M, Brasil) de granulações 200, 400 e 600 obtendo as dimensões finais de 2,5 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura.

Para a obtenção de superfícies vestibulares planas e paralelas à base do bloco, as mesmas foram submetidas ao aplainamento com lixas

d'água nas granulações 200, 400, 600 e 1200 (3M – Brasil) com o auxílio de politriz, sempre na presença de água, mantendo-se uma pressão uniforme e constante. O desgaste superficial foi realizado até que uma área de pelo menos 25mm<sup>2</sup> de esmalte fosse exposta.

Assim, os corpos-de-prova obtiveram dimensões apropriadas para que fossem fixados ao aparato para a realização do teste de cisalhamento, e as superfícies vestibulares adequadas para a colagem dos bráquetes.

## 4.2 Material

Os corpos-de-prova foram divididos aleatoriamente em 2 grupos (n=45), de acordo com o *primer* utilizado na colagem dos bráquetes: Grupo **XT** – colagem com *primer* convencional hidrofóbico (Transbond XT, 3M Unitek, Monrovia, Calif); Grupo **SEP** – colagem com *primer* auto-condicionante (Transbond Plus SEP, 3M Unitek, Monrovia, Calif). Todos os espécimes foram colados com adesivo resinoso Transbond XT (3M Unitek, Monrovia Calif). O Quadro 1 e a Figura 1 apresentam o material utilizado na colagem dos bráquetes.

Quadro 1- Materiais utilizados na colagem dos bráquetes ortodônticos.

Nome comercial	Tipo de sistema	Fabricante
Transbond XT	Convencional	3M Unitek USA
Transbond Plus SEP	Auto-condicionante	3M Unitek USA
Adesivo Transbond XT		3M Unitek USA
Bráquetes metálicos para incisivos centrais superiores		3M Unitek USA

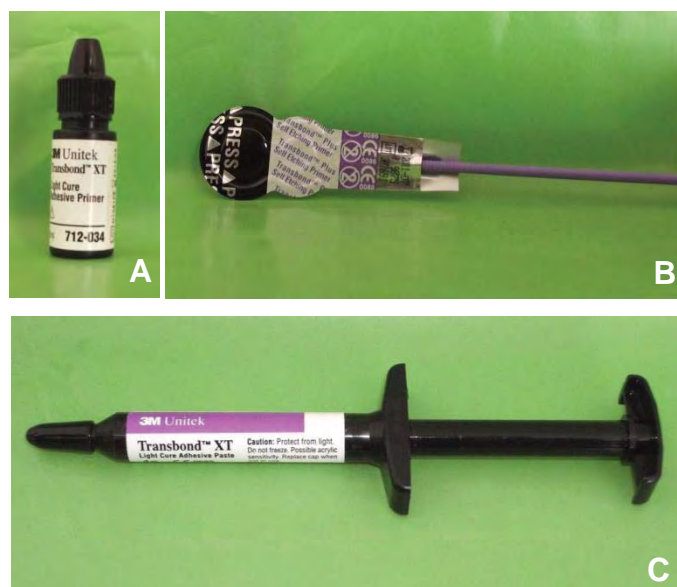


Figura 1 - Materiais utilizados: a) *Primer* Transbond XT; b) *Primer* Transbond Plus SEP; c) Adesivo Transbond XT.

Os bráquetes utilizados são compostos de aço 17/4, apresentando em sua base uma malha micro-jateada de 80 $\mu$ m. O adesivo Transbond XT (3M Unitek, USA), é composto por Bis-GMA, silano, n-dimetilbenzocaína e hexa-flúor-fosfato. O sistema Transbond Plus Self Etch *Primer* é composto por: mono e di-hema-fosfato, canforoquinona, água destilada, aminobenzoato, hexafluortitanato de potássio, butilhidroxitolueno, metilparabeno e propilparabeno.

#### 4.3 Colagem dos bráquetes

Para todos os grupos, as superfícies vestibulares dos espécimes receberam polimento com pasta de pedra-pomes e água, por meio da utilização de escova de Robinson, montada em micromotor de baixa velocidade, por 10s, para a remoção de possíveis detritos. Após a limpeza, as superfícies foram lavadas com água destilada por 10s e secas



com jatos de ar.

Os dois grupos receberam então a colagem dos bráquetes ortodônticos, de acordo com o material adesivo e seguindo as recomendações dos fabricantes. A fotoativação foi realizada com o auxílio do aparelho tipo LED (Schuster Emitter, Schuster Comércio de Equip. Odontont. Ltda, nº de série 140uLX) pelo tempo determinado pelos fabricantes de cada material.

Em seguida cada grupo foi subdividido em 3 grupos (n=15): grupo **SC** (sem ciclagem) – foi realizado o teste de cisalhamento sem qualquer tipo de ciclagem prévia; grupo **CTM** (ciclagem termomecânica) – foi realizada a ciclagem termomecânica das amostras previamente ao teste de cisalhamento; grupo **CT** (ciclagem térmica) – as amostras receberam ciclos térmicos previamente ao teste de cisalhamento.

O Quadro 2 apresenta o resumo da divisão dos CPs em seus respectivos grupos de acordo com o sistema adesivo utilizado e tipo de ciclagem realizada previamente ao teste de cisalhamento.

Quadro 2 - Divisão dos grupos experimentais

<b>Grupo</b>	<b>Primer</b>	<b>Tipo de Ciclagem</b>
1 (XT/SC)	Transbond XT	Sem ciclagem
2 (XT/CTM)	Transbond XT	Ciclagem Termomecânica
3 (XT/CT)	Transbond XT	Ciclagem Térmica
4 (SEP/SC)	Transbond Plus SEP	Sem Ciclagem
5 (SEP/CTM)	Transbond Plus SEP	Ciclagem Termomecânica
6 (SEP/CT)	Transbond Plus SEP	Ciclagem Térmica

#### 4.4 Procedimento de colagem dos bráquetes

Para todos os grupos as superfícies vestibulares dos espécimes receberam polimento com pasta de pedra-pomes e água, por meio da utilização de escova de Robinson, montada em micromotor de baixa velocidade, por 10 segundos, para a remoção de possíveis detritos. Após a limpeza, as superfícies foram lavadas com água destilada por 10 segundos e secas com jatos de ar. Em seguida, para os grupos 1, 2 e 3, foi realizado o condicionamento da superfície com ácido fosfórico a 37% (3M, ESPE, USA) durante 30 segundos. Esse ácido era lavado por 10 segundos com água destilada e a superfície seca com jato de ar. Então foi aplicado o *primer* Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, Calif), e ligeiro jato de ar. O bráquete era posicionado com o adesivo Transbond XT em sua base, removidos os excessos e fotopolimerizado por 10 segundos em cada face do bráquete (mesial, distal, cervical e incisal). Para os grupos 4, 5 e 6, foi realizado o condicionamento ativo através da aplicação do sistema *Transbond Plus Self Etch Primer* SEP (3M Unitek Miami/USA), ácido e *primer* incorporados, esfregando-se a superfície do esmalte pelo tempo de 5 segundos com aplicador próprio, conforme determinado pelo fabricante e imediatamente após, as superfícies foram levemente secas com um breve jato de ar. Após o condicionamento e leve secagem, os bráquetes metálicos para incisivos centrais superiores foram posicionados com o adesivo resinoso Transbond XT e fotopolimerizados por 10 segundos em cada face com o auxílio do aparelho fotopolimerizador Schuster Emitter (Schuster Comércio de Equip. Odont. Ltda, nº de série 140uLX).

Como os grupos **1** e **4** não receberam qualquer tipo de ciclagem, foram submetidos ao teste de cisalhamento imediatamente após a colagem dos bráquetes.

#### 4.5 Termociclagem

Como os adesivos ortodônticos são rotineiramente submetidos a variações térmicas na cavidade oral, é importante determinar se tais variações de temperatura introduzem estresse no adesivo, podendo influenciar na resistência adesiva (Bishara et al., 2007). Assim, os grupos **3** e **6** foram submetidos a ciclos de variação térmica. Para a realização do teste de fadiga térmica foi utilizado o aparelho Simulador de Fadiga (ER 11000, ERIOS, São Paulo, SP, Brasil). Foram realizados 500 ciclos que variam entre 5°C e 55°C (ISO 11405), simulando um ano de tratamento clínico. A Figura 2 apresenta os corpos-de-prova posicionados para a realização da termociclagem.



Figura 2 - Corpo-de-prova posicionado para fadiga artificial: a) base de 45°; b) base e CP instalados no interior da máquina de fadiga.

#### 4.6 Ciclagem termomecânica

Para a realização do teste de fadiga termomecânica foi utilizado o aparelho Simulador de Fadiga mecânica (ER 11000, ERIOS, São Paulo, SP, Brasil). Os espécimes dos grupos **2** e **5** foram apoiados em uma base metálica com angulação de  $45^\circ$  de maneira que a ponta metálica com diâmetro de 2,5 mm, fixada na haste superior na máquina de ciclagem, induzisse impulsos de carga com intensidade de 1bar, com freqüência de 4 Hz (quatro ciclos por segundo) sobre o bráquete. As amostras foram submetidas a 100.000 ciclos mecânicos e 500 ciclos térmicos que variavam de  $5^\circ\text{C}$  a  $55^\circ\text{C}$ , simulando um ano de tratamento clínico. A Figura 3 apresenta os corpos-de-prova posicionados no interior da máquina de fadiga para a realização do ensaio termomecânico.



Figura 3 – Corpo-de-prova posicionado para fadiga mecânica: a) pistão incidindo sobre o bráquete; b) CPs instalados no interior da máquina de fadiga.

#### 4.7 Teste de resistência ao cisalhamento

Os corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. Os valores de resistência, foram obtidos com o auxílio de uma máquina de ensaios universal EMIC DL2000 (EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda., Paraná - Brasil), com uma célula de 100Kg de carga, a uma velocidade de 1,0mm/min.

Com o objetivo de se evitar qualquer movimentação dos corpos-de-prova, os mesmos foram fixados individualmente em uma base metálica, e desta forma, o conjunto corpo-de-prova/base metálica era posicionado na porção inferior da base da máquina de ensaios. Na porção superior móvel da máquina, foi fixada uma ponta metálica cuja extremidade possui um formato de lâmina de faca biselada que incide na interface bráquete e superfície do esmalte dental.

A carga necessária para descolar ou iniciar a fratura era registrada em kilograma força por milímetro quadrado ( $\text{Kgf/mm}^2$ ), por meio de um computador conectado à máquina universal de ensaio EMIC, em um programa gerenciado pelo Windows 2002 (Microsoft), e o valor obtido baseado na superfície da base do bráquete, era convertido em MPa. Os bráquetes apresentavam área de  $8,44 \text{ mm}^2$ . A Figura 4 apresenta os corpos-de-prova posicionados em aparato específico para a realização do teste de cisalhamento em máquina de ensaios universal (EMIC).

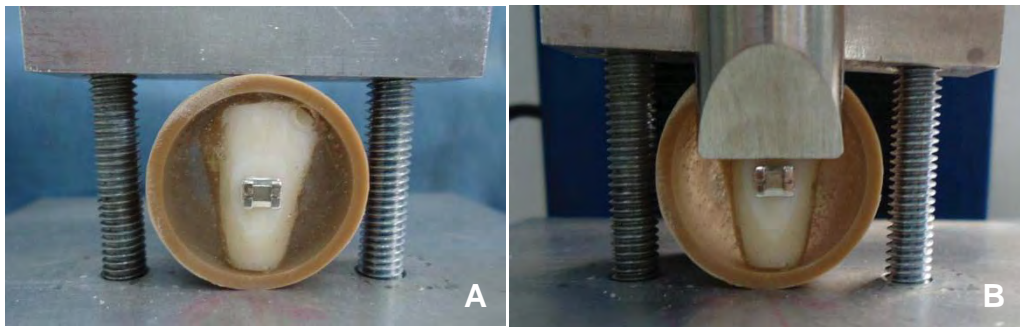


Figura 4 – a) Corpo-de-prova montado em aparato para realização do ensaio de cisalhamento; b) Lâmina biselada incidindo sobre o bráquete para o ensaio de cisalhamento.

#### 4.8 Índice de adesivo remanescente

Após a descolagem dos bráquetes foi realizado o Índice de Adesivo Remanescente (IAR) proposto por Artun e Bergland em 1984, com o objetivo de verificar a presença e/ou ausência de adesivo na superfície vestibular do esmalte dos dentes após a remoção dos bráquetes. Para a análise das superfícies, foram realizadas fotomicrografias em Estereomicroscópio Zeis Stemi 200-C acoplado a uma máquina fotográfica digital (Sony Cybershot 4.1 megapixels), a fim de classificar a quantidade de adesivo remanescente, tal manobra foi realizada sempre por um mesmo operador. A Figura 5 apresenta o corpo-de-prova posicionado para a realização de fotomicrografia em estereomicroscópio.

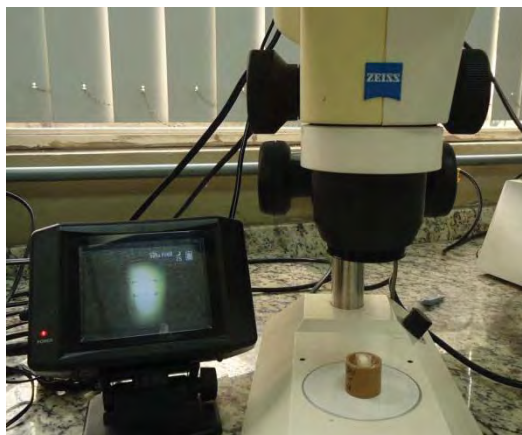


Figura 5 – Estereomicroscópio com câmera digital acoplada para a realização das fotomicrografias.

O IAR apresenta uma escala de 0 a 3, sendo: índice 0 = ausência de adesivo na superfície do esmalte, índice 1 = menos da metade de adesivo remanescente na superfície do esmalte, índice 2 = mais da metade de adesivo remanescente na superfície do esmalte, índice 3 = todo o adesivo remanescente na superfície do esmalte com a impressão da base do bráquete.

A Figura 6 representa a escala do IAR.

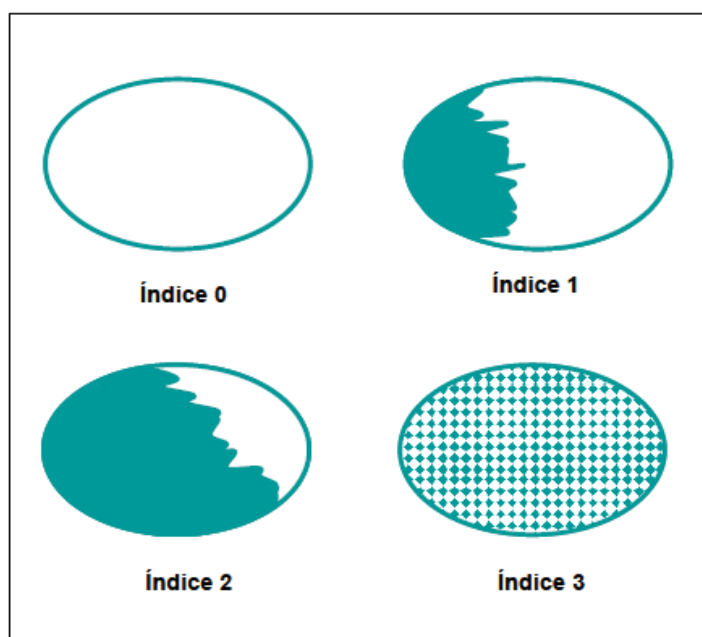


Figura 6 - Escala do Índice de Adesivo Remanescente.



#### 4.9 Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Após o teste de resistência ao cisalhamento, 2 corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos à análise em microscópio eletrônico de varredura a fim de avaliar o remanescente de adesivo e a superfície do esmalte.

Para tal, cada CP foi seccionado de maneira que apenas a região de esmalte em que estava aderido o bráquete ortodôntico fosse utilizada na análise microscópica, sendo o restante descartado. O corte foi realizado com o auxílio de uma máquina MicroMill (Manrod Quality Machines), obtendo secção de 6mm de diâmetro. A Figura 7 expõe os cortes realizados em esmalte, para posterior leitura em microscópio eletrônico de varredura.

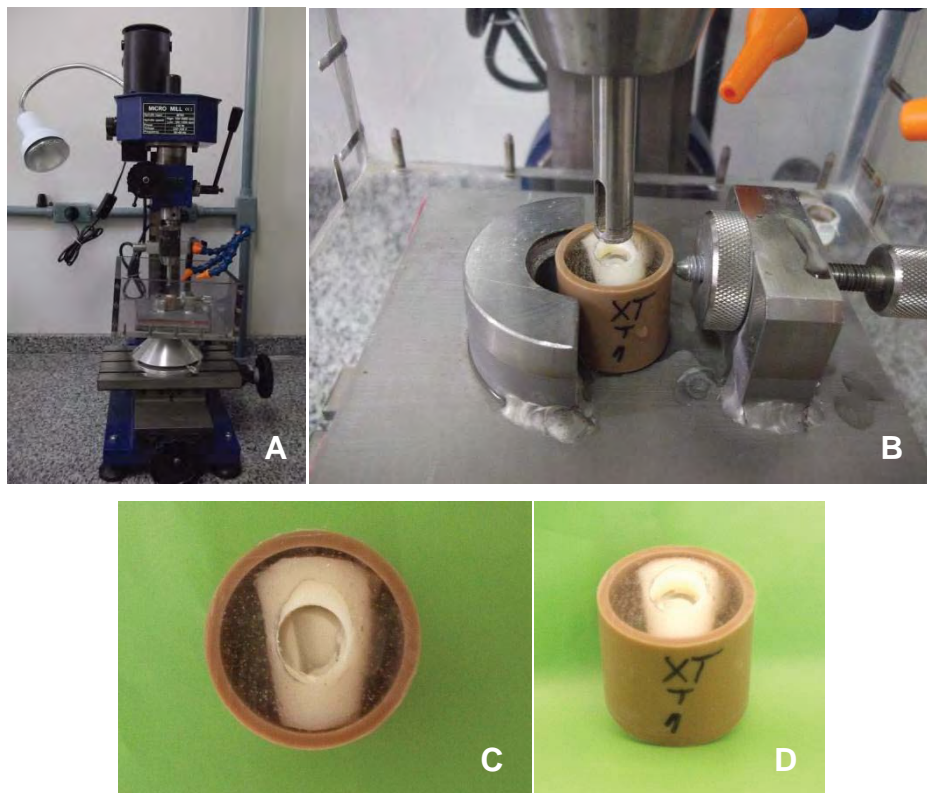


Figura 7 – a) Máquina MicroMill; b) Trefina realizando corte da região do esmalte; c) e d) secção do esmalte na região dos bráquetes.



Em seqüência, os corpos-de-prova foram levados a um aparelho metalizador (Denton Vacuum – Desk II) formado por um cilindro de vidro composto por uma base para os *stubs* e na outra extremidade uma placa de ouro fixada produzindo vácuo em uma atmosfera de argônio. Para tal análise foi realizada a manobra de *sputtering* que consiste em cobrir a superfície dos CPs com uma fina camada de ouro, servindo como anteparo aos elétrons tornando a superfície condutora, capacitando a captação das imagens. Desta forma, fecha-se o circuito, formando uma diferença de potencial entre a placa de ouro (cátodo) e a superfície dos CPs (anodo), suficiente para ionizar o gás dentro da câmara e originar uma “nuvem” violácea espalhando uma fina camada de ouro por toda a câmara inclusive sobre os CPs, de espessura em torno de 100-200Å em um período de 2 min de *sputtering*. O metalizador é apresentado na Figura 8.



Figura 8 - Evaporador de alta pressão DV – 502-Dentron NJ, onde os CPs foram metalizados com ouro para tornarem-se condutores.

A obtenção das imagens foi possível através de bombardeamento com um feixe de elétrons sobre a superfície dos CPs, sob vácuo, gerando elétrons secundários emitidos por sua superfície e capturados por um coletor. Um sinal luminoso é então emitido, amplificando e convertendo

em sinal eletrônico, permitindo assim a reprodução fiel ponto-a-ponto da superfície do CP.

A análise dos corpos-de-prova, foi feita através da captação das imagens por meio de um software específico acoplado ao MEV (Scanning Microscope- JSM – 840ª Geol, Tokio- Japão) utilizando 20KV de energia, permitindo a obtenção das fotomicrografias. O microscópio eletrônico de varredura é apresentado na Figura 9 a seguir.



Figura 9 - Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) onde foi realizada a análise microscópica.

A Figura 10 representa o delineamento experimental da pesquisa.

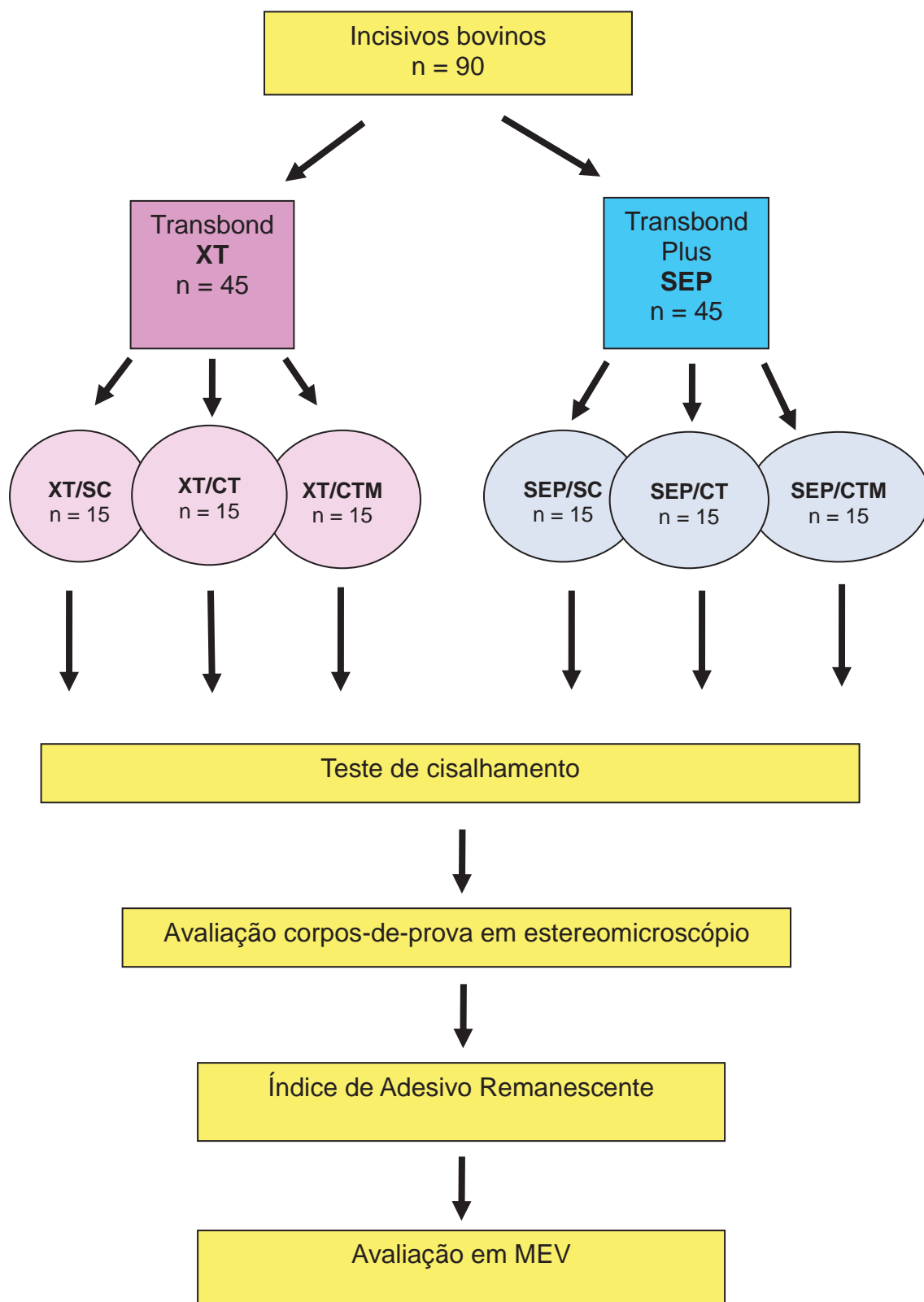


Figura 10 - Delineamento experimental.

#### 4.10 Planejamento experimental

O experimento segue um esquema fatorial do tipo 2 x 3. As variáveis experimentais, ou fatores em estudo, foram o Tipo de *Primer* (Transbond XT ou Transbond Plus SEP) e o Tipo de Ciclagem (sem ciclagem - **SC**, ciclagem termomecânica – **CTM**, e ciclagem térmica - **CT**).

A variável resposta foi o valor de resistência adesiva obtido no ensaio de cisalhamento.

A unidade experimental foi o dente bovino e os corpos-de-prova foram designados aleatoriamente às seis condições experimentais, sob 15 repetições.

#### 4.11 Análise estatística da resistência adesiva

Obteve-se 90 dados que foram submetidos à análise estatística por meio dos programas computacionais: MINITAB (Minitab, version 15.0, 2006) e Prism (GraphPad, version 5.0, 2006).

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias, desvios padrão e representação gráfica por meio de gráficos de colunas.

A estatística inferencial consistiu no teste de Análise de Variância (ANOVA) dois fatores, efeito fixo.

O estudo do efeito interação foi conduzido por meio do gráfico de médias e pelo teste de comparação múltipla de Tukey.

O nível de significância adotado foi o valor convencional de 5%.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo, apresentamos os resultados obtidos no ensaio de cisalhamento, conforme proposição e metodologia pré-determinados quanto à análise estatística descritiva e análise estatística inferencial.

Desta forma, o presente capítulo será apresentado em 4 ítems: análise estatística descritiva, análise estatística inferencial, análise do Índice de Adesivo Remanescente e análise em Microscópio Eletrônico de Varredura.

### 5.1 Análise estatística descritiva

A estatística descritiva é apresentada na Tabela 1 e Figura 11.

Tabela 1 - Média ( $\pm$ desvio padrão) dos valores de cisalhamento (MPa) obtidos, segundo as condições experimentais estabelecidas pelo Tipo de *Primer* e Tipo de Ciclagem

Transbond XT			Transbond Plus SEP		
SC	CT	CTM	SC	CT	CTM
11,44 $\pm$ 5,23	11,20 $\pm$ 4,88	11,19 $\pm$ 3,44	12,26 $\pm$ 2,80	14,99 $\pm$ 4,38	16,84 $\pm$ 5,95
11,27 $\pm$ 4,48			14,70 $\pm$ 4,85		

Nota-se que a condição XT e SEP apresentam a mesma dispersão e o mesmo ocorre para os tipos de ciclagem, tanto para XT quanto para SEP.

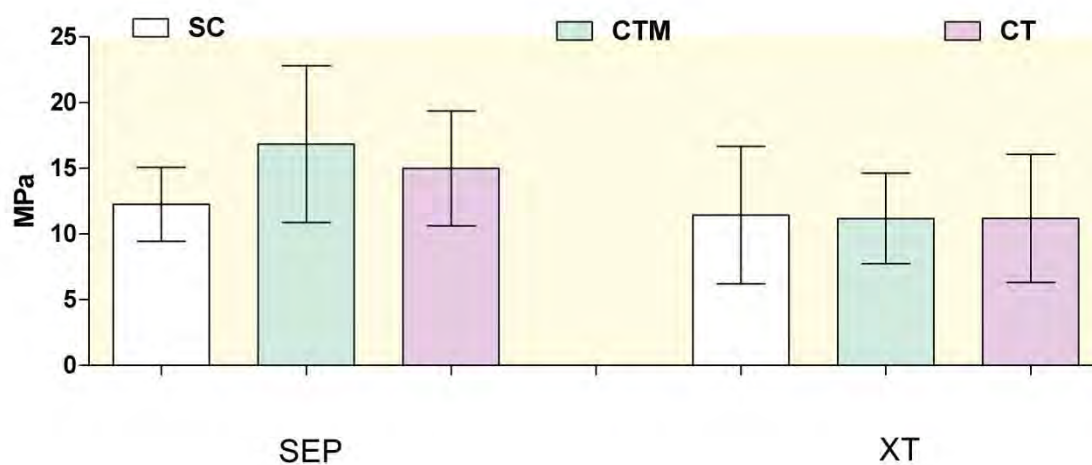


Figura 11 - Efeito Ciclagem segundo o Tipo de *Primer*. Gráfico de colunas (média  $\pm$  desvio padrão) dos valores de resistência adesiva obtidos em 15 bráquetes no ensaio de cisalhamento segundo o Tipo de *Primer* (Transbond XT e Transbond Plus SEP) e três diferentes Tipos de Ciclagem (Sem Ciclagem, Ciclagem Termomecânica e Ciclagem Térmica).

Diante das informações numéricas contidas na Tabela 1, nota-se que para os grupos do *Primer* Transbond XT a resistência adesiva manteve-se semelhante independente do tipo de ciclagem. Quando se considera o *Primer* Transbond Plus SEP, observa-se maiores valores de resistência adesiva para o grupo em que foi realizada a ciclagem termomecânica, seguido do grupo em que foi realizada apenas a ciclagem térmica e do grupo em que não foi realizado qualquer tipo de ciclagem.

Quando se desconsidera o efeito da ciclagem, a condição SEP é mais resistente ( $14,70 \pm 4,85$  MPa) que XT ( $11,27 \pm 4,48$  MPa).

## 5.2 Análise estatística inferencial

Tendo em vista a proposição deste estudo que foi a verificação da influência do tipo de ciclagem (Sem Ciclagem, Ciclagem Termomecânica

e Ciclagem Térmica) e do tipo de *primer* (XT vs SEP) na adesão de bráquetes ortodônticos metálicos na superfície do esmalte de dentes bovinos, foi efetuado o teste ANOVA (dois fatores).

O resultado do teste é apresentado na Tabela 2 e Figura 12, após serem avaliadas as suposições do modelo de análise de variância. Os valores residuais, decorrentes do ajuste do modelo adotado, foram examinados para avaliar a adequabilidade do modelo para válidas inferências estatísticas. Os dados originais propiciaram um adequado ajuste, porque os valores residuais se ajustam a uma distribuição normal de probabilidade, e, ainda foi verificada a uniformidade dos resíduos por meio do gráfico de valores residuais em relação aos valores ajustados.

Tabela 2 - ANOVA (2-fatores) para os dados (MPa) obtidos no ensaio de cisalhamento

<b>Efeito</b>	<b>gl</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Adesivo	1	263,82	263,819	12,62	0,0006
Ciclagem	2	70,67	35,334	1,69	0,1908
Adesivo*Ciclagem	2	89,06	44,528	2,13	0,1253
Resíduo	84	1756,50	20,911		
Total	89	2180,04			

\*p<0,05

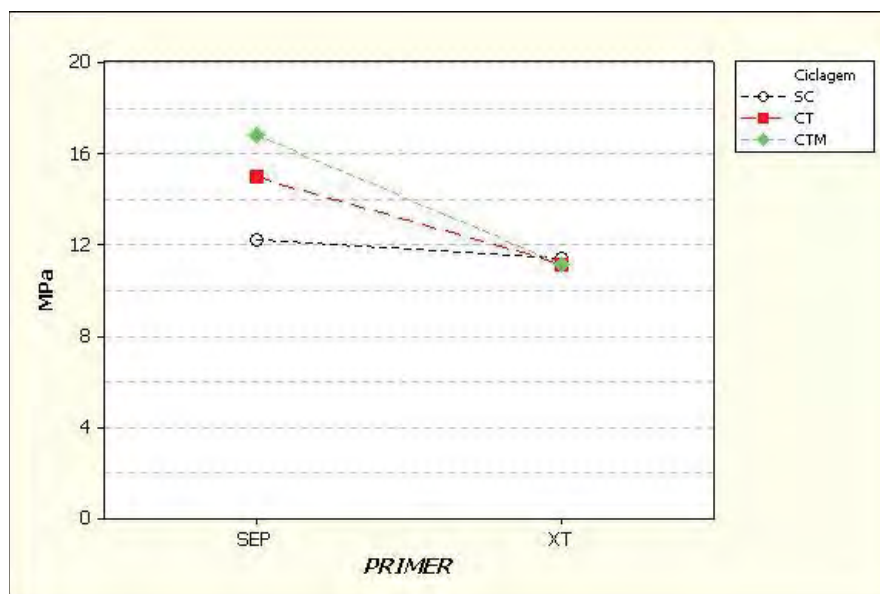


Figura 12 - Efeito Ciclagem. Gráfico de médias dos valores de resistência obtidos nos bráquetes durante o ensaio de cisalhamento (MPa), segundo o efeito do Tipo de Ciclagem.

Diante do exposto, o teste ANOVA - 2 fatores (Tabela 2) revela que o efeito interação não é estatisticamente significante; indicando, assim, que o efeito do tipo de ciclagem para o grupo Transbond XT é o mesmo para o grupo Transbond Plus SEP. Assim como o efeito do tipo de ciclagem também não apresenta diferença estatisticamente significativa entre os grupos XT e SEP.

O teste ANOVA indica que o efeito principal, tipo de *primer* (XT vs SEP) é estatisticamente significativo.

Quando se desconsidera o efeito tipo de ciclagem, o *primer* Transbond Plus SEP apresenta maior resistência adesiva (14,70 MPa) dos bráquetes quando comparado ao *primer* Transbond XT (11,27 MPa).

Quando se comparam os valores médios referentes às seis condições experimentais, por meio do teste de comparação múltipla de Tukey (5%), são formados dois grupos de mesmo desempenho, Tabela 3.



Tabela 3 - Formação de grupos de mesmo desempenho, após a aplicação do teste de Comparação Múltipla de Tukey (5%)

<b>Primer</b>	<b>Ciclagem</b>	<b>Média</b>	<b>Grupos Homogêneos*</b>
SEP	CTM	16,841	A
SEP	CT	14,991	AB
SEP	SC	12,263	AB
XT	SC	11,440	B
XT	CT	11,195	B
XT	CTM	11,187	B

\* Conjuntos que apresentam letras iguais indicam diferença estatisticamente não significante

Por meio da Tabela 3, pode-se concluir que: 1º) a condição (SEP / CTM) não difere das condições (SEP /SC) e (SEP/ CT); 2º) a condição (XT / CTM) não difere das condições (XT /CT) e (XT / SC); 3º) as três condições estabelecidas nos tipos de ciclagem e *primer* XT apresentam valores de resistência médias similares que não diferem estatisticamente entre si, porém, diferem apenas para a ciclagem termomecânica com o *primer* SEP; 4º) as condições (SEP / CT) e (SEP / SC) apresentam um comportamento intermediário frente às demais condições.

Sendo assim: a) a condição de maior resistência é aquela apresentada pelo SEP/CTM; b) as condições de menor resistência se enquadram no grupo XT independente do tipo de ciclagem; e c) as condições SEP/SC e SEP/CT não diferem das condições XT.

### 5.3 Análise do Índice de adesivo Remanescente

Para avaliar a condição do esmalte após a remoção dos bráquetes foi escolhido como análise o Índice de Adesivo Remanescente (IAR).

As 6 condições experimentais estão apresentadas na tabela de distribuição de freqüência e correspondente representação gráfica, Tabela 4 e Figuras 13 a 17.

A distribuição de frequência absoluta e relativa do IAR é apresentada na Tabela 4. Nota-se que a condição de maior quantidade de adesivo é aquela sob IAR=3 quando empregado SEP sob CTM.

Com relação ao índice de adesivo remanescente, a Tabela 4 apresenta a frequência de distribuição apresentada pelos grupos Tipo de Ciclagem e Tipo de *Primer*.

Tabela 4 – Distribuição da frequência absoluta e relativa do IAR para os grupos Tipo de *Primer* e Tipo de Ciclagem

Primer	Ciclagem	IAR = 0	IAR = 1	IAR = 2	IAR = 3
SEP	SC	2	13,33	8	53,33
XT		6	40,00	5	33,33
SEP	CT	2	13,33	9	60,00
XT		9	60,00	3	20,00
SEP	CTM	2	13,33	2	13,33
XT		7	46,67	5	33,33

A Figura 13 representa a distribuição dos índices de adesivo remanescente quando os grupos de tipo de ciclagem são agrupados entre si.

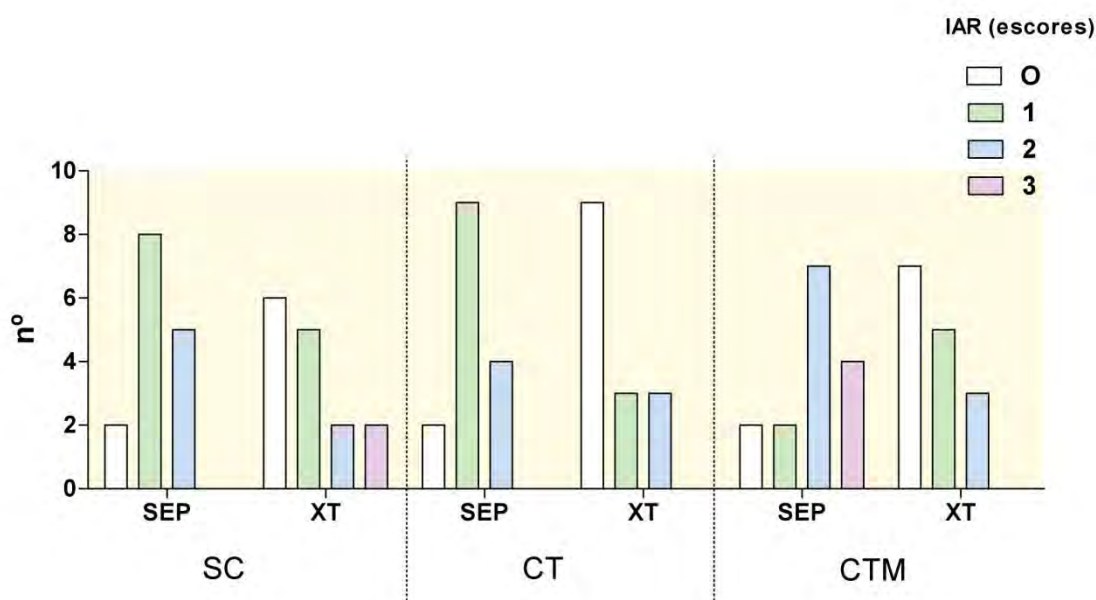


Figura 13 - Distribuição da frequência dos índices de adesivo remanescente segundo o Tipo de *Primer* e Tipo de Ciclagem

As Figuras 14 a 17 representam a distribuição dos índices de adesivo remanescente segundo o Tipo de *Primer* e Tipo de Ciclagem.

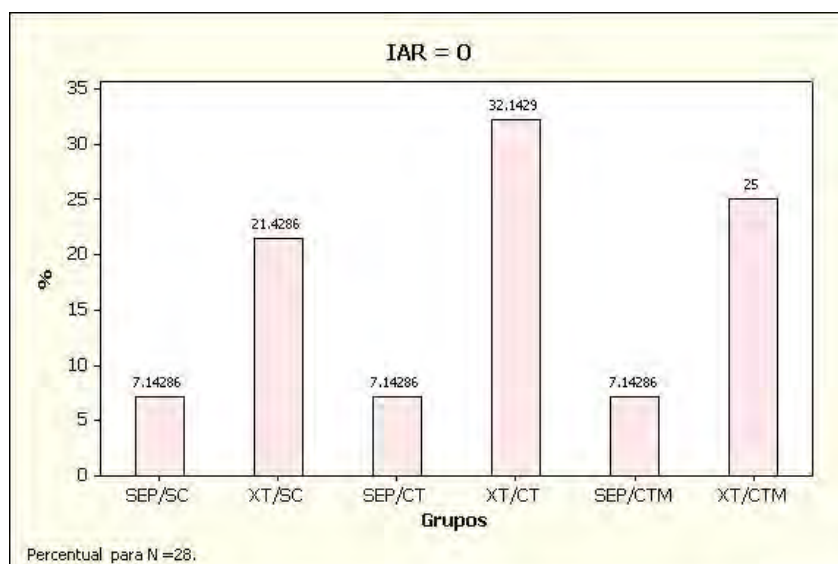


Figura 14 - Distribuição da freqüência do Índice de Adesivo Remanescente = 0.

Pode-se observar na Figura 14 que a condição XT/CT se apresenta inferior aos demais, já que 0 representa ausência de adesivo remanescente na superfície de esmalte.

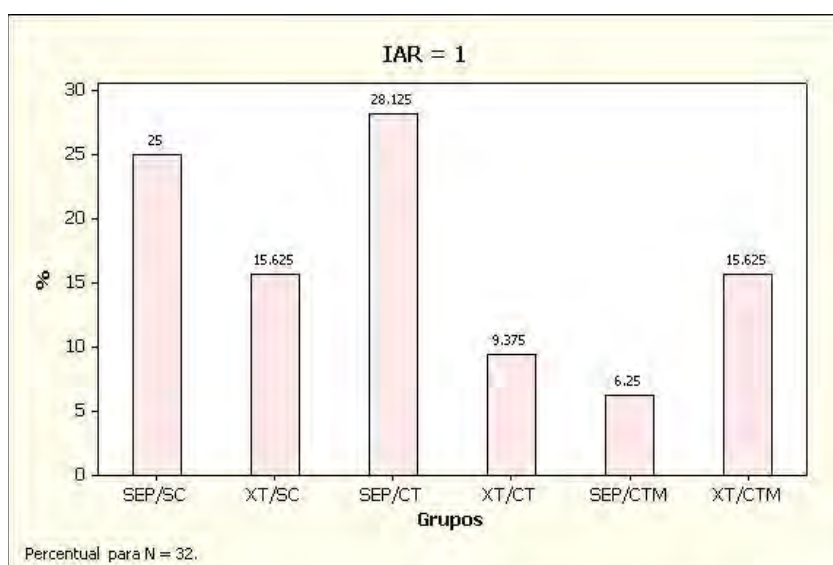


Figura 15 - Distribuição da frequência do Índice de Adesivo Remanescente = 1.

Para IAR=1, o grupo que se destaca é SEP/CT, evidenciando que a condição de menos da metade de adesivo remanescente na superfície de esmalte.

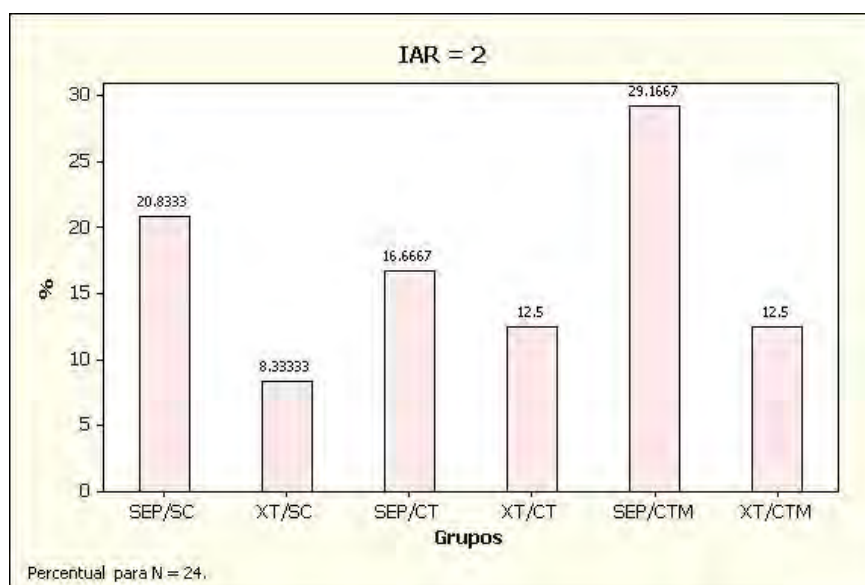


Figura 16 - Distribuição da frequência do Índice de Adesivo Remanescente = 2.

A Figura 16 mostra que o grupo que mais apresentou IAR=2, foi SEP/CTM, uma vez que em tal grupo observou-se mais da metade de adesivo remanescente sobre a estrutura dental.

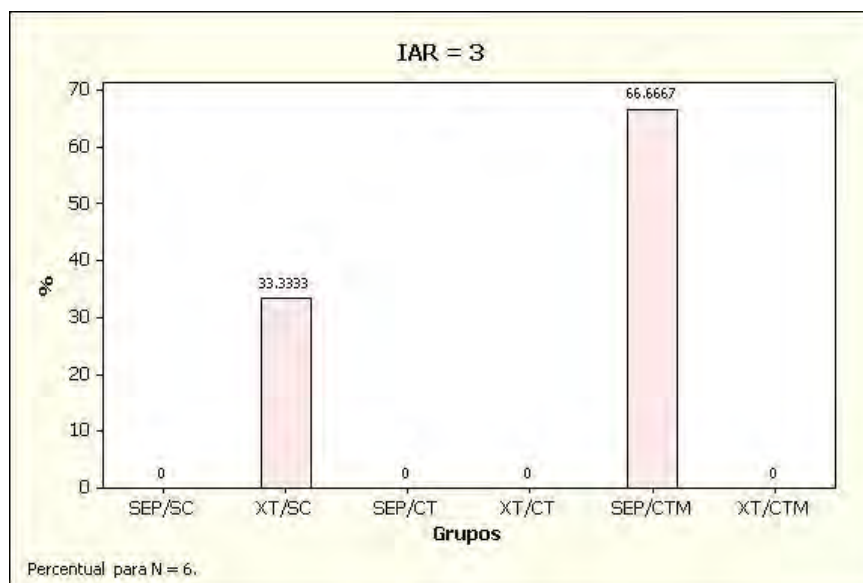


Figura 17 - Distribuição da frequência do Índice de Adesivo Remanescente = 3.

A condição de maior adesividade é representada pelo IAR=3, uma vez que tal escore representa que restou todo o adesivo sobre a superfície dental. Observa-se que o grupo que mais apresentou tal condição foi SEP/CTM.

#### 5.4 Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Após o teste de cisalhamento, duas amostras de cada grupo foram submetidas à análise microscópica em MEV. Para tanto, a secção de esmalte de cada grupo foi posicionada em um *stub* com o auxílio de uma fita de carbono condutora para serem levados a um aparelho metalizador (Denton Vacuum – Desk II) como mostra a Figura 18 a seguir.

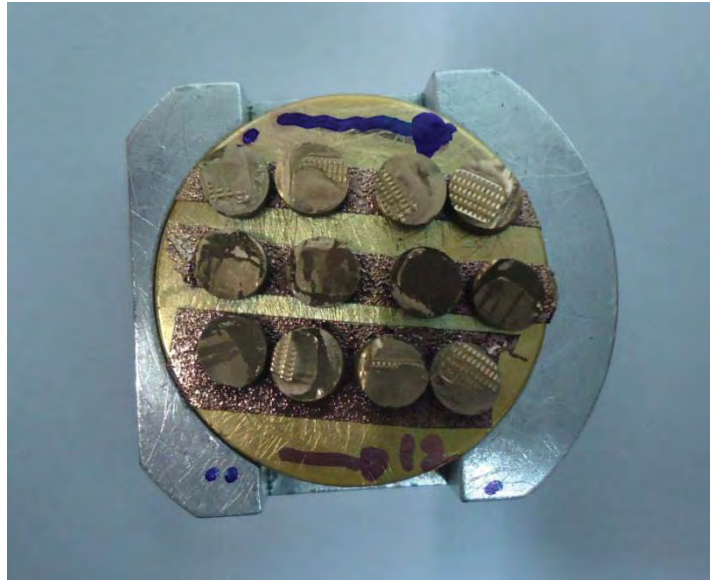


Figura 18 - Seções de esmalte posicionadas em *stub* após *sputtering*.

A obtenção das imagens foi realizada em aumentos diferentes. Macro imagens em aumento de apenas 15x revelam toda a superfície da secção do esmalte apresentando toda a área de esmalte e a quantidade de adesivo remanescente como mostram as Figuras 19 e 20.

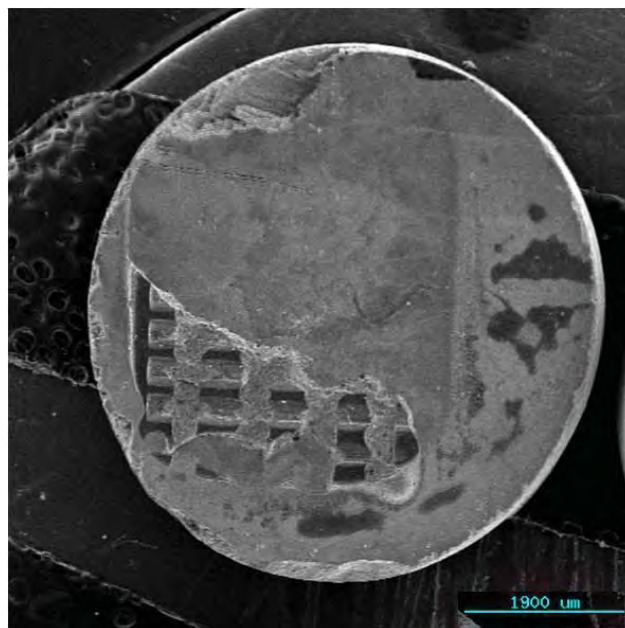


Figura 19 - Macro imagem com aumento de 15x da secção de esmalte do grupo SEP/CT.

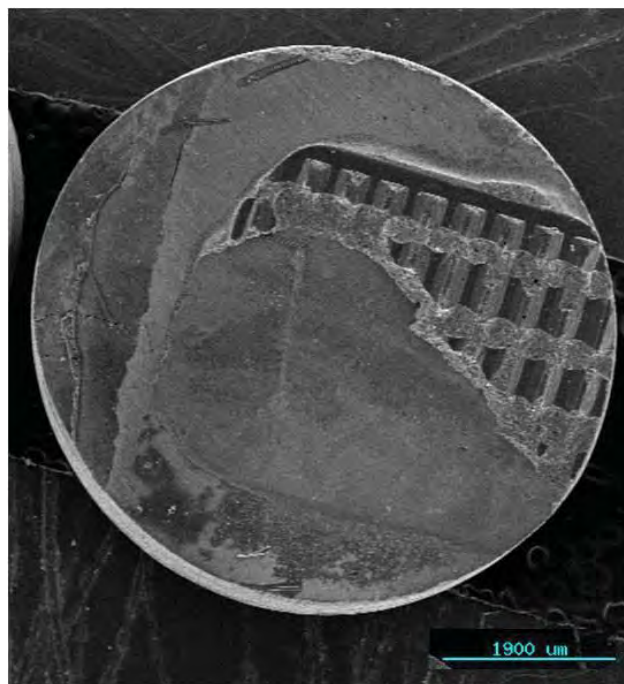


Figura 20 - Macro imagem com aumento de 15x da secção de esmalte do grupo SEP/CTM.

Micro imagens foram realizadas nos aumentos de 100, 500 e 2000x, a fim de avaliar as condições da superfície do esmalte após a remoção dos bráquetes. Tais imagens revelam que todos os grupos apresentaram fendas na superfície de esmalte.

A superfície de esmalte do grupo colado com *primer* convencional XT se mostrou com mais injúrias quando comparada ao grupo colado com *primer* auto-condicionante SEP. Além de maior quantidade de trincas, essas fendas de esmalte também se mostraram maiores. A Figura 21 apresenta a superfície de esmalte do grupo XT/CT (*primer* convencional submetido à termociclagem). Tal superfície se mostra com várias trincas (21-A), e no detalhe (21-C) revela o tamanho de tal trinca. Essa fenda pode ser observada na ordem de aproximadamente 9,09μm apresentando grande prejuízo à estrutura de esmalte.



A Figura 22 confirma que o grupo colado com *primer* convencional XT apresenta fissuras na superfície do esmalte, essas fissuras podem partir do adesivo no momento da descolagem do dispositivo ortodôntico. A Figura 22 apresenta a superfície de esmalte do grupo XT/CTM (*primer* convencional submetido à ciclagem termomecânica), e revela a grande formação de trincas na superfície. No detalhe (22-C) observa-se o tamanho da trinca da ordem de aproximadamente 6,49  $\mu\text{m}$ .

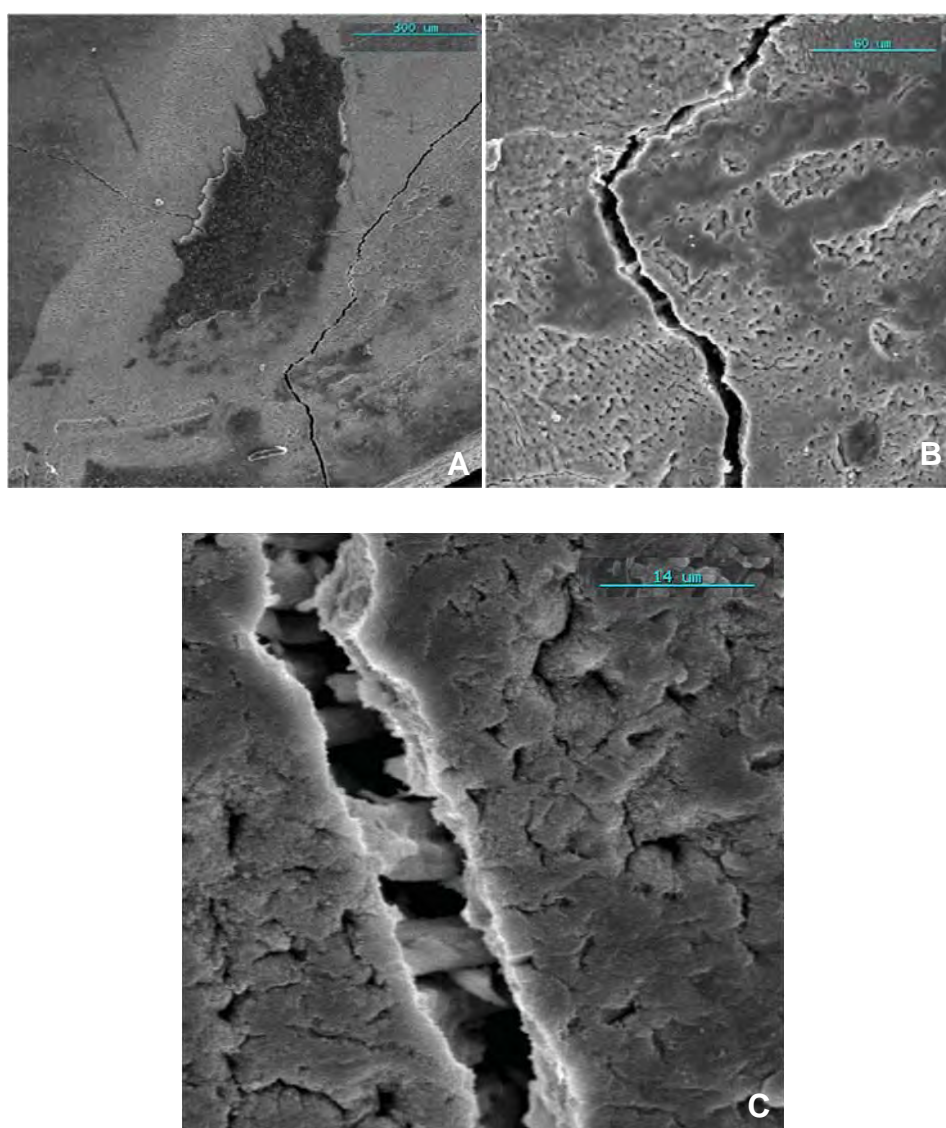


Figura 21 - Micro imagens do grupo XT/CT: a) aumento de 100x mostrando quantidade de trincas; b) aumento de 500x; c) aumento de 2000x no detalhe da trinca.



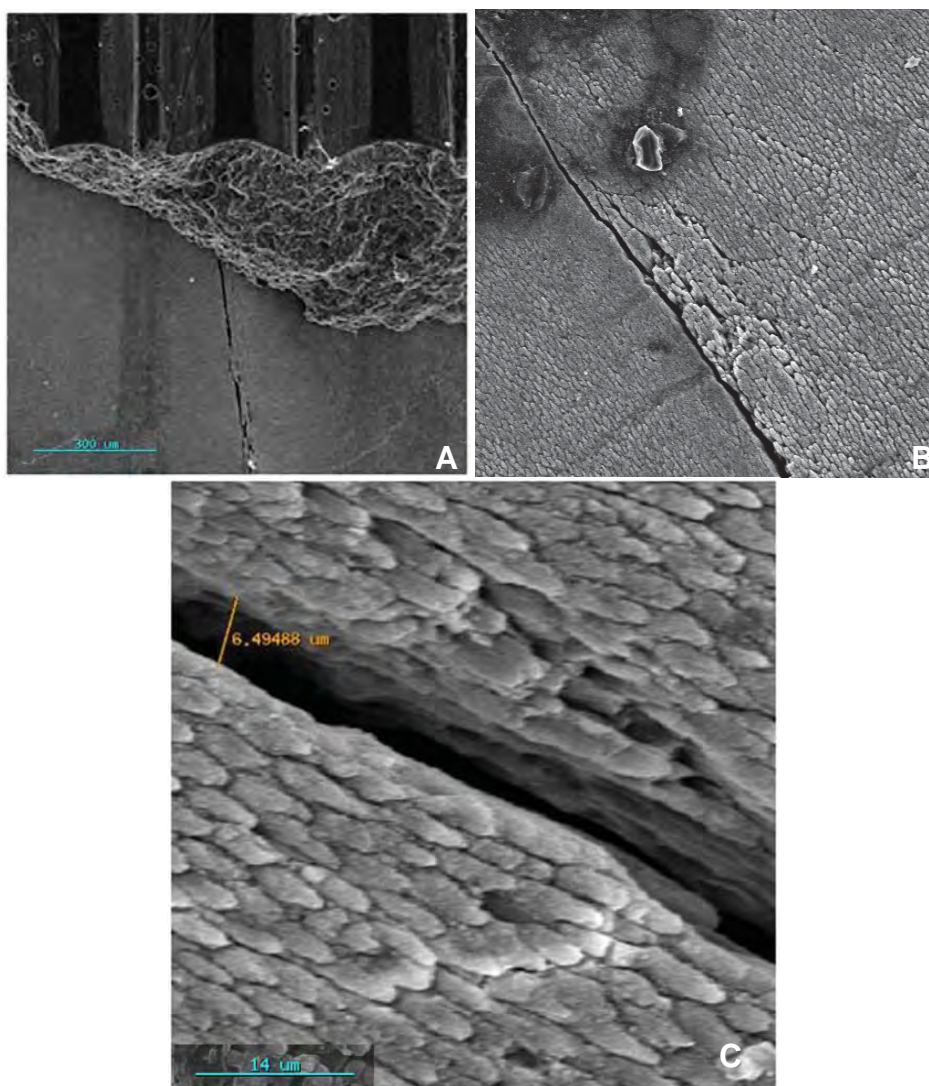


Figura 22 - Micro imagens do gupo XT/CTM: a) aumento de 100x mostrando quantidade de trincas; b) aumento de 500x; c) aumento de 2000x no detalhe da trinca.

O grupo colado com *primer* auto-condicionante SEP também apresentou injúrias à superfície de esmalte, porém foi encontrada menor quantidade de trincas, e essas fendas no esmalte também se apresentavam menores quando comparadas ao grupo XT. A Figura 23 expõe a superfície de esmalte do grupo SEP/SC (*primer* SEP sem ciclagem) e no detalhe revela uma trinca na ordem de aproximadamente 3,80µm.

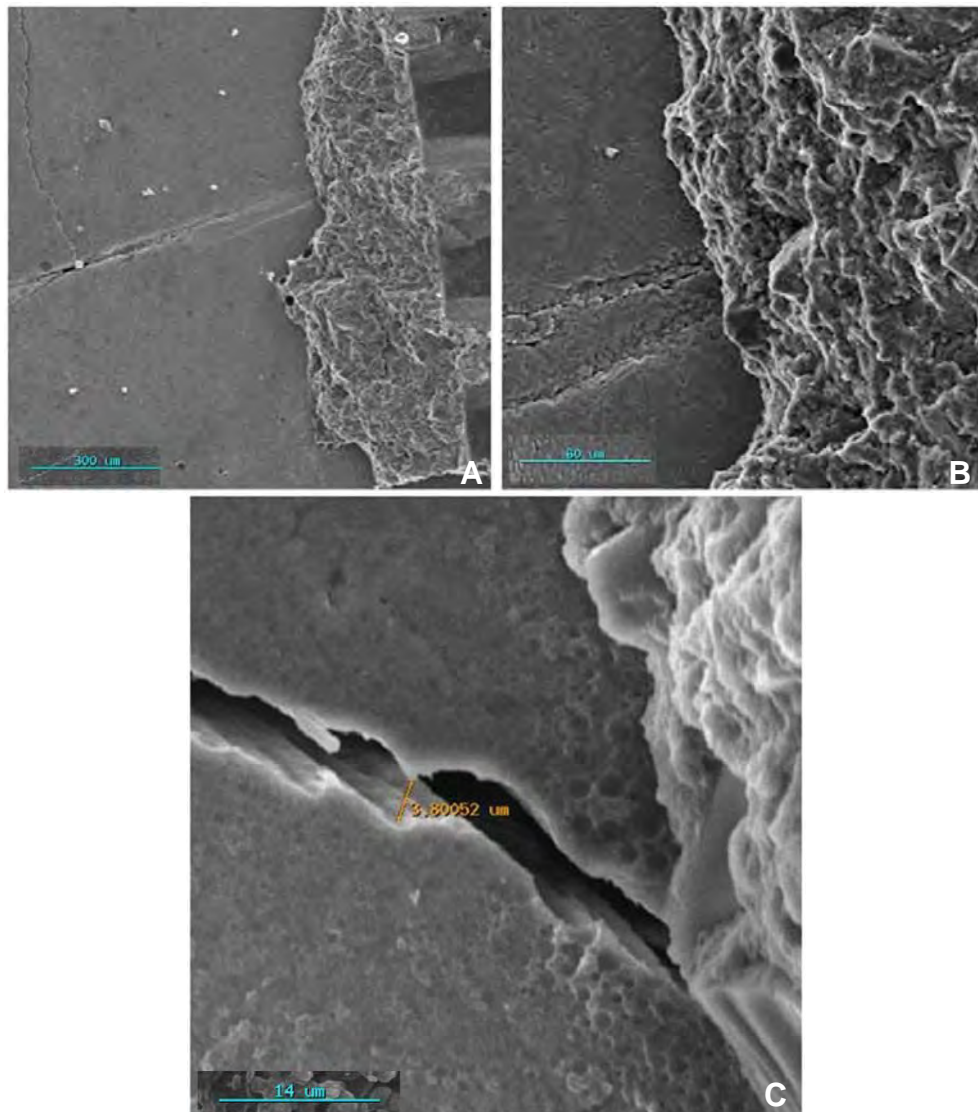


Figura 23 - Micro imagens do gupo SEP/SC: a) aumento de 100x mostrando quantidade de trincas; b) aumento de 500x; c) aumento de 2000x no detalhe da trinca.

Tais achados revelam que a superfície de esmalte se mostra prejudicada independente do tipo de *primer* utilizado e do tipo de fadiga empregado. Porém, as imagens expõe que, quando utilizado um *primer* auto-condicionante, a superfície de esmalte se mostra mais homogênea, com menos injúrias, e fendas menores após o teste de cisalhamento.

## 6 DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos metálicos colados a dentes bovinos com *primers* convencionais e auto-condicionantes e, em seguida, submetidos a ciclos térmicos e termomecânicos.

Com a introdução do condicionamento com ácido fosfórico a 37% (Buonocore, 1955), o conceito de adesão ao esmalte propiciou avanços na prática ortodôntica. Com o intuito de minimizar prejuízos à superfície dental e simplificar técnicas, novos produtos e métodos estão sendo estudados, desenvolvidos e apresentam referências na literatura atual.

O teste de cisalhamento é considerado um método muito aceito por vários pesquisadores para esta finalidade, seja em dentes bovinos (Trimpeeneers et al., 1996; Cacciafesta et al., 1998; Summer et al., 2004; Valletta et al., 2007) ou em dentes humanos (Summer et al., 2004; Vilchis et al., 2009). Algumas vantagens de se utilizar dentes bovinos são a possibilidade de padronização da amostra, e a microestrutura de esmalte se mostrar bem similar ao dente humano (Oesterle et al., 1998). Além disso, a escolha de dentes bovinos para este estudo foi baseada nos estudos de Yamada et al. (2002), Bertoz et al. (2004), Yamamoto et al. (2005), Cozza et al. (2006) e Davari et al. (2007), já que consideram que estes são semelhantes aos dentes humanos para realizar o teste de cisalhamento em esmalte.

Apesar de sabermos que a utilização de dentes humanos proporciona maior fidelidade aos testes de cisalhamento, o tamanho da amostra é outro detalhe que foi levado em consideração na escolha de dentes bovinos para a realização deste estudo, uma vez que é necessário um grande número de dentes e tendo como vantagem a facilidade de

obtenção quando comparados aos dentes humanos (Oesterle et al., 1998, Yamamoto et al., 2007). Assim, devido a dificuldade de se obter número de espécimes satisfatório com dentes humanos, e a comprovação da literatura sobre a eficácia com o uso de dentes bovinos, justificamos o uso desse substrato.

Tradicionalmente, o teste laboratorial mais utilizado para avaliar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos é o teste de cisalhamento (Trimpeeneers et al., 1996; Cacciafesta et al., 1998; Bishara et al., 2003; Faltermeier et al., 2007; Elekdag-Turk et al., 2008). Esse teste *in vitro* é realizado com o auxílio de uma máquina universal de ensaios. Uma lâmina biselada é posicionada em uma célula de carga da máquina, e exerce uma força que atua sobre o bráquete até que este se descole. A força de adesão de bráquetes ortodônticos metálicos deve apresentar valores que variam entre 6 à 8 MPa para serem considerados clinicamente aceitáveis (Reynolds, 1975). Esses valores são baseados em ensaios *in vitro*, e podem não corresponder exatamente às situações clínicas. A dificuldade da realização de teste de resistência adesiva *in vivo* se dá basicamente pela inexistência de aparatologia que possibilite medir a força de cisalhamento durante a remoção dos bráquetes (Cal-Neto et al., 2006; Hajrassie, Khier, 2007). Assim, devido à esses obstáculos e a existência de literatura pertinente, o presente estudo foi realizado *in vitro* apresentando correspondência na literatura e resultados que contribuem para a prática e aplicação clínica.

Com relação ao tipo de condicionamento de esmalte, o ácido fosfórico continua sendo a substância de eleição para o condicionamento de superfície. Estudos indicam que as concentrações entre 30% e 40% são as que resultam em maior padrão retentivo (Galil, Wright, 1979; Carstensen, 1992). Com a introdução dos *primers* ácidos que combinam, ambos, ácido condicionante e *primer* adesivo, é possível para o clínico

eliminar um dos passos durante o procedimento de colagem, e ainda minimizar a quantidade de esmalte perdido durante o condicionamento. Tipicamente, os *primers* auto-condicionantes não penetram ou dissolvem a superfície do esmalte na mesma profundidade que os sistemas convencionais que utilizam ácido fosfórico (Bishara et al., 2007). Em 2003, Buyukilmaz et al. obtiveram maiores valores de resistência adesiva ( $16,0 \pm 4,5$  MPa) ao utilizar um *primer* auto-condicionante (Transbond Plus SEP) quando comparado com um sistema adesivo convencional (Transbond XT) que apresentaram valores de  $13,1 \pm 3,1$  MPa. Tal condição também é encontrada no presente estudo, já que os valores de resistência adesiva para o *primer* Transbond Plus SEP ( $14,70 \pm 4,85$  MPa) foram maiores do que o sistema convencional ácido fosfórico/*primer*/adesivo Transbond XT ( $11,27 \pm 4,48$  MPa).

Resultados contrários foram obtidos por Zafer et al. em 2005, que ao compararem a resistência adesiva de 4 *primers* auto-condicionantes (Prompt L-Pop, Clearfill SE Bond, FL Bond e One-Up Bond F) com um sistema adesivo convencional (Transbond XT), apresentaram resultados de resistência adesiva inferiores ao sistema convencional (Prompt L-Pop  $1,72 \pm 0,13$  MPa; Clearfil SE Bond  $1,75 \pm 0,19$  MPa; FL Bond  $1,71 \pm 0,22$  MPa; One-Up Bond  $1,77 \pm 0,14$  MPa; Controle XT  $10,5 \pm 0,86$  MPa). Concluíram que os sistemas adesivos auto-condicionantes produziram menores valores de resistência adesiva do que os produtos do grupo controle convencional. E não indicam esses produtos para a prática clínica por não serem apropriados para colagem ortodôntica em termos de resistência adesiva.

Resultados semelhantes foram observados por Vilchis et al., em 2009, que compararam a resistência adesiva de 4 *primers* auto-condicionantes (Transbond Plus SEP, Clearfil Mega Bond FA, *primers* A e B e AdheSe) com o sistema adesivo convencional Transbond XT. O



sistema adesivo convencional apresentou maiores valores de resistência adesiva ( $19,0 \pm 6,7$  MPa) quando comparado aos sistemas auto-condicionantes (Transbond Plus SEP,  $16,6 \pm 7,3$  MPa; Clearfill SE Bond,  $11,0 \pm 3,9$  MPa; *primers* A e B,  $10,1 \pm 3,7$  MPa e AdheSe  $11,8 \pm 3,5$  MPa). Porém, concluíram que os 4 sistemas auto-condicionantes apresentaram valores de resistência adesiva maiores do que o sugerido para o tratamento clínico de rotina (5,9 a 7,8 MPa), indicando que bráquetes ortodônticos podem ser colados com sucesso com qualquer um desses adesivos. Ainda em contraste com o presente estudo, Bishara et al., em 2001, apresentaram resultados de resistência adesiva inferiores para um sistema auto-condicionante, porém clinicamente aceitável ( $7,1 \pm 4,4$  MPa) quando comparado com um sistema adesivo convencional ( $10,4 \pm 2,8$  MPa).

Um estudo interessante com relação à influência do tempo de aplicação de um *primer* auto-condicionante na resistência adesiva de bráquetes ortodônticos foi realizado por Ostby et al., em 2007. Os pesquisadores dividiram 40 dentes em dois grupos. Vinte dentes foram condicionados de acordo com as recomendações dos fabricantes esfregando o *primer* na superfície de esmalte de 3 a 5 segundos. Os outros vinte dentes foram condicionados utilizando o mesmo *primer* auto-condicionante, mas com aplicação durante 15 segundos. Os bráquetes foram descolados após meia hora da colagem em máquina de ensaios universal. A média dos valores de resistência adesiva dos bráquetes colados com *primer* sendo aplicado de 3 a 5 segundos foi de  $8,0 \pm 4,6$  MPa e não foi diferente estatisticamente da resistência adesiva dos bráquetes que foram submetidos a aplicação do *primer* auto-condicionante durante 15 segundos ( $8,9 \pm 3,4$  MPa). Assim, os achados desse estudo indicam que o aumento do tempo de aplicação do *primer* auto-condicionante de 3 a 5 segundos para 15 segundos não resulta em significativo aumento de resistência adesiva. Sob o mesmo ponto de vista, no presente estudo,

optamos pela aplicação do *primer* segundo as recomendações do fabricante, ou seja, durante 3 a 5 segundos, uma vez que não há diferença na resistência adesiva quando aumentamos o tempo de aplicação do mesmo.

Em contraste, Reis et al., em 2008, avaliaram durante um período de 18 meses a *performance* clínica de um adesivo auto-condicionante (Transbond Plus *Self-Etching Primer*, 3M Unitek) e compararam com adesivo convencional (Transbond XT, 3M Unitek). Os bráquetes foram colados de acordo com as recomendações dos fabricantes, exceto pelo fato de que os sistemas auto-condicionantes foram aplicados por um tempo maior do que o recomendado (10-15 segundos), com o objetivo de melhorar a eficácia adesiva de tais sistemas. Seus achados mostram que o Transbond Plus SEP pode ser utilizado de forma segura para colagem de bráquetes ortodônticos já que os índices de adesão são similares ao convencional Transbond XT.

Alguns autores confirmam a superioridade do condicionamento com ácido fosfórico nos testes de resistência adesiva de bráquetes ortodônticos em comparação ao sistema auto-condicionante. Estudos interessantes com relação à utilização de adesivos auto-condicionantes na colagem de bráquetes ortodônticos foram realizados por Fjield e Ogaard (2006) e Vilchis et al. (2007) com avaliações ao MEV. Fjield e Ogaard (2006) compararam amostras condicionadas com ácido fosfórico a 35% por 30s, lavadas por 30s e secas com jatos de ar, com amostras condicionadas com o Transbond SEP por 3s, e ambas utilizando o adesivo ortodôntico Transbond XT. As imagens ao MEV revelaram que as amostras tratadas da forma convencional mostraram uma interface entre esmalte e adesivo com *tags* que haviam penetrado no esmalte, e este foi um achado consistente em todas as superfícies estudadas, sendo que o comprimento dos *tags*, em sua maioria, variou de 10 $\mu$ m a 20 $\mu$ m. A

estrutura típica dos prismas havia se perdido nas superfícies mais profundas onde os *tags* resinosos não haviam penetrado. As amostras que receberam o adesivo auto-condicionante, revelaram finos *tags* resinosos, em menor número e mais curtos quando comparados ao ácido fosfórico. A maioria dos *tags* apresentava entre 5 a 10  $\mu\text{m}$  de comprimento. Os autores concluem que apesar dos valores de adesão com a utilização de ácido fosfórico a 37% serem geralmente superiores quando comparados aos adesivos auto-condicionantes, quando da indicação entre ambos, deveria ser levado em consideração também os efeitos irreversíveis à estrutura do esmalte, quando o sistema convencional é utilizado. Isso poderia explicar o maior número de trincas, e a maior extensão das mesmas nas imagens expostas no presente estudo, uma vez que o grupo condicionado com ácido fosfórico a 37%, apresentou maiores injúrias ao esmalte do que o grupo condicionado com *primer* auto-condicionante. As fotomicrografias observadas em MEV revelaram que qualquer tipo de *primer*, seja convencional ou auto-condicionante, pode causar prejuízos à superfície de esmalte, porém o grupo SEP apresentou menor quantidade de trincas, e fendas menores quando comparado com o grupo XT. Vilchis et al.(2007) também compararam os efeitos dos mesmos condicionadores dos autores supra citados. Assim como no presente estudo, na avaliação ao MEV, o condicionamento com ácido fosfórico revelou uma maior alteração do esmalte quando comparado ao sistema Transbond SEP. Embora ambos os sistemas tenham produzido alguma perda do esmalte, o padrão de condicionamento do sistema auto-condicionante foi muito mais conservador, e a penetração com o ácido fosfórico apresentou-se mais profunda.

Diante destas observações, a utilização de adesivos auto-condicionantes na colagem de bráquetes metálicos, indica que estes adesivos poderiam ser utilizados na prática ortodôntica, apresentando as



vantagens de aplicação de um condicionamento com ácidos mais fracos, diminuindo possíveis efeitos desnecessários à superfície do esmalte e ao mesmo tempo diminuindo o tempo clínico necessário para a colagem dos mesmos, além de minimizar possíveis efeitos de sensibilidade da técnica, como a contaminação salivar (Di Nicoló et al., 2010).

Alguns autores ainda revelam a superioridade com relação à resistência adesiva de adesivos resinosos quando comparados aos cimentos de ionômero de vidro resino-modificados. Summers et al. (2004) realizaram experimento *in vitro* e *in vivo* comparando a resistência adesiva entre o método adesivo convencional e cimento de ionômero de vidro resino-modificado. Em seu estudo, o adesivo resinoso utilizado (Light Bond) apresentou maiores valores de resistência adesiva (18,46 MPa) que o CIVRM Fugli Ortho (9,56 MPa). Ainda, os resultados mostraram que, comparado com o sistema resinoso convencional, os bráquetes colados com CIVRM apresentaram menor resistência adesiva *in vivo*. Porém, tais resultados mostram que o CIVRM pode promover resistências adesivas clinicamente adequadas. Assim, este estudo, como o de Amra et al. em 2001, demonstraram que uma grande vantagem em se utilizar CIVRM seria que, quando da remoção dos bráquetes, uma menor quantidade de material remanescente estaria presente na superfície do esmalte, e desta maneira, a remoção com utilização de brocas poderia causar menos injúrias à superfície do esmalte, uma vez que a fraca adesão química entre o adesivo e o esmalte pode tornar mais fácil para os clínicos a limpeza e remoção de restos adesivos da superfície dental após o descolamento do bráquete. Outra vantagem quando da utilização dos CIVRM para colagem de dispositivos ortodônticos é que tais materiais apresentam a distinta característica de liberação de flúor e poderia ser utilizado em condições de umidade durante os procedimentos de colagem, segundo Bishara et al. (2007).

Bishara et al., em 2007, expõem resultados contraditórios demonstrando que não existe diferença estatística com relação à resistência adesiva entre o sistema auto-condicionante Transbond Plus SEP ( $6.1 \pm 3.2$  MPa) e o CIVRM Fugli Ortho ( $6.4 \pm 4.5$  MPa). Nesse estudo, os pesquisadores submeteram as amostras à ciclos térmicos que variavam entre  $5^{\circ}\text{C}$  e  $55^{\circ}\text{C}$ , e ainda reportaram valores de resistência adesiva similares para os dois tipos de materiais.

As falhas adesivas em Ortodontia podem ocorrer devido a vários fatores. No entanto, a maioria dos estudos *in vitro* referentes à resistência adesiva não levam em conta a influência das mudanças de temperatura em ambiente úmido. Alguns autores optaram por realizar termociclagem previamente ao teste de cisalhamento, a fim de simular estresse na interface adesiva, prevendo a real *performance* clínica dos materiais estudados (Bourke e Rock, 1999; Gale e Darvell, 1999; Bishara et al., 2003; Trites et al., 2004; Kawabata et al., 2007; Bishara et al., 2007; Faltermeier et al., 2007; Turk et al., 2010; Yuasa et al., 2010; Shahabi et al., 2010; Abdelnaby et al., 2010; Bayram et al., 2010; Sokucu et al., 2010; Al-Saleh e El-Mowafy, 2010). Neste estudo, a opção foi realizar 500 ciclos térmicos que variavam de  $5^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$  a fim de causar fadiga na interface adesiva, simulando condições intra-orais. Bishara et al., em 2003, avaliaram os efeitos da termociclagem na resistência ao cisalhamento de um sistema adesivo de cianoacrilato, 24 horas após a colagem e após termociclagem. O adesivo cianoacrilato a 24 horas apresentou maior resistência adesiva ( $7,1 \pm 3,3$  MPa) em relação ao grupo que passou por 500 ciclos de termociclagem entre  $5^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$  ( $1,5 \pm 1,4$  MPa). Seus resultados indicaram que o sistema adesivo testado apresenta resistência adesiva clinicamente adequada após 24h da colagem, mas perde 80% da resistência após a termociclagem. Contrariamente, no presente estudo não houve diminuição significativa da resistência adesiva para os grupos em que foi realizada a ciclagem térmica, tanto para o grupo XT quanto

para o grupo SEP.

Turk et al. (2010) obtiveram resultados contrários aos encontrados nesta pesquisa, demonstrando que a termociclagem diminuiu significativamente a resistência adesiva de um *primer* auto-condicionante. Porém, nesse estudo, os pesquisadores realizaram 10.000 e 20.000 ciclos térmicos. Essa diminuição dos valores de resistência foi estatisticamente diferente dos valores obtidos sem termociclagem.

Elekdag-Turk et al. (2008), também avaliaram a resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos submetidos aos efeitos da termociclagem na resistência adesiva de um *primer* auto-condicionante após 0, 2000 e 5000 ciclos térmicos. Compararam a resistência adesiva entre um sistema convencional com condicionamento com ácido fosfórico a 37% e um sistema auto-condicionante. Similar ao presente estudo, a termociclagem não mostrou diferença significativa para o grupo em que foi aplicado o sistema adesivo convencional. No grupo em que foi aplicado o sistema auto-condicionante a resistência adesiva diminuiu com 2000 e 5000 ciclos térmicos, e essas diminuições foram significativamente diferentes para o grupo não termociclado ( $P < 0,001$ ). Em contraste, os resultados apresentados neste estudo revelam um aumento, porém não significativo, na resistência adesiva do grupo SEP termociclado ( $14,99 \pm 4,38$  MPa) comparado ao grupo SEP não termociclado ( $12,26 \pm 2,80$  MPa).

Resultados similares foram encontrados por Penido e Resende (2008) que avaliaram a resistência adesiva de bráquetes colados em dentes humanos, comparando um sistema convencional (Transbond XT) com um sistema auto-condicionante (Transbond Plus SEP). Realizaram ensaios *in vivo* com um dinamômetro portátil digital e *in vitro* com máquina de ensaios universal com e sem termociclagem (1000 ciclos entre 5°C e

55°C). A média dos ensaios realizados *in vivo* foi estatisticamente menor em relação aos ensaios *in vitro*. E assim como no presente estudo, não houve diferenças na resistência ao cisalhamento *in vitro* entre o grupo termociclado e o não-termociclado. Esses achados de Penido e Resende vão de acordo com Hajrassie e Khier (2007), que consideram que os valores de resistência adesiva *in vivo* são 40% inferiores com relação aos estudos *in vitro*.

Hajrassie e Khier (2007) realizaram estudo *in vivo* e *in vitro* avaliando períodos de pós-colagem (10 minutos, 24 horas, 1 semana e 4 semanas pós-colagem). No entanto, estas diferenças na força de adesão não se mostraram estatisticamente significantes, tanto quando avaliada de forma *in vivo* quanto *in vitro*. Os resultados indicaram que a força média de adesão *in vivo* foi significativamente menor (média de 5,61MPa) daquela observada nos grupos *in vitro* (média de 13,98MPa), contrariando a hipótese da igualdade de adesão entre a força de adesão *in vivo* e *in vitro*.

Um aspecto a ser considerado é que os adesivos ortodônticos podem exibir um aumento na resistência adesiva com o aumento do tempo pós- colagem. Nesse sentido, a literatura mostra que a maioria dos pesquisadores realiza o teste de cisalhamento 24 horas após a colagem dos dispositivos ortodônticos (Yamada et al., 2002; Buyukyilmaz et al., 2003; Rajagopal et al., 2004; Davari et al., 2007; Amra et al., 2007).

Yamamoto et al. (2006) utilizando diferentes adesivos ortodônticos também avaliaram o efeito do tempo pós-colagem (5, 10 e 60 minutos e 24 horas). Numericamente, os valores médios de adesão de todos os sistemas adesivos aumentaram com o período de armazenamento, embora o grau deste aumento tenha variado entre os diferentes materiais utilizados. Os autores concluíram que a força de adesão de todos os

adesivos testados aumentou com o tempo de armazenamento. Resultados semelhantes foram reportados por Di Nicoló et al. (2010) que revelaram através do teste ANOVA que existiram diferenças significantes com relação ao tempo pós-colagem, e que a resistência adesiva obtida no ensaio de cisalhamento, sob um período de 7 dias, é maior que os outros períodos estudados (imediatamente após a colagem e 24 horas após a colagem).

Tais achados podem ser relacionados com o presente estudo para o grupo que recebeu ciclagem termomecânica. A hipótese seria que tal grupo apresentaria menores valores de resistência ao cisalhamento pois sofreria fadiga na interface adesiva. Porém, os grupos que receberam ciclagem termomecânica apresentaram maiores valores de resistência. Foram realizados 100.000 ciclos termomecânicos com intensidade de 1 bar e temperatura variando entre 5°C e 55°C. Os 100.000 ciclos demoram em média 48 horas para serem realizados, logo, o teste de cisalhamento para este grupo, foi realizado apenas dois dias após a colagem dos bráquetes, o que pode justificar o aumento da resistência como já foi comprovado. A ciclagem termomecânica foi realizada no intuito de simular um ano de tratamento clínico, simulando condições de mastigação e alteração de temperatura intra-oral. Elíades e Brantley (2000) através de uma revisão de literatura demonstraram a inconsistência dos protocolos de teste de adesão ortodôntica e em sua revisão uma nova abordagem para estudar a fadiga dos materiais é proposta a fim de entender os processos que ocorrem previamente à falha adesiva. A idéia é que, as simulações de força oclusal (combinação de forças compressivas, de cisalhamento e de tração) aos materiais ortodônticos durante estudos *in vitro* de acordo com o uso clínico poderiam descrever adequadamente sua real *performance* clínica. Sendo assim, no presente trabalho, foi realizada a ciclagem termomecânica a fim de causar fadiga na interface adesiva para que tal estresse simulasse condições intra-orais que seriam

capazes de depreciar a adesão ao esmalte dos materiais testados. Porém, os resultados indicam que os 100.000 ciclos com intensidade de 1 bar não foram suficientes para causar degradação e diminuição da resistência adesiva. E ainda, foi observado que mesmo sob condições de estresse o grupo SEP/CTM apresentou ótimos valores de resistência adesiva ( $16,84 \pm 5,95$  MPa), sendo perfeitamente indicado para colagem de bráquetes ortodônticos.

Em contraste, Soderquist et al., em 2006, a fim de simular fadiga mecânica na interface adesiva, avaliaram os efeitos da aplicação de carga, estática e cíclica, sobre a base de um bráquete metálico e três bráquetes cerâmicos. Porém, em seu estudo, a carga aplicada era de tração e não compressão como em nossa pesquisa. Os efeitos da carga cíclica se mostraram significativos, já que o teste de fadiga causou a diminuição da média de resistência adesiva à tração para a maioria dos grupos.

Em relação ao IAR, nota-se que a condição de melhor adesividade é aquela sob IAR=3 quando empregado SEP sob CTM, demonstrando que mesmo sob fadiga, o *primer* auto-condicionante apresenta boa resistência adesiva. A maioria dos espécimes apresentou índice de adesivo remanescente igual a 1, indicando que a maioria das vezes, restou pelo menos alguma quantidade de adesivo sobre a superfície de esmalte. Em poucas amostras havia a ausência total de adesivo após o cisalhamento, o que vai de encontro com os resultados observados por Di Nicoló et al. em 2010. O uso de adesivo auto-condicionante parece favorecer esta condição o que, na prática, poderia significar um menor risco de perda definitiva da superfície do esmalte quando da remoção de bráquetes pelo profissional.

No presente estudo, pode-se concluir que o *primer* auto-condicionante (Transbond Plus SEP) se apresentou mais resistente ao cisalhamento que o *primer* convencional (Transbond XT), possibilitando, dessa forma, eliminar uma das etapas clínicas minimizando o tempo de trabalho e, ainda, evitando risco de contaminação salivar. De qualquer maneira, o *primer* convencional também apresentou ótimos valores de resistência adesiva, sendo assim, ambos são indicados para uso em Ortodontia. Ainda, ambos os sistemas apresentaram adequados valores de resistência adesiva mesmo após simulações de fadiga térmica ou termomecânica na interface adesiva, sendo mais uma vez indicados para o tratamento clínico. Estudos posteriores são sugeridos no intuito de verificar a resistência adesiva sob maiores condições de estresse, seja com maior intensidade da carga na ciclagem termomecânica, ou maior número de ciclos na ciclagem térmica.

## 7 CONCLUSÃO

Diante da metodologia empregada, concluímos que:

- a) O número de ciclos das ciclagens térmica e termomecânica não influenciaram os valores de resistência adesiva para nenhum dos *primers* testados;
- b) O *primer* auto-condicionante Transbond Plus SEP conferiu maiores valores de resistência adesiva de bráquetes ortodônticos.



## 8 REFERÊNCIAS \*

Abdelnaby YL, Al-Wakeel EES. Effect of early orthodontic force on shear Bond strength of orthodontic brackets bonded with different adhesive systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138(2):208-14.

Algera TJ, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ, Prahli-Andersen B. The influence of dynamic fatigue loading on the separate components of the bracket-cement-enamel system. Am J Dent. 2008;21(4):239-43.

Al-Saleh M, El-Mowafy O. Bond strength of orthodontic brackets with new self-adhesive resin cements. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;137(4):528-33.

Amra I, Lalloo R, Samsodien G, Shaikh A. Xeno III self-etching adhesive in orthodontic bonding: The next generation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131(2):11-5.

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.

Bayram M, Kuşgöz A, Nur M, Ülker M, Yeşilyurt C. Shear bond strength of orthodontic brackets to aged resin composite surfaces: effect of surface conditioning. Eur J Orthod. 2011;33(2):174-9.

---

\*Baseado em:  
International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Sample References [homepage na internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [disponibilidade em 2010 set; citado em 14 set.] Disponível em: [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

Bishara SE, Ajlouni R, Lafoon JF. Effect of thermocycling on the shear bond strength of a cyanoacrylate orthodontic adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123(1):21-4.

Bishara SE, Gordan VV, Jakobsen JR, VonWald L. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(1):24–8.

Bishara SE, John J, Laffoon JF, Ostby AW, Warren J. The effect of modifying the self-etchant bonding protocol on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2007;77(3):504-8.

Bishara SE, Laffoon JF, Ostby AW, Warren J. Shear bond strength comparison of two adhesive systems following thermocycling. A new self-etch primer and a resin-modified glass ionomer. *Angle Orthod.* 2007;77(2):337-41.

Bishara SE, Khowassah MA, Oesteele LJ. Effect of humidity and temperature changes on orthodontic bonding adhesive systems. *J Dent Res.* 1975;54(4):751-8.

Bourke BM, Rock WP. Factors Affecting the Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets to Porcelain. *Br J Orthod.* 1999;26(4):285–90.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-53.

Buyukyilmaz T, Karaman AL, Usumez S. Effect of self-etching primers on bond strength- are they reliable? *Angle Orthod.* 2003;73(1):64-70.

Cacciafesta V, Angelis M, Klersy C, Scribante A, Sfondrini MF. Effect of water and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with conventional, hydrophilic, and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123(6):633-40

Cacciafesta V, Jost-Brinkmann PG, Miethke RR, Süssenberger U. Shear bond strengths of ceramic brackets bonded with different light-cured glass ionomer cements: an *in vitro* study. *Eur J Orthod.* 1998;20(2):177-87.

Cal-Neto JP, Miguel JA, Zanella E. Effect of a self-etching primer on shear bond strength of adhesive precoated brackets *in vivo*. *Angle Orthod.* 2006;76(1):127-31.

Carstensen W. The effects of different phosphoric acid concentrations on surface enamel. *Angle Orthod.* 1992;62(1):515-8.

Carstensen W. Clinical effects of reduced acid concentration on direct bonding of brackets. *Angle Orthod.* 1993;63(3):221-4.

Cozza P, De Toffol L, Martucci L, Penco SL. Shear bond strength of metal brackets on enamel. *Angle Orthod.* 2006;76(5):851-6.

Davari AR, Daneshkazemi AR, Yassaei S, Yosefi MH. Effect of different types of enamel conditioners on the bond strength of orthodontic brackets. *J Contemp Dent Pract.* 2007;8(1):36-43.

Di Nicoló R, Alves LAC, Araújo MA, Rocha DM, Souza ROA. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded using halogen light and light-emitting diode at different debond times. *Braz Oral Res.* 2010;24(1):64-9.

Elekdag-Turk S, Isci D, Ozkalayci N, Turk T. Thermocycling effects on shear bond strength of a self-etching primer. *Angle Orthod.* 2008;78(2):351-6.

Eliades T, Brantley WA. The inappropriateness of conventional orthodontics bond strength assessment protocols. *Eur J Orthod.* 2000;22(1):13-23.

Eliades T, Eliades G, Katsavrias E. Moisture-insensitive adhesives: reactivity with water and bond strength to wet and saliva-contaminated enamel. *Eur J Orthod.* 2002;24(1):35-42.

Eminkahyagil N, Arman A, Karabulut E. Effect of resin-removal methods on enamel and shear bond strength of rebonded brackets. *Angle Orthod.* 2006;76(2):314-21.

Endo T, Katoh Y, Ozoe R, Sanpei S, Shimooka S, Shinkai K. Effects of moisture conditions of dental enamel surface on bond strength of brackets bonded with moisture-insensitive primer adhesive system. *Odontology.* 2008;96(1):50-4.

Faltermeier A, Behr M, Müssig D, Reicheneder C, Rosentritt M. An in vitro comparative assessment of different enamel contaminants during bracket bonding. *Eur J Orthod.* 2007;29(6):559-63.

Fields HW. Bonded restorations in orthodontics. *Pediatr Dent.* 1982;4(1):51-60.

Fjeld M, Ogaard B. Scanning electron microscopic evaluation of enamel surfaces exposed to 3 orthodontic bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(5):575-81.

Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* 1999;27(2):89-99.

Galil KA, Wright GZ. Acid etching patterns on buccal surfaces of permanent teeth. *Pediatr Dent.* 1979;1(4):230-4.

Gohring TN, Sener B, Schmidlin PR, Zehnder M. In vitro microleakage of adhesive-sealed dentin with lactic and saliva exposure: a radio-isotope analysis. *J Dent.* 2004;32(3):235-40.

Grandhi RK, Conbe EC, Spiedel TM. Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with a moisture-insensitive primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119(3):251-7.

Hajrassie MKA, Khier SE. In-vivo and in-vitro comparison of Bond strengths of orthodontic brackets bonded to enamel and debonded at various times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(3):384-90.

Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent.* 1999;27(7):523-30.

Kasim A, McCabe JF, Millett DT. The ball mill as a means of investigating the mechanical failure of dental materials. *J Dent.* 1996;24(1-2):117-24.

Kawabata R, Hayakawa T, Kasai K. Bonding and debonding characteristics of orthodontic brackets to human enamel using modified 4-META/MMA-TBB resin. *Dent Mater J.* 2006;25(3):524-32.

Kim MJ, Chang WG, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Phosphoric acid incorporated with acidulated phosphate fluoride gel etchant effects on bracket bonding. *Angle Orthod.* 2005;75(4):678-84.

Littlewood SJ, Bubb NL, Greenwood DC, Mitchell L, Wood DJ. Investigation of a hydrophilic primer for orthodontic bonding: an *in vitro* study. *J Orthod.* 2000;27(2):181-6.

Mehta OP, Dahiya AJ, Saini S. Comparative evaluation of shear bond strength of different bracket base designs in dry and wet environments. *Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2008;26(3):104-8.

Miller RA. Laboratory and clinical evaluation of a self-etching primer. *J Clin Orthod.* 2001;35(1):42-5.

Miyazaki M, Hirohata N, Moore BK, Onose H, Takagaki K. Influence of self-etching primer drying time on enamel bond strength of resin composites. *J Dent.* 1999;27(3):203-7.

Moin K, Dogan IL. An evaluation of shear strength measurements of unfilled and filled resin combinations. *Am J Orthod.* 1978;74(5):531-6.

Oesterle LJ, Belanger GK, Shellhart WC. The use of bovine enamel in bonding studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(5):514-9.

Ogaard B, Arends J, Rolla G. Orthodontic appliances and enamel demineralization—part I: lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(1):68-73.

Padipatvuthikul P, Mair LH. Comparison of shear bond strength, fatigue limit and fatigue life in resin-bonded metal to enamel bonds. *Dent Mater.* 2008;24(5):674-80.

Pashley DH, Tay F. Aggressiveness of contemporary selfetching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17(5):430-44.

Penido SMMO, Resende CVS. Estudo in vivo e in vitro com e sem termociclagem, da resistência ao cisalhamento de braquetes colados com fonte de luz halógena *Dental Press Ortodon Ortop Facial.* 2008;13(3):66-76.

Rajagopal R, Nanamani J, Padmanabhan S. A comparison of shear bond strength and debonding characteristics of conventional, moisture-insensitive, and self-etching primers *in vitro*. *Angle Orthod.* 2004;74(2):264–8.

Reddy L, Ellis E, Marker VA. Bond strength for orthodontic brackets contaminated by blood: composite versus resin-modified glass ionomer cements. *J Oral Maxillofac Sur.* 2003;61(2):206–13.

Retamoso LB, Collares FM, Ferreira ES, Samuel SMW. Shear bond strength of metallic brackets: influence of saliva contamination. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(3):190-4.

Reis A, Bauer JRO, Loguercio AD, Santos JE. Eighteen-month bracket survival rate: conventional versus self-etch adhesive. *Eur J Orthod*. 2008;30(1):94–9.

Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod*. 1975;2(3):171-8.

Santos BM, Pithon MM, Ruellas AC, Sant'Anna EF. Shear bond strength of brackets bonded with hydrophilic and hydrophobic bond systems under contamination. *Angle Orthod*. 2010;80(5):963–7.

Schaneveldt S, Foley TF. Bond strength comparison of moisture-insensitive primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002;122(3):267-73.

Shahabi M, Heravi F, Mokhber N, Karamad R, Bishara SE. Effects on shear bond strength and the enamel surface with an enamel bonding agent. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;137(3):375-8.

Soderquist SA, Drummond JL, Evans CA. Bond strength evaluation of ceramic and stainless steel bracket bases subjected to cyclic tensile loading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;129(2):175-82.

Sokucu O, Nalcaci R, Ozturk F, Siso SH. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Cured with Different Light Sources under Thermocycling. *Eur J Dent*. 2010;4(3):257–62.

Summers A, Gilmore F, Gunel E, Kao E, Ngan P. Comparison of bond strength between a conventional resin adhesive and a resin-modified glass ionomer adhesive: An in vitro and in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;126(2):200-6.

Tecco S, Caputi S, de Luca V, D'Attilio M, Festa F, Traini T. A new one-step dental flowable composite for orthodontic use: an in vitro bond strength study. *Angle Orthod*. 2005;75(4):672-7.

Trimpeneers LM, Dermaut LR, Moors MG, Verbeeck RMH, Comparative shear bond strength of some orthodontic bonding resins to enamel. *Eur J Orthod.* 1996;18(1):89-95.

Trites B, Banting D, Foley TF. Bond strength comparison of 2 self-etching primers over a 3-month storage period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(6):709-16.

Turk T, Elekdag-Turk S, Cakmak F, Isci D, Ozkalayci N. Shear Bond strength of a Self-etching Primer after 10,000 and 20,000 Thermal Cycles. *J Adhes Dent.* 2010;12(2):117-22.

Urabe I, Inokoshi S, Suzuki T, Tagami J, Yamada T. Scanning laser microscopy and scanning electron microscopy of etched human enamel and dentin. *Jpn Soc Adhes Dent.* 1997;15(4):48-53.

Valletta R, Ambrosio L, De Santis R, Martina R, Prisco D. Evaluation of debonding strength of orthodontic brackets using three different bonding systems. *Eur J Orthod.* 2007; 29(6):571-7.

Van Meerbeek B, De Munck J, Inoue S, Vargas M, Viajy P, Yoshida Y et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215–35.

Van Meerbeek B, Lambrechts P, Perdigao J, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent.* 1998;26(1):1-20.

Vicente A, Bravo LA, Mena A, Ortiz AJ. Water and saliva contamination effect on shear bond strength of brackets bonded with a moisture-tolerant light cure system. *Angle Orthod.* 2009;79(1):127–32.

Vicente A, Bravo AL, Ortiz AM. Microleakage beneath brackets bonded with flowable materials: effect of thermocycling. *The Eur J Orthod.* 2009;31(4):390-6.



Vicente A, Bravo LA, Higuera, Osorio RB, Romeo A, Toledano M. Effect of water contamination on the shear bond strength of five orthodontic adhesives. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2010;15(5):820-6.

Vicente A, Bravo LA, Romero M. Influence of a nonrinse conditioner on the bond strength of brackets bonded with a resin adhesive system. *Angle Orthod*. 2005;75(3):400-5.

Vilchis RJS, Kitai N, Yamamoto K, Yamamoto S. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009;136(3):425-30.

Vilchis RJS, Ohashi S, Yamamoto K. Effects of 6 self-etching primers on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(4):424-7.

Webster MJ, Duncanson MG, Khajotia SS, Nanda RS, Sinha PK. The effect of saliva on shear bond strengths of hydrophilic bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;119(1):54–8.

Wiskott HW, Belser UC, Nicholls JI. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications. *Int J Prosthodont*, 1995;8(2):105-16.

Yamada R, Hayakawa T, Kasai K. Effect of using self-etching primer for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthod*. 2002;72(6):558-64.

Yamamoto A, Kurokawa H, Miyasaki M, Tsubota K, Takamizawa T, Yoshida T. Orthodontic bracket bonding: Enamel bond strength vs time. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop*. 2006;130(4):435.e1-6.

Yuasa T, Iijima M, Ito S, Muguruma T, Mizoguchi I, Saito T. Effects of long-term storage and thermocycling on bond strength of two self-etching primer adhesive systems. *Eur J of Orthod*, 2010;32(3):285-90.

Zachrisson BU, Zachrisson S. Caries incidence and oral hygiene during orthodontic treatment. *Scand J Dent Res*, 1971;79(6):394-401.

Zachrisson BU. Bonding in orthodontics. In: Graber TM, Vanarsdall R L, editors. *Orthodontics: current principles and techniques*. St Louis: Mosby-Year Book; 1994. p. 542-626.

Zafer CC, Defne K, Ilken K. Effect of self-etching primer and adhesive formulations on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005;127(5):573-9.

Zeppieri IL, Chung C, Mante FK. Effect of saliva on shear bond strength of na orthodontic adhesive used with moistureinsensitive and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124(4):414-9.

## APÊNDICE A – Tabelas dos valores de resistência adesiva em MPa.

Tabela 5 – Valores obtidos com o *primer* Transbond XT de acordo com o Tipo de Ciclagem

<b>Primer</b>	<b>MPa</b>	<b>Tipo de ciclagem</b>
Transbond XT	11,37	Sem Ciclagem
Transbond XT	7,45	Sem Ciclagem
Transbond XT	13,11	Sem Ciclagem
Transbond XT	5,49	Sem Ciclagem
Transbond XT	12,54	Sem Ciclagem
Transbond XT	18,81	Sem Ciclagem
Transbond XT	8,49	Sem Ciclagem
Transbond XT	9,16	Sem Ciclagem
Transbond XT	1,83	Sem Ciclagem
Transbond XT	21,76	Sem Ciclagem
Transbond XT	7,69	Sem Ciclagem
Transbond XT	13,57	Sem Ciclagem
Transbond XT	10,95	Sem Ciclagem
Transbond XT	11,52	Sem Ciclagem
Transbond XT	17,86	Sem Ciclagem
Transbond XT	9,04	Ciclagem Térmica
Transbond XT	9,61	Ciclagem Térmica
Transbond XT	19,4	Ciclagem Térmica
Transbond XT	8,86	Ciclagem Térmica
Transbond XT	8,25	Ciclagem Térmica
Transbond XT	11,91	Ciclagem Térmica
Transbond XT	13,99	Ciclagem Térmica
Transbond XT	12,12	Ciclagem Térmica
Transbond XT	20,31	Ciclagem Térmica
Transbond XT	8,25	Ciclagem Térmica
Transbond XT	11,98	Ciclagem Térmica
Transbond XT	14,4	Ciclagem Térmica
Transbond XT	13,12	Ciclagem Térmica
Transbond XT	4,98	Ciclagem Térmica
Transbond XT	1,71	Ciclagem Térmica
Transbond XT	11,51	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	12,2	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	10,72	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	13,76	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	11,29	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	11,84	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	4,34	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	10,62	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	15,19	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	15,63	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	14	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	11,12	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	9,46	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	12,75	Ciclagem Termomecânica
Transbond XT	3,38	Ciclagem Termomecânica

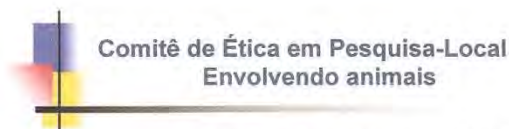
Tabela 6 - Valores obtidos com *primer* Transbond Plus SEP de acordo com o Tipo de ciclagem

<i>Primer</i>	MPa	Tipo de Ciclagem
Transbond Plus SEP	14,06	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	11,79	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	7,78	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	12,2	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	9,8	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	16,01	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	12,88	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	16,45	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	15,9	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	10,38	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	10,33	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	9,32	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	9,08	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	15,34	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	12,63	Sem Ciclagem
Transbond Plus SEP	8,29	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	19,29	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	23,07	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	13,08	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	13,79	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	16,3	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	12,39	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	14,25	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	18,45	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	13,67	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	10,93	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	13,73	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	21,25	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	8,25	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	18,12	Ciclagem Térmica
Transbond Plus SEP	10,99	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	14,37	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	17,23	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	23,39	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	25,17	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	29,57	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	13,89	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	19,33	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	10,02	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	14,08	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	14,38	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	17,98	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	20,95	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	12,99	Ciclagem Termomecânica
Transbond Plus SEP	8,28	Ciclagem Termomecânica

**ANEXO A – Certificado do Comitê de Ética em pesquisa**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
Av. Eng. Francisco José Longo, 777 – Jd. São Dimas  
CEP 12201-970 – F. (12) 3947-9028 / 9086  
Fax (12) 3947-9010 / guedes@fosjc.unesp.br/yasmini@fosjc.unesp.br

---



São José dos Campos, 13 de abril de 2011

Ofício nº 03/2011/CEPa

Prezada Senhora

Esclarecemos que não há necessidade do projeto intitulado **“Efeito das ciclagens térmica e termomecânica sobre a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos colados com primers convencionais e auto-condicionantes”** de sua responsabilidade, ser analisado por este Comitê, porque a pesquisa em tela não envolve a utilização de vertebrados e sim o uso de dentes bovinos como substrato comercialmente disponível, de acordo com a Lei nº 11.794 de 08/10/2008 – Lei “Arouca”.

Atenciosamente,

  
Prof. Titular YASMIN RODARTE CARVALHO  
Coordenadora

Sra. LUCIANA MARCONDES SARMENTO TORRES  
Unesp-Campus de SJCampos