

EMÍLIA ADRIANE SILVA

**TRATAMENTO TÉRMICO EM BASES DE BRÁQUETES
MONOCRISTALINOS SILICATIZADOS E SILANIZADOS: EFEITO NA
ADESÃO AO ESMALTE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Clínica odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Hélcio Nagib José Feres Reskalla - Dr.

Co-orientador: Prof. Dr. José Renato Cavalcanti de Queiroz - Dr.

Juiz de Fora

2011

EMÍLIA ADRIANE SILVA

**TRATAMENTO TÉRMICO EM BASES DE BRÁQUETES
MONOCRISTALINOS SILICATIZADOS E SILANIZADOS: EFEITO NA
ADESÃO AO ESMALTE.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Hércio Nagib José Feres Reskalla

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Clínica odontológica.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hércio Nagib José Feres Reskalla (orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof.Dr. José Renato Cavalcanti de Queiroz
Unesp – São Paulo

Prof^a. Dr^a. Marília Nalon Pereira
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho aos meus pais a quem devo
minhas conquistas, meus diplomas, meus títulos e tudo que ainda
irei conquistar em minha carreira.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Hécio José Nagib José Feres Reskalla por esta oportunidade tão importante em minha carreira.

À Dr^a. Maria das Graças Afonso Chaves de Miranda pelos conselhos valiosos e pelo exemplo de dedicação ao trabalho acadêmico. Além de aprender sobre a carreira acadêmica com ela aprendi muito sobre a vida.

Ao Dr. José Renato Cavalcanti de Queiroz. Difícil escolher palavras para expressar minha gratidão e minha admiração por este professor. Pela ajuda, pela amizade, por sua solicitude, pela confiança que depositou em mim. Foi uma honra ser sua orientada.

À Dr^a Flávia Zardo pelo carinho com que me recebeu e pelas horas dedicadas durante a execução da fase laboratorial desta pesquisa.

Ao Dr. Marcelo Prado por gentilmente ceder o laboratório de microscopia do Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro.

À Serralheria Caputo e Caputo pela confecção e doação dos tubos PVC para a confecção dos espécimes desta pesquisa.

Ao amigo Jean Marcel de Oliveira quem me abriu os olhos para este desafio.

A todos os familiares que tenho certeza que torceram por mais esta conquista.

Ao meu noivo Francis, amor da minha vida, pela dedicação, paciência e compreensão durante o curso de mestrado e por todo auxílio em diversas etapas da elaboração deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento térmico na adesão de bráquetes monocristalinos silanizados após processo de silicatização. O estudo foi autorizado pelo comitê de ética da Universidade Federal de Juiz de Fora, parecer número 161/2010. Sessenta bráquetes de alumina monocristalina (Pure®, Orthotechnology, Tampa, FL, EUA) e sessenta dentes pré-molares superiores recém extraídos com finalidade ortodôntica foram randomicamente divididos em três grupos (n=20) de acordo com a estratégia de tratamento das superfícies adesivas: G1- sem tratamento (grupo controle); G2- jateamento com partículas de alumina revestidas por sílica-30 μm Cojet (3M ESPE, Irvine, CA, EUA) + aplicação do silano Monobond S (Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein); e G3- jateamento com Cojet seguido de silanização e tratamento térmico da superfície com jato de ar (Secador Taiff Compacto Turbo, 6000W, São Paulo, SP) à $100^{\circ}\text{C}\pm 1$, a 1 cm por 60 s. Após os tratamentos de superfície, os bráquetes foram colados aos dentes com o adesivo ortodôntico Transbond XT Light Cure Adhesive (3M ESPE, Irvine, CA, EUA). Os espécimes foram armazenados em estufa com água destilada a 37°C por 100 dias. Durante este período, metade dos espécimes de cada grupo foi submetida à termociclagem (-T) (6000 ciclos, $5^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $55^{\circ}\text{C}\pm 1$) com banhos alternados de 30 s. Com o auxílio de uma máquina universal para ensaios mecânicos (EMIC - DL 1000, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil – F.O. Unesp, São José dos Campos, SP) e um dispositivo tipo faca, os grupos foram submetidos ao ensaio de resistência adesiva ao cisalhamento (1mm/min) até que ocorresse o descolamento dos bráquetes. As superfícies fraturadas foram observadas sob microscopia óptica (30x) para categorização dos tipos de falha e determinação do índice de remanescente adesivo (IRA). Doze amostras representativas (n=2) foram também observadas em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados foram submetidos à análise estatística ANOVA (2-fatores) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância em 5% para ambos os testes. Para os resultados de resistência adesiva, o teste ANOVA revelou significância estatística para a interação dos fatores tratamento de superfície e termociclagem ($p= 0,013$) e para o tratamento de superfície ($p= 0,0$). O fator termociclagem não influenciou estatisticamente os resultados ($p = 0,6974$). As maiores e menores médias de resistência adesiva com o

desvio padrão foram encontradas respectivamente em G3-T ($27,59 \pm 6,4$ MPa) e G2-T ($8,45 \pm 6,7$ MPa). Na análise da superfície após o ensaio, foi constatada a fratura de esmalte e/ou dentina em dezesseis espécimes. Com exceção do grupo G2, todos os outros apresentaram fratura de estrutura dentária. O modo de falha tipo misto e IRA = 1 (49,12%) foram os mais frequentes. Conclui-se que o tratamento térmico das superfícies silanizadas após o jateamento com partículas de alumina revestidas por sílica produziu valores de resistência adesiva similares aos valores encontrados no grupo controle.

Palavras - chave: Bráquetes cerâmicos. Adesão. Tratamento térmico.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of heat treatment on bond strength of monocrySTALLINE brackets silica coating and silanization process. The study was approved by the ethics committee of the Federal University of Juiz de Fora, authorization number 161/2010. Sixty brackets monocrySTALLINE alumina (Pure®, OrthoTechnology, Tampa, FL, EUA) and sixty premolars recently extracted for orthodontic were randomly, divided in three groups (n=20) according to the strategy of treating surfaces adhesive: G1 – no treatment (control group), G2 – blasting with alumina particles coated with silica 30 μm Cojet (3M ESPE/ Irvine, CA, EUA) + application of silane Monobond S (Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein), and G3 – blasting (Cojet) + silanization + heat treatment with a hairdryer (Taiff Compact Turbo Dryer, 6000W, São Paulo, SP) to $100^{\circ}\text{C} \pm 1$, to 1 cm, for 60 s. After surface treatments, the brackets were bonded to teeth with orthodontic adhesive Transbond XT Light Cure Adhesive (3M ESPE, Irvine, CA, EUA). The specimens were stored in distilled water for 100 days. During this period, half of the specimens of each group was subjected to thermocycling (-T) (6000 cycles, $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $55^{\circ}\text{C} \pm 1$) with baths of 30 seconds. With the support of a universal mechanical testing machine (EMIC – DL 1000, Pinhais, Paraná, Brazil – FO/UNESP, São José dos Campos, SP) an device like a knife, the groups were submitted a shear bond strength test (1mm/min) until failure. The fractured surfaces were observed under debonded specimen surfaces were examined with a stereomicroscope (30 \times) to classify the types of failure and determine the adhesive remnant index (ARI). Twelve representative samples (n=2) were also observed in scanning electron microscopy. The results were statically analyzed using ANOVA (two-way) and means were compared by Tukey test with significance level of 5% for both tests. For the results of bond strength, the ANOVA revealed statistical significance for the interaction of surface treatment and thermocycling ($p= 0,013$) and the surface treatment ($p= 0,0$). The factor thermocycling did not influence the results statistically ($p= 0,6974$). The highest and lowest mean bond strength including the standard deviation were found in G3T ($27,59 \pm 6,4$ MPa) and G2T ($8,45 \pm 6,7$ MPa). In the analysis of the surface after test was found sixteen specimens with enamel/dentin fracture. Except for G2, all others groups had fractured tooth structure. The failure mode mixed and IRA=1

(49,12%) were the most frequent. The heat treatment of the silanized surfaces after blasting with alumina particles coated with silica produced bond strength values similar to those found in the control group.

Keywords: Ceramic brackets. Bond strength. Heat treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Microjateador Cojet – Prep, 3M ESPE.....	39
Figura 2 – Silano Monobond S, Ivocla.....	40
Figura 3 – Aplicação do silano na base do bráquete.....	40
Figura 4 – Jato de ar com seringa tríplice.....	40
Figura 5 – Tratamento térmico com jato quente - secador Taiff.....	40
Figura 6 – Pré-molar com máscara adesiva.....	41
Figura 7 – Condicionamento ácido do esmalte.....	41
Figura 8 – Secagem com jato de ar após a lavagem.....	41
Figura 9 – Aplicação de primer Transbond XT.....	42
Figura 10 – Aplicação da resina composta à base do bráquete.....	42
Figura 11 – Posicionamento do bráquete sobre o esmalte.....	42
Figura 12 – Remoção do excesso de resina com sonda exploradora.....	43
Figura 13 – Fotopolimerização por 10 segundos.....	43
Figura 14 – Dispositivo guia para posicionamento do conjunto dente – bráquete..	43
Figura 15 – Posicionamento do conjunto dente-bráquete preso ao dispositivo guia entorno do tubo PVC.....	44
Figura 16 – Inclusão com resina acrílica.....	44
Figura 17 – Corpo de prova.....	44
Figura 18 – Termocicladora.....	45
Figura 19 – Emic posicionada com célula de carga e lâmina para ensaio.....	45
Figura 20 – Lâmina posicionada na interface adesiva pronto para o ensaio.....	45
Figura 21 – Espécimes após fratura.....	46
Figura 22 – Estereomicroscópio.....	46
Figura 23 – Máquina metalizadora.....	47
Figura 24 – Espécimes recobertos com metal condutor.....	47

Figura 25 - Microscópio eletrônico de varredura.....	47
Figura 26 a - Fotomicroscopia óptica de bráquete Safira G1T-4.....	48
Figura 26 b - Fotomicroscopia óptica da interface adesiva com falha adesiva durante a termociclagem G2T-9.....	48
Figura 27 - Fotomicroscopia óptica do espécime G2-2. IRA=0.....	51
Figura 28a - Fotomicroscopia óptica do espécime G1T-9 com fratura em esmalte e dentina.....	52
Figura 28b - Fotomicroscopia óptica do espécime G3-6 com fratura em esmalte e dentina.....	52
Figura 28c - MEV do espécime G1-2 com fratura a nível de esmalte e dentina.....	52
Figura 29a - Fotomicroscopia óptica do espécime G1T-10. IRA=1.....	52
Figura 29b - Fotomicroscopia óptica do espécime G2T - 5. IRA=1.....	52
Figura 30a - Fotomicroscopia óptica do espécime G2 - 5. IRA=2.....	53
Figura 30b - Fotomicroscopia óptica do espécime G1 - 6. IRA=2.....	53
Figura 30c - MEV do espécime G2 - 7. IRA=2.....	53
Figura 31 - Fotomicroscopia óptica do espécime G2T - 10. IRA=3.....	53
Figura 32a - MEV da base do bráquete Safira (40x).....	54
Figura 32b - MEV da base do bráquete Safira (200x).....	54
Figura 33a - MEV da base do bráquete Safira após jateamento (45x).....	54
Figura 33b - MEV da base do bráquete safira após jateamento (200x).....	54

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1- Estatística descritiva da resistência adesiva em Megapascal (Mpa).....	49
Tabela 2- Análise de variância ANOVA 2-fatores na resistência adesiva em bráquetes monocristalinos considerando tratamentos de superfície (3 tipos) e ciclagem térmica (2 tipos).....	50
Tabela 3- Análise de Tukey comparando resistência adesiva, os tratamentos de superfície e os efeitos da termociclagem.....	50
Tabela 4- Índice de remanescente adesivo de acordo com Årtun e Bergland (1984).....	51
Quadro 1- Critérios para a utilização do IRA, segundo Årtun e Bergland (1984).....	23
Quadro 2- Nomes comerciais, tipos de material, fabricantes, composição e lote dos produtos utilizados nos experimentos.....	37
Quadro 3- Classificação quanto aos tipos de fratura.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% = porcentagem

± = mais ou menos

°C = graus Celsius

h = hora

s = segundo

min = minuto

mm = milímetro

mm/min = milímetro por minuto

mm² = milímetro quadrado

mm³ = milímetro cúbico

MPa = Mega Pascal

SiO₂ = Sílica

Si-OH = Silanol

Al₂O₃ = Alumina

N = Newton

MEV = microscópio eletrônico de varredura

bar = unidade de pressão

kHz = unidade de frequência

kPa = unidade de pressão

psi = unidade de pressão

x = vezes

< = menor

> = maior

μm = micrômetro

IRA = índice de remanescente adesivo

IME = Instituto Militar de Engenharia

SUMÁRIO

RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
LISTA DE FIGURAS.....	23
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	30
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	18
3 PROPOSIÇÃO.....	36
4 METODOLOGIA.....	37
4.1 Material.....	37
4.2 Métodos.....	38
4.2.1 Seleção da amostra.....	38
4.2.2 Os bráquetes e os tratamentos de superfície.....	38
4.2.3 Protocolo de jateamento.....	39
4.2.4 Colagem dos bráquetes.....	40
4.2.5 Confeção dos corpos de prova.....	43
4.2.6 Ciclagem térmica.....	44
4.2.7 Ensaio de resistência ao cisalhamento.....	45
4.2.8 Análise da superfície fraturada.....	46
4.2.9 Análise estatística.....	47
5 RESULTADOS	48
6 DISCUSSÃO	56
6.1 A resistência adesiva.....	57
6.2 O efeito dos tratamentos nas bases dos bráquetes sobre a resistência adesiva.....	59
6.3 O efeito da termociclagem na resistência adesiva.....	61
6.4 O índice de remanescente adesivo e os tipos de fratura.....	62

7 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	66
ANEXO.....	71

1 INTRODUÇÃO

A Ortodontia é a especialidade da Odontologia que estuda e trata as relações inadequadas entre dentes, ossos maxilares e face. Nos tempos atuais esta especialidade baseia-se no estudo do crescimento e desenvolvimento crânio-facial, na evolução da dentição, na avaliação do perfil e no estudo da mecânica ortodôntica para correção ou prevenção das maloclusões. (RÊGO, 2006).

A mecânica ortodôntica utiliza acessórios fixados aos dentes que controlam alterações nas posições dentárias. Na movimentação ortodôntica, a interação que acontece entre os elementos dentários, cimentos e acessórios ortodônticos é complexa e seu conhecimento e controle são fundamentais para obtenção do objetivo final do tratamento dentário. Em consequência, aprimorar e simplificar o processo de introdução no mercado de novos e eficientes materiais é uma necessidade científica constante para a melhoria do tratamento ortodôntico. (PROFFIT, 2007).

A ortodontia vem percorrendo um longo caminho evolutivo desde o desenvolvimento dos primeiros aparelhos ortodônticos até os dias atuais. No passado, a montagem dos primeiros sistemas ortodônticos era realizada pelo procedimento conhecido como bandagem, onde todos os dentes eram recobertos por bandas metálicas, nas quais eram soldados os componentes ortodônticos. Esta técnica, devido ser demasiadamente trabalhosa, prolongava o tempo de atendimento odontológico. Além disso, causava um grande desconforto ao paciente, dificultava a higienização dos dentes e resultava em uma estética desfavorável, pois permaneciam espaços entre os dentes após a retirada das bandas. (BISHARA, 1975).

O desenvolvimento da técnica de condicionamento ácido prévio do esmalte por Buonocore, em 1955, tornou possível a colagem direta de bráquetes ortodônticos com resinas compostas (Bishara, 1998; Rix, 2001; Grandhi, 2001; Kitayama, 2007; Minick, 2009; Faltermeier, 2009; Shahabi, 2010), resultando em vantagens como maior conforto aos pacientes, eliminação da separação prévia dos dentes, diminuição da irritação gengival, facilidade na higiene oral, melhor estética e menor tempo de tratamento. (BISHARA, 1998).

O desenvolvimento constante das pesquisas visando melhorar as propriedades físicas e químicas dos materiais dentários e das técnicas de utilização tornou ainda mais eficiente a colagem de bráquetes ortodônticos, facilitando sua execução e dando maior previsibilidade aos resultados. (MINICK, 2009).

O bráquete, que pode estar colado à face vestibular ou lingual dos dentes, conduz o fio ortodôntico sem obstruir a sua movimentação, o que permite corrigir a má posição dos dentes visando à obtenção de um posicionamento ideal dos mesmos. (PROFFIT, 2007).

Os bráquetes podem ser divididos em dois grandes grupos: os metálicos e os estéticos.

O material mais comumente utilizado na fabricação de bráquetes é o aço inoxidável, entretanto, muitos esforços têm sido feitos no sentido de melhorar a estética produzindo bráquetes metálicos em tamanhos menores ou com base em outros materiais. Surgiram então os bráquetes cerâmicos (policristalinos ou monocristalinos) devido às exigências estéticas promovendo opções visualmente mais agradáveis durante os tratamentos ortodônticos. (FALTERMEIER, 2009).

Os bráquetes cerâmicos policristalinos constituem-se de cristais de óxido de alumínio fusionados a altas temperaturas (acima de 1800°C) de tal forma que possibilita a fabricação de vários bráquetes simultaneamente. Já os bráquetes de cerâmica monocristalina são fundidos a 2100°C, formando um único cristal de óxido de alumínio que resultará na fabricação de um único bráquete, onerando a produção em relação aos policristalinos. Entretanto, esta forma de fabricação confere às peças maior translucidez e maior resistência à tensão, uma vez que, apresenta menor incorporação de impurezas durante o processo. (SWARTZ, 1988).

Os bráquetes cerâmicos, quando introduzidos, foram considerados uma alternativa viável aos de aço inoxidável pela melhora significativa da estética. Porém, devido à alta rigidez promovida pelas suas características microestruturais, o material não se flexiona para favorecer a descolagem tornando necessária a aplicação de uma intensa força inicial na remoção destes bráquetes ao final do tratamento ortodôntico. (ARICI, 2000).

Outra desvantagem promovida pela sua microestrutura está na fraca resistência adesiva aos cimentos resinosos utilizados para colagem, o que gera complicações clínicas como maior chance de fraturas de esmalte ou rachaduras durante o procedimento de descolagem, uma vez que, são confeccionadas

retenções mecânicas nas bases dos bráquetes com o objetivo de obter maior retenção. (MEGURO, 2006).

De acordo com Theodorakopoulou (2004), os bráquetes cerâmicos podem produzir fraturas e trincas no esmalte durante a remoção, o que muitas vezes resulta na necessidade de restaurações dentais. Conseqüentemente o contínuo desafio é no sentido de tornar a adesão entre os acessórios ortodônticos e o esmalte grande suficiente para resistir ao tratamento, porém, que não resulte em danos à estrutura dentária durante a remoção.

Para um total controle dos efeitos da descolagem na superfície do esmalte, duas interfaces adesivas envolvidas neste processo vêm sendo amplamente estudadas: a interface resina/esmalte e a interface resina/base do bráquete. (ÖZCAN, 2008).

Em 2003, Pannes e colaboradores confirmaram o aumento da resistência adesiva entre resinas e cerâmicas após aplicação de agentes silânicos.

Ainda, Matinlinna e colaboradores em 2004, afirmaram que superfícies de sílica modificadas são quimicamente mais reativas às resinas compostas via agentes silânicos de adesão.

Adicionalmente, estudos sobre os materiais dentários têm demonstrado que a “secagem” de silano com jato de ar quente aumenta a resistência adesiva entre os materiais inorgânicos tais como as cerâmicas feldispáticas, pinos de fibra de vidro e os cimentos resinosos. (MONTICELLI, 2006; PAPACCHINI, 2007; FABIANELLI, 2009).

Ainda não há dados na literatura sobre a influência do tratamento térmico após silanização em bases de bráquetes cerâmicos monocristalinos.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O primeiro bráquete estético foi apresentado em 1969 por Newman, em um estudo com colagem de bráquetes estéticos de policarbonato, manufaturados através de um processo de injeção em moldes de material plástico na forma do bráquete específico, com precisão suficiente para reproduzir pequenos detalhes. Os bráquetes de policarbonato ou de plástico possuem grande aplicabilidade clínica por apresentarem propriedades físicas e químicas tais como: atoxicidade, resistência à abrasão e ao impacto relativamente alto, cor (apesar da pouca estabilidade) e translucidez adequados, além de ser inodoro e insípido. (MALTAGLIATTI, 2006).

Em estudo sobre as propriedades dos bráquetes de policarbonato, Feldner e colaboradores, em 1994, avaliaram a deformação mediante o torque e concluíram que estes apresentavam maiores valores de deformação quando comparados aos bráquetes de metal. Para melhorar os problemas de deformação e descoloração, a sua composição original foi modificada, incorporando-se partículas de cerâmica cristalina ou amorfa. Para a diminuição da resistência friccional foram adicionadas canaletas metálicas melhorando, desta maneira, a leitura/expressão do torque. Logo, o uso dos bráquetes de plástico deveria limitar-se a tratamentos mais curtos, e que não necessitassem da incorporação de torques acentuados, devido à deformação sofrida por estes bráquetes causando menor eficiência de leitura destes torques. Desta forma, mediante a necessidade do uso de fios retangulares para maior incorporação de torques, os autores indicam o uso de bráquetes com canaletas de metal que, ainda assim, expressam o torque de maneira deficiente, comparados aos bráquetes metálicos.

Sobre os bráquetes de policarbonato Özcan em 2004 afirmou que em termos de resistência de união, é difícil conseguir uma adesão adequada quando usamos este tipo de acessório devido a sua matriz ser quimicamente inerte.

Tendo em vista as desvantagens e limitações dos bráquetes de policarbonato, em 1986 surgiram os bráquetes de cerâmica com grande apelo comercial pela sua propriedade estética. (BIRNIE, 1990).

Os materiais cerâmicos podem ser moldados quando submetidos a altas temperaturas. No caso dos bráquetes estéticos, o material base empregado é o óxido de alumínio ou alumina (Al_2O_3), cujas propriedades são: resistência a altas

temperaturas e a degradabilidade química, alta dureza e friabilidade, apresentando propagação de trincas pela incorporação de defeitos ou impurezas. (MALTAGLIATTI, 2006).

Existem dois tipos de bráquetes cerâmicos à base de alumina no mercado odontológico, os de microestrutura policristalina, o tipo mais comum, e o de microestrutura monocristalina, também conhecidos como bráquetes safira. (JOHNSON, 2004).

Os bráquetes de alumina policristalina são feitos a partir da precipitação de partículas de óxido de alumínio. Estas partículas são combinadas a um aglutinador e a mistura é introduzida na forma refratária onde os bráquetes são conformados. Temperaturas acima de 1800°C são usadas para fundir esta mistura. Após o corte, as peças devem ser tratadas a altas temperaturas para reduzir o estresse residual e imperfeições na superfície. Já na produção dos bráquetes de alumina monocristalina, o aquecimento é superior a 2100°C e o resfriamento deve ser lento para permitir a completa cristalização. Este processo minimiza o estresse induzido por impurezas e imperfeições microestruturais encontradas nas aluminas policristalinas. (SWARTZ, 1988).

Estudos demonstram que o jateamento das cerâmicas com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica (silicatização) seguido da aplicação do silano (silanização) aumenta a resistência adesiva das cerâmicas aos cimentos resinosos por promover um aumento da rugosidade superficial e, conseqüentemente a ancoragem mecânica, (Hooshmand, 2002; Shen, 2004; Matinlinna, 2004; Matinlinna, 2007; Moharamzadeh, 2008), o que também ocorre entre materiais cerâmicos e metálicos. (BERTOLOTTI, 2007).

Atsu em 2006, em estudo com bráquetes metálicos e cerâmicos, preconizou o jateamento com óxido de alumínio 30 μ m revestidos com sílica (Cojet-Sand, 3M ESPE AG, Seefeld, Alemanha), padronizando distância de 10mm entre o aparelho e os bráquetes a uma pressão de 2,5 bar por 15 s. Conclui-se que o jateamento seguido de silanização aumentou a resistência adesiva tanto em bráquetes metálicos quanto cerâmicos em relação ao grupo controle.

Faltermeier em 2009, em trabalho com bráquetes metálicos pesquisou dois protocolos de jateamento. Em um grupo utilizou partículas de óxido de alumínio de 120 μ m por 20 s a pressão de 2 bar. Num outro grupo utilizou o Sistema Rocatec no qual primeiramente a área da base é jateada por óxido de alumínio 110 μ m (Rocatec

Pre, 3M Espe, Saint Paul, Minnesota, EUA) por 10 s a 2,8 bar, seguido da aplicação de (Rocatec Plus, 3M Espe, Saint Paul, Minnesota, EUA) óxido de alumínio revestido com sílica $110\mu\text{m}$, com pressão de 2,8 bar por 13 s (Sistema Rocatec). A distância entre o bráquete e a ponta do aparelho foi mantida em 10mm. Conclui-se neste estudo que tanto o jateamento quanto o Sistema Rocatec aumentaram a resistência adesiva de bráquetes metálicos.

Em ortodontia, há muito, o jateamento é utilizado para aumentar a resistência adesiva em novos sistemas de bráquetes e bandas além de ser útil na remoção do adesivo remanescente na base de bráquetes acidentalmente descolados. (MAC COLL, 1988).

Atualmente, as superfícies cerâmicas são jateadas com partículas de óxido de alumínio de $30\mu\text{m}$ modificadas por sílica Cojet- Sand (3M ESPE, Seefeld, Alemanha). Esta técnica remove contaminações e aumenta a molhabilidade, além de promover uma maior área adesiva pelo aumento na rugosidade da superfície tratada. O jateamento permite a ancoragem mecânica da sílica em superfícies metálicas ou cerâmicas tornando-as quimicamente mais reativas às resinas via ação dos agentes silânicos. (SCHMAGE, 2002; ATSU, 2006).

Os principais silanos odontológicos usados para promover adesão entre substratos de natureza química diferente (orgânicos e inorgânicos) são os trialcóxissilanos, que apresentam fórmula geral R-Y-SiX_3 onde R é o grupo orgânico não hidrolisável, Y um *linker* e X um grupo hidrolisável. Os silanos apresentam reação dual e precisam ser ativados (hidrolisados). O grupo funcional não hidrolisável (metacrilato) pode polimerizar com monômeros das resinas compostas por meio de ligações duplas (C = C). O grupo hidrolisável (alcoxi) pode reagir com grupo hidroxil, rico nos substratos inorgânicos, formando as ligações químicas entre substratos orgânicos e inorgânicos. Superfícies silanizadas são instáveis em condições úmidas, e a adesão via silano se deteriora em mistura atmosférica. Porém, a estocagem em água e a termociclagem deterioram a adesão silano – cerâmica, e, desde que as resinas sejam permeáveis à água, a adesão silano – resina também diminui a cada momento por hidrólise. O autor conclui, que o agente silano pode promover adesão entre substratos orgânicos e inorgânicos, mas somente ele não auxilia na adesão em longo prazo, estando indicada a combinação de silicatização e silanização. (MATINLINNA, 2004).

Estudos prévios demonstraram a efetividade da silicatização seguida de silanização na resistência adesiva de bráquetes metálicos e cerâmicos. (SCHMAGE, 2002; ATSU, 2006; TOROGLU e YAYLALI, 2008; FALTERMEIER e BEHR, 2009).

A fim de aumentar a resistência à hidrólise na interface adesiva cerâmica - resina, estudos sugerem o uso do tratamento térmico das superfícies silanizadas através da secagem com jato de ar aquecido ($\pm 100^{\circ}\text{C}$) ou banho em água quente à mesma temperatura. (SHEN, 2004; MONTICELLI, 2006; PAPACCHINI, 2007 e FABIANELLI, 2009).

De acordo com Shen, 2004, na aplicação do silano às superfícies cerâmicas são formadas três camadas com diferentes propriedades físicas e químicas. Na camada mais profunda, o agente silano reage com a cerâmica através de fortes ligações cruzadas (ligação siloxanas), enquanto na camada intermediária e na externa (de forma mais intensa) as moléculas de silano ficam apenas adsorvidas pela camada mais profunda sendo facilmente lavadas por solventes orgânicos ou água. Assim sendo, a aplicação de quantidade excessiva de silano pode comprometer seu efeito benéfico. O tratamento térmico a 100°C foi indicado para produzir um maior número de ligações siloxanas, aumentando a resistência de união entre materiais poliméricos e cerâmicos. O tratamento térmico também pode evaporar solventes (álcool, água e ácido acético) e produtos de reação voláteis formados durante a condensação dos grupos silanol. A evaporação desses subprodutos disponibilizariam um maior número de sítios na superfície cerâmica para reação com o agente silano melhorando a resistência adesiva nesta interface.

A colagem de bráquetes ortodônticos nas superfícies dos dentes é um procedimento clínico necessário, entretanto, temporário, uma vez que eles são removidos ao final do tratamento ortodôntico. (PANDIS, 2006).

A ocorrência de falhas na colagem de bráquetes, prejudica a prática ortodôntica por trazer como resultado um maior tempo de tratamento, aumento dos custos operacionais, além de desconforto para o paciente por requerer um maior número de consultas. (FINEMMA, 2010).

Durante a descolagem a separação do bráquete sem remanescente adesivo nos dentes é o resultado ideal, pois a remoção do cimento residual consome tempo em excesso e pode danificar a superfície do esmalte. (ZARRINIA, 1995).

Porém a descolagem na interface adesiva cimento - esmalte pode produzir trincas superficiais no esmalte, o que é indesejável. A manutenção desta superfície

lisa e intacta após descolagem é uma consideração importante. (FINEMMA, 2010; SHAHABI, 2010).

Powers, Kim e Turner em 1997, relataram que nos testes de resistência ao cisalhamento, o bráquete é pressionado por uma lâmina sob tensão ou compressão, ou por um fio sob tensão, de modo que o acessório deslize paralelamente ao substrato sobre o qual foi colado. Uma força de cisalhamento pura é difícil de ser obtida e a maioria dos ensaios de cisalhamento inclui componentes de tração e torção, sendo, no entanto, válidos para estudos de resistência de união na colagem ortodôntica.

Phiton e colaboradores em 2007 afirmaram que forças no sentido ocluso-gengival, forças de cisalhamento, são as que mais atingem o acessório ortodôntico, daí a importância de se avaliar a resistência ao cisalhamento nos experimentos que se referem à colagem.

De acordo com a International Organization for Standardization (ISO), na especificação TR 11405 (2003) para ensaio de resistência de união podem ser usados como substrato, dentes humanos (pré-molares e molares) ou incisivos bovinos de animais com menos de 5 anos de idade. O período de armazenagem dos dentes para ser submetido a este tipo de ensaio não deve ser superior a 6 meses, após a extração. Os dentes devem ser armazenados em água destilada ou cloramina 0,5%, numa temperatura entre (4°C e - 5° C). Os dentes devem ser livres de cárie e restaurações.

Reynolds em 1975, relata sobre os procedimentos de colagem, as vantagens e desvantagens da colagem direta e os procedimentos para colagem direta (profilaxia da superfície dental, condicionamento ácido, adesivos, resinas compostas, selantes e tipos de bráquetes). Neste estudo foram ainda analisadas as forças necessárias para aplicar sobre os aparelhos e os tipos de falhas que ocorrem na interface de fratura e concluiu-se que um material adesivo deve apresentar valores mínimos de resistência adesiva ao cisalhamento entre 5,9 MPa a 7,8 MPa para suprir as necessidades clínicas, e para estudos laboratoriais, valor mínimo aproximado de 4,9 MPa. Esta variação deve ser respeitada, pois uma resistência adesiva muito alta, acima destes valores, pode danificar o esmalte dentário na descolagem, assim como, uma resistência adesiva baixa não suportaria os esforços mastigatórios.

Powers, Kim e Turner em 1997, afirmaram que nos testes de resistência de união a colagem pode-se esperar tanto falhas coesivas (no esmalte, no bráquete ou na resina) como falhas adesivas (entre esmalte/adesivo e adesivo/bráquete).

A quebra da união durante o procedimento de remoção de bráquetes pode ocorrer, de acordo com Årtun (1997) de quatro maneiras: na interface bráquete/adesivo, na interface adesivo/esmalte, quebra da união dentro da camada de adesivo e quebras mistas. O tipo de quebra na interface adesivo/esmalte é a que oferece maior risco ao esmalte dentário, pois gera uma carga de tração diretamente sobre ele. Neste tipo de falha, remanescentes de esmalte poderiam ser removidos juntamente com o bráquete.

Årtun e Bergland em 1984, com o objetivo de avaliar a quantidade de material remanescente no esmalte dentário após a descolagem, desenvolveram o IRA (Índice Remanescente de Adesivo). Este índice foi classificado em quatro escores, conforme o quadro 1, que auxiliam na caracterização das falhas adesivas por meio da avaliação das interfaces envolvidas nas fraturas, permitindo a análise estatística e comparação entre os grupos.

Escores	Frequência de adesivo remanescente
0	Nenhum adesivo remanescente sobre o esmalte dentário
1	Menos da metade de adesivo remanescente no esmalte dentário
2	Mais da metade de adesivo remanescente no esmalte dentário
3	Todo o adesivo remanescente no esmalte dentário, com nítida impressão da malha do bráquete

Quadro 1: Critérios para a utilização do IRA, segundo Årtun e Bergland (1984).

Guan e colaboradores (2001) discutiram a resistência adesiva e seu efeito diante da associação da silicatização e da silanização. Para este estudo eles utilizaram bráquetes plásticos de incisivo central superior de duas marcas comerciais: Spirit (Ormco, Glendora, Califórnia) e Clear Bracket (Sankin Co., Tóquio, Japão). Os bráquetes foram divididos em três grupos: Non – sem tratamento de superfície, Sa – tratamento de superfície por jateamento e Ss – idêntico ao grupo Sa + aplicação de agente silano. Um grupo de bráquetes metálicos (A-436, Tomy Co)

também foi testado como controle (n=50). Duas marcas de adesivo ortodôntico foram utilizadas: Orthomite Superbond (Sun medical, Tóquio, Japão) e Kurasper-F (Kuraray, Osaka, Japão). As bases dos bráquetes plásticos dos grupos Sa e Ss foram jateadas com óxido de alumínio de $50\mu\text{m}$ (PL- 169; Paassche Airbrush Co., Harwood, EUA) a uma distância fixa de 5 mm da base do bráquete, com a 0,39 Bar de pressão por 20 s. As bases foram observadas à microscopia eletrônica de varredura (MEV) antes e após o jateamento para que as diferenças nas superfícies fossem identificadas. Após o jateamento, os bráquetes foram submetidos a banho ultrassônico por 5 minutos, na sequência, aplicação de silano a $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 20 segundos e secagem com ar comprimido livre de óleo por 15 s. Utilizaram 540 dentes bovinos que tiveram suas coroas separadas das raízes e suas polpas extirpadas. Em seguida foram randomizados e separados em quatro grupos. Após este procedimento foram armazenados em água destilada a 4°C até a época do ensaio quando foram incluídos individualmente em anéis metálicos com resina epóxica (Struers, Copenhagen, Denmark) com suas faces vestibulares expostas. Estas superfícies foram polidas com pasta profilática por 15 s e em seguida tratadas de acordo com as especificações dos fabricantes dos adesivos ortodônticos utilizados para a colagem dos bráquetes Orthomite Superbond (Sun medical, Tóquio, Japão) e Kurasper-F (Kuraray, Osaka, Japão). O cimento resinoso foi aplicado nas bases dos bráquetes e estes foram posicionados no esmalte com 200 gramas de força o que foi mensurado com auxílio de um dinamômetro. O excesso de adesivo foi removido cuidadosamente com sonda clínica e após a cura do cimento adesivo por 20 minutos a temperatura ambiente os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas. Apenas metade dos espécimes foi submetida à termociclagem (10.000 ciclos a 4°C e 60°C e tempo de imersão de 1 minuto em cada banho). Todos os espécimes foram testados ao cisalhamento na máquina de ensaios universal (DSC 2000; Shimadzu, Kyoto, Japão) com velocidade de 2mm/min até que ocorresse a fratura da interface adesiva. O teste de resistência adesiva ao cisalhamento foi realizado no grupo Ss nas primeiras 24 horas após a colagem para avaliar a estabilidade deste tratamento. Após o ensaio de cisalhamento as superfícies de esmalte e das bases dos bráquetes foram observadas sob lente de aumento (8-DN; Nikon Co., Tóquio, Japão) para avaliação das superfícies fraturadas. Foi utilizado o teste não-paramétrico Mann-Whitney U-test para a análise estatística. O estudo concluiu que o jateamento associado à silanização aumenta a resistência

adesiva de bráquetes plásticos *in vitro* devido à formação de uma topografia microrretentiva composta por fibras de vidro somadas a grupos Si-OH (silanol).

Özcan em 2004 obteve resultados semelhantes quando testou ao cisalhamento bráquetes de policarbonato após o jateamento com partículas de óxido de alumina revestida com óxido de sílica (silicatização) e silanização. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de 5 tipos de tratamento de superfície na resistência adesiva de bráquetes de policarbonato colados em superfície cerâmica com resina composta e em seguida avaliou o tipo de fratura após a descolagem. Trinta discos de cerâmica feldispática com superfícies glazeadas foram confeccionados com 6mm de diâmetro e 2mm de altura (Shade A3, VMK68, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) de acordo com as orientações do fabricante. Seis discos cerâmicos foram usados em cada grupo e foram incluídos em resina acrílica com apenas a face submetida à colagem exposta. A superfície exposta foi submetida a banho ultrassônico (Quantrex 90 WT, L&R Manufacturing, Kearny, NJ) contendo acetato de etila por 10 minutos e em seguida secas com ar. Os espécimes foram randomizados e distribuídos de acordo com 5 tipos de tratamento de superfície: (1) ácido ortofosfórico 37% (Ultradent Ultraetch, South Jordan, Utah) + primer (Ormco, Glendora, Califórnia) + agente de adesão (Transbond XT, 3M, Monrovia, Califórnia); (2) ácido gel hidrofúorídrico 9,5% (Ultradent Porcelain Etch, South Jordan, Utah) + primer (Ormco, Glendora, Califórnia) + agente de adesão (Transbond XT, 3M, Monrovia, Califórnia); (3) silicatização triboquímica (Cojet Sand, 30 μm silicon dioxide 250 kPa, 10 mm, 3M ESPE AG, Seefeld, Alemanha) + silano (ESPE-Sil, 3M ESPE AG, Seefeld, Alemanha); (4) abrasão de partículas com ar comprimido (30 μm aluminium trioxide, 250 kPa, 10 mm (Korox, Bego, Bremen, Alemanha) + silano (ESPE-Sil, 3M ESPE AG, Seefeld, Alemanha) e (5) abrasão de partículas de alumina - 30 μm com ar comprimido (Korox, Bego, Bremen, Alemanha), a 250 kPa, 10 mm + silano (ESPE-Sil, 3M ESPE AG, Seefeld, Alemanha) + agente de adesão (Transbond XT, 3M, Monrovia, Califórnia). Trinta bráquetes para incisivos inferiores (Ormco Spirit MB, Glendora, Califórnia) foram colados a cerâmica condicionada com resina composta fotopolimerizável. A colagem foi realizada pelo mesmo operador com auxílio de pinça para colagem e nos grupos 1 e 2 os bráquetes foram colados com resina composta e houve fotopolimerização por 40 s; nos grupos 3 e 4 somente o agente silânico foi aplicado, permitindo a evaporação por 5 minutos, e no grupo 5 a resina foi aplicada além do jateamento e

do agente silano. Os espécimes foram armazenados em água por uma semana a 37°C e em seguida, submetidos a 1000 termociclos (NIOM - Scandinavian Institute for Dental Materials, Haslum, Norway) com temperaturas 5°C - 55°C. O tempo de cada banho foi de 30 s com intervalos de 2 s. Os espécimes foram então submetidos ao ensaio de cisalhamento em máquina de ensaios universal (LRX, Lloyd Instruments, Fareham, United Kingdom), sob força incidente na interface adesiva com velocidade de 1mm/min até que houvesse a fratura. Após o ensaio as superfícies foram analisadas a olho nu para determinar o local e o tipo de falha e aplicou-se o índice IRA (Índice de Remanescente Adesivo, Årtun e Bergland, 1984) para sua classificação. Tanto os espécimes cerâmicos quanto os bráquetes foram também examinados em MEV. Para análise estatística foi utilizado os testes ANOVA e Tukey. Foi concluído neste estudo que há diferenças em relação à resistência adesiva quando diferentes tratamentos de superfícies são realizados; ao se usar o jateamento com partículas de alumina nas superfícies cerâmicas o parâmetro crítico se deu na interface bráquete/adesivo. O jateamento com partículas de dióxido de silício ou alumina associado à silanização elimina a necessidade de ataque ácido, primer e resina e resulta numa resistência adesiva satisfatória.

Em 2004, Theodorakopoulou e colaboradores, com a proposta de avaliar e comparar a resistência adesiva ao cisalhamento de bráquetes monocristalinos e policristalinos e ainda, o modo de fratura quando estes bráquetes são descolados durante o ensaio de cisalhamento ou com alicates saca bráquetes. Este estudo teve uma amostra de 80 pré-molares extraídos, limpos e armazenados em água destilada a temperatura ambiente. Dentes hígidos e que não apresentavam trincas na face vestibular tiveram suas raízes seccionadas e as coroas foram incluídas com resina acrílica em anéis de bronze com a face vestibular exposta e acima da borda dos anéis. As superfícies dos dentes foram limpas e polidas com pasta profilática sem flúor e taças de borracha, lavadas por 15 s e secas com jato de ar comprimido livre de óleo. Em seguida, foi aplicado ataque ácido com ácido fosfórico a 37% (3M Unitek) por 30 s, lavagem com água por 30 s e secagem com ar comprimido. Sob esta superfície, foi aplicado o primer Transbond XT primer (3M Unitek). Com o auxílio de uma pinça para colagem 20 bráquetes Inspire (Ormco, Orange, Califórnia) e 20 Clarity (3M Unitek, Monrovia, Califórnia) foram então colados aos dentes com a resina fotopolimerizável Transbond XT (Transbond XT Light Cure, 3M Unitek, Monrovia, Califórnia) e fotopolimerizados por 10 s com aparelho convencional

(Ortholux XT Visible Light Curing Unit, 3M Unitek). Os espécimes foram armazenados em água destilada por 48 horas a 37°C e em seguida termociclados por 700 ciclos a 5°C e 60°C e tempo de permanência de 1 minuto (2 min/ciclo). Quarenta espécimes foram então testados ao cisalhamento na máquina de ensaios universal (model 1011, Instron Corp, Canton, Mass) a velocidade de 5mm/min. Outros quarenta espécimes tiveram seus bráquetes descolados com alicates saca-bráquetes: para os bráquetes Clarity foram utilizados alicates Weingart e para os bráquetes Inspire, alicate plástico saca-bráquetes (Ormco). Após a descolagem os locais de falha de todos os dentes foram observados ao microscópio óptico (Micro-Vu Corp, Windsor, Califórnia) com aumento de 30x. Para avaliar a quantidade de resina remanescente foi aplicado o método IRA. Elementos com IRA igual a 2 ou mais foram avaliados em Microscopia eletrônica de varredura (Modelo ISI 100B, International Scientific Instruments, Alexandria, Va) com ampliação de 18x e 23x. Para a análise estatística utilizou-se os testes t - student e Qui - quadrado. Como resultado deste trabalho os autores demonstraram que: a) a força de cisalhamento de ambos os bráquetes foi superior a considerada ideal para uso clínico (< 12,75 MPa de acordo com Bishara e Fehr, 1997) , b) não houve danos ao esmalte quando usou-se alicates apropriados, c) a maioria das amostras testadas apresentou escores de IRA igual a 1 quando eles foram submetidos a uma força de cisalhamento ou descolados com o alicate adequado, indicando que adesivo residual permaneceu na superfície do esmalte após a descolagem. Um espécime do grupo Inspire apresentou dano ao esmalte após cisalhamento, 15% dos bráquetes Inspire fraturaram quando removidos com alicates.

Ozer em 2005 em pesquisa *in vivo*, avaliou o jateamento em bráquetes metálicos (Midi Diagonal, Leone Sesto, Itália) colados com resina modificada por cimento de ionômero de vidro autopolimerizável (Fuji Ortho, GC Corp, Tóquio, Japão). Os locais de falha adesiva também foram investigados. Participaram deste estudo 60 pacientes com idade entre 12,2 e 14,9 anos. Nos primeiros 30 casos, os dentes foram divididos em quadrantes, e os bráquetes jateados foram colados no quadrante superior esquerdo e inferior direito. Os bráquetes do grupo controle não foram jateados e foram colados nos outros quadrantes. Nos outros 30 casos, os bráquetes foram colados nos quadrantes contrários para igual distribuição entre o lado esquerdo e direito. O jateamento da base dos bráquetes foi realizado utilizando partículas de óxido de alumínio de 25 μ m revestidas com sílica por 3 s. O aparelho

usado para o jateamento (Bego- Wilhelm, Herbst, Alemanha) foi mantido a 58 psi (4 bar). Um aparato especial foi confeccionado para manter o ângulo de 90° e 30 mm de distância entre a ponta do jateador e a base do bráquete. Após o jateamento eles foram limpos num banho ultrassônico por 10 s. A conclusão deste estudo foi que não há diferença nas falhas ocorridas em bráquetes metálicos jateados e não jateados, após 20 meses de acompanhamento.

Com objetivo de avaliar a resistência adesiva em três tipos diferentes de bráquetes ortodônticos, Liu em 2005, realizou um trabalho utilizando bráquetes cerâmicos monocristalinos Inspire Ice (Ormco, Orange, Califórnia), policristalinos Clarity (3M Unitek, Monrovia, Califórnia) e metálicos Tomy (Tóquio, Japão) para pré-molares. Duas marcas de resinas foram usadas para a adesão dos bráquetes: Enlight (Ormco, Orange, Califórnia) e Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, Califórnia). Cem pré-molares foram selecionados e armazenados em água a temperatura ambiente e esta água foi trocada diariamente até a realização do experimento. Os dentes sofreram condicionamento ácido em suas faces vestibulares por 30 s com ácido fosfórico a 37%, lavagem com água por 10 s e secagem com jato de ar. Sessenta bráquetes foram divididos em 6 grupos de acordo com o tipo de bráquete e o sistema adesivo: Grupo 1- Inspire + Transbond XT; grupo 2- Clarity + Transbond XT; grupo 3- Metálico + Transbond XT; grupo 4 – Inspire + Enlight; grupo 5- Clarity + Enlight; grupo 6- metálico + Enlight. Para os dois tipos de sistemas adesivos foram aplicados aos dentes uma fina camada de *primer* e nos bráquetes uma pequena porção de resina. Os bráquetes foram posicionados e pressionados contra a superfície dos dentes, o excesso de resina foi removido e procedeu-se a fotopolimerização (Ortholux TMXT, 3M Unitek) por 10 s em bráquetes cerâmicos e trinta segundos em bráquetes metálicos. Uma secção de fio ortodôntico 0,017" X 0,025" foi posicionado nos *slots* dos bráquetes, funcionando como um guia, imediatamente após a colagem e amarrados com ligadura metálica. Os dentes com os guias foram incluídos em gesso. Os espécimes foram então armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas. A resistência adesiva foi testada na máquina de ensaios universal (AG-2000E; Shimadzu, Kyoto, Japão) a velocidade de 5mm/min. Após o teste de cisalhamento, as superfícies dos dentes foram observadas em estereomicroscópio (Hitachi S-5000; Hitachi, Mito City, Japão) com 25x de aumento para observar o modo de fratura e 150x para observar danos ao esmalte. O método IRA (índice de remanescente adesivo, Årtun e Bergland, 1984) foi aplicado para

definição do modo de fratura. Os outros 40 dentes foram divididos em grupos e colados com diferentes combinações entre tipo de bráquetes cerâmicos e sistema adesivo, com os mesmos protocolos anteriormente descritos. Após a colagem estas amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas e em seguida os bráquetes foram descolados com alicates. Para os bráquetes Inspire foi utilizado alicate plástico saca bráquete, Ormco e para os bráquetes Clarity, alicate tipo How. Após a descolagem as superfícies dos dentes foram avaliadas em estereomicroscópio e em seguida foi aplicado o método IRA para a classificação dos tipos de fratura. Os Testes ANOVA e Tukey foram aplicados para a análise estatística. Neste estudo observou-se que não houve diferença significativa, em relação à resistência adesiva, entre os grupos; o tipo de falha predominante tanto utilizando alicates saca bráquetes ou na máquina de ensaios foi na interface bráquete/adesivo; trincas no esmalte foram observadas em 2 dentes nos quais foram colados bráquetes monocristalinos e em 1 dente ao qual foi colado bráquete policristalino, quando descolados com alicates saca bráquete e houve fratura de 5 bráquetes monocristalinos descolados com alicate e nenhuma fratura de bráquetes policristalinos.

Em 2006, Atsü e colaboradores, com o intuito de avaliar o efeito triboquímico e a silanização em relação à resistência adesiva em bráquetes metálicos e cerâmicos, realizaram trabalho utilizando 20 pré-molares recentemente extraídos com finalidade ortodôntica. Estes dentes foram estocados em solução de Timol 0,1% a temperatura ambiente por quatro semanas. Foram higienizados com pasta de pedra pomes e água, lavados e secos com seringa de ar. Utilizaram 20 bráquetes metálicos (Generus-Roth, stainless steel, GAC International, Bohemia, NY) e 20 bráquetes cerâmicos (Allure, 99.9% pure alumina, GAC International, Bohemia, NY) ambos para pré-molares superiores, e divididos em 4 grupos, n= 10. Os espécimes foram randomizados e divididos de acordo com o tratamento de superfície da base do bráquetes: (1) jateamento (óxido de alumínio 30 μm revestido por sílica – Cojet-Sand, 3M ESPE AG, Seefeld, Alemanha) + silano (ESPE-Sil AG, Seefeld, Alemanha), e (2) sem tratamento de superfície. Foram silicatizados 2 grupos, 10 bráquetes cerâmicos e 10 metálicos e foi padronizada a distância de 10 mm entre o aparelho e os bráquetes a pressão de 0,25 MPa por 15 s e em seguida foi aplicado silano. Logo após iniciou-se ataque ácido nas superfícies vestibular e lingual dos dentes por 15 s com ácido fosfórico a 35% (3M Dental Produtos, St Paul, Minnesota,

EUA), lavagem por 20 s e secagem com ar por 5 s. Em seguida, foi aplicado adesivo Light Bond (Reliance Orthodontic Products, Itasca, Illinois, EUA) e fotopolimerização por 20 s. Com auxílio de pinça para colagem os bráquetes foram posicionados na superfície de esmalte na face lingual e vestibular dos dentes, colados com resina composta Light Bond (Reliance Orthodontic Products, Itasca, Illinois, EUA), fotopolimerizados por 30 s pelo mesmo operador. Os espécimes foram então armazenados em água destilada por 1 semana a 37°C e termociclados (5000 ciclos entre 5°C e 55°, 30 s em cada banho com intervalo de 30 s entre banhos), incluídos em resina acrílica e montados na máquina de ensaios universal para a realização do teste de cisalhamento que ocorreu a velocidade de 5mm/min até a fratura. As superfícies dos espécimes foram avaliadas em estereomicroscópio com aumento de 80x para avaliação do modo de fratura e o método IRA de avaliação também foi aplicado. Para a análise estatística utilizou-se o teste T - Student. Neste estudo concluiu-se que bráquetes metálicos e cerâmicos jateados e silanizados têm significativo aumento na resistência adesiva em relação ao grupo controle que não passou por nenhum tratamento de superfície.

Özcan em 2008, com o objetivo de identificar o efeito da aplicação de agente silânico na base de bráquetes cerâmicos e de policarbonato e o tipo de falha que ocorre quando os bráquetes são descolados por máquina universal para ensaios mecânicos ou por alicates. Foram selecionados 48 dentes hígidos (incisivos centrais inferiores) recentemente extraídos e armazenados em água destilada e timol a 0,1% a temperatura ambiente, por no máximo 3 meses. As raízes foram seccionadas e as coroas incluídas em anéis metálicos usando polimetilmetacrilato (Palapress Vario, Hereaus Kulzer, Wehrheim, Alemanha). As superfícies de esmalte foram limpas e polidas usando água e pasta para polimento sem flúor (3M Espe AG, Seefeld, Alemanha) com escova para profilaxia, lavados com água e secos com seringa de ar. Os espécimes foram randomicamente divididos em 8 grupos (n= 6). Em todos os grupos, o esmalte sofreu ataque ácido com ácido ortofosfórico a 37% (SDS Ormco, Orange, Califórnia, EUA) por 30 s e lavado abundantemente com água por 20 s. O esmalte foi seco com jato de ar até ter aparência de branco giz. Dois tipos de bráquetes foram usados: monocristalinos Inspire Ice (Ormco, Orange, Califórnia, EUA) e de policarbonato Spirit (Ormco, Orange, Califórnia, EUA). Nos grupos 3, 4, 7, 8 o agente silânico ESPE-Sil (3M Espe AG, Seefeld, Alemanha) foi aplicado nos bráquetes usando um pincel e após de 3 minutos, o processo de colagem foi

iniciado. O *primer* (Ortho Solo Sealant,Ormco, Orange, Califórnia, EUA) foi aplicado no esmalte e recebeu um jato de ar, em seguida o cimento resinoso (Enlight Light Cure Adhesive, Ormco) foi aplicado no esmalte, o bráquete foi posicionado com um aparato alinhador/posicionador sob uma força de 750gr para a formação de uma fina lâmina de resina composta entre o esmalte e a base do bráquete. O excesso de resina foi removido com a ponta de microbrush (Kerr). A resina foi polimerizada 10 s em todas as faces: mesial, distal, cervical, oclusal, com luz halógena convencional. A distância de irradiação entre a ponta do fotopolimerizador e a interface de resina é de 2 mm para obtenção de adequada polimerização. Os espécimes foram armazenados em água destilada por 1 semana e então termociclados por 1000 vezes, a 5°C e 55°C com duração de 30 s cada banho e intervalo de 2 s entre banhos. Os espécimes dos grupos 1, 3, 5 e 7 foram montados em um jig da máquina de ensaios universal (Zwick Roell Z2.5 MA 18-1-3/7, Ulm, Alemanha) onde a força foi aplicada a cada bráquete, na interface de esmalte, na direção ocluso-cervical, a uma velocidade de 1,0 mm/min até a fratura. A curva de tensão foi analisada com o programa de software (Zwick Roell). A força necessária para o cisalhamento do bráquete foi gravada e convertida em MPa usando a medida da área do bráquete. Nos grupos 2, 4, 6 e 8, os bráquetes foram descolados por um ortodontista experiente usando um alicate saca bráquete (SDS Ormco, Orange, Califórnia, EUA). Em seguida foram realizadas fotografais digitais (Canon Ixus 40, Canon Inc., Tóquio, Japão) tanto da superfície do dente quanto da base dos bráquetes. Dois operadores calibrados (AY, MO) analisaram clinicamente e através das fotografias com aumento de 20x usando o programa de software Corel Draw 9.0, (Corel Corporation, Ottawa, Ontario, Canadá). A classificação das falhas de esmalte foi realizada de acordo com o Índice de remanescente adesivo (IRA, Årtun e Bergland, 1984). As superfícies de esmalte e as bases dos bráquetes também foram analisadas de acordo com os tipos de falhas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV; JSM-5500, Jeol Instruments, Tóquio, Japão) com aumento de 20x. Para a análise estatística utilizou-se os testes Anova dois fatores, Tukey-Kramer e ainda o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. Neste estudo conclui-se que: a) os bráquetes cerâmicos apresentam resistência adesiva significativamente maior quando comparados aos bráquetes de policarbonato após a estocagem em água por uma semana e 1000 termociclos, b) a silanização não aumenta significativamente a resistência adesiva em bráquetes cerâmicos ou de policarbonato, c) os tipos de falhas não se diferenciaram quando os

bráquetes foram descolados através da máquina teste ou de alicates saca bráquetes e danos ao esmalte não foram observados em nenhum dos grupos.

Faltermeier (2009) desenvolveu um estudo para comparar o efeito do tratamento triboquímico (Rocatec, 3M Espe, Seefeld, Alemanha), a influência do jateamento e o efeito de um agente silano de adesão após jateamento na resistência adesiva de bráquetes metálicos. Oitenta dentes, terceiros molares recentemente extraídos, livres de cárie, hipoplasias e trincas foram selecionados. Eles tiveram suas raízes seccionadas e foram incluídos em resina acrílica somente com suas faces vestibulares expostas. Os espécimes foram armazenados em Cloramina-T a 37°C por uma semana antes do experimento. Para este estudo foram utilizados 4 grupos devidamente randomizados: grupo 1: contendo 20 bráquetes metálicos Ormesh (Ormco, Glendora, Califórnia) silicatizados na base com óxido de alumínio de 120 μm por 20 s a 2 bar e limpos com aparelho ultrassônico (Sonorex, ADJensen, Zwolle, the Netherlands) antes da colagem; grupo 2: os 20 bráquetes foram tratados como no grupo 1 e em seguida o agente silânico Espe Sil (3M Espe AG, Seefeld, Alemanha) foi aplicado; grupo 3: os 20 bráquetes metálicos foram tratados com o Sistema Rocatec no qual primeiramente a área da base foi jateada por óxido de alumínio 110 μm (Rocatec Pre, 3M Espe, Saint Paul, Minnesota, USA) por 10 s a 2,8 bar, seguido da aplicação de (Rocatec Plus, 3M Espe, Saint Paul, Minnesota, EUA) óxido de alumínio revestido com sílica 110 μm , com pressão de 2,8 bar por 13 s. A distância entre o bráquete e a ponta do aparelho foi de 10mm e finalmente foi aplicado o silano (Espe Sil, 3M Espe, Saint Paul, Minnesota, USA) e grupo 4: grupo controle, composto por 20 bráquetes que não passaram por nenhum tipo de tratamento em suas bases. Os dentes foram limpos com pasta de polimento sem flúor, ácido fosfórico 20% (Gluma Etch 20 Gel, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) foi aplicado por 30 s e lavados com água por 20 s e secos com ar livre de óleo. Para a colagem foi utilizada a resina fotopolimerizável Transbond XT (3M ESPE, Monrovia, Califórnia, EUA) de acordo com as orientações do fabricante. Os bráquetes foram posicionados centralmente na superfície vestibular dos dentes, o excesso de resina foi cuidadosamente removido com sonda clínica e seguiu-se a fotopolimerização com aparelho (Ortholux LED, 3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA) por 20 s. Todos os bráquetes foram colados pelo mesmo operador. Para simular o ambiente oral, após 24 horas ao procedimento de colagem, todos os espécimes foram termociclados 6000 ciclos entre 5°C e 55°C em água destilada

antes do teste. O teste de cisalhamento foi realizado em máquina teste universal (1446, Zwick, Ulm, Alemanha) à velocidade de 1 mm/min. Todos os espécimes foram testados até a fratura. A resistência adesiva e o índice de remanescente adesivo foram determinados. Os bráquetes do grupo 1 foram recondicionados após a descolagem com silicatização e novamente testados em nos dentes devidamente limpos, formando o grupo 5. Para a estatística utilizou-se Kruskal- Wallis e Mann-Whitney. Concluiu-se que a silicatização e o tratamento triboquímico (destinado a gerar uma superfície de sílica sobre o metal, resinas e cerâmicas, possibilitando uma adesão livre de fendas marginais entre os materiais e a superfície silanizada) em bráquetes metálicos aumentam a resistência adesiva, *in vitro*, entre o adesivo e o bráquete.

Trakyal em 2009, com o objetivo de determinar o efeito de 4 métodos de tratamentos de superfície na resistência adesiva de bráquetes metálicos colados com resina a superfícies de porcelana feldispáticas, realizou pesquisa utilizando 80 discos de porcelana feldispáticas (IPS Classic porcelain – Vivadent AG, Liechtenstein, Alemanha) com diâmetro de 10 mm e altura de 2 mm fabricados para este estudo de acordo com as recomendações do fabricante, com superfícies glazeadas. Para simular a mistura e as diferenças de temperatura na cavidade oral, todos os discos foram estocados em água deionizada a 37°C por 30 dias e termociclados em água deionizada a 5°C ± 2°C e 55 ± 2°C por 5000x. O tempo de cada banho foi de 10 s e intervalos de 5 s entre os banhos. Os discos foram mantidos em água destilada a 37°C por 6 semanas antes do procedimento de condicionamento das superfícies. A água foi trocada semanalmente. Após, foram incluídos em acrílico com as superfícies glazeadas expostas. Os espécimes foram divididos em grupos de 20, o número mínimo recomendado por Fox et al, 1994 para testes de adesão em laboratório. Em todos os grupos as superfícies de porcelana foram asperizadas através de jateamento (Microetcher II Intraoral Sandblaster, Danville Engineering, San Francisco, Califórnia, EUA) com partículas de óxido de alumínio de 50 µm (Danville Engineering, San Francisco, Califórnia, EUA), a distância de aproximadamente 5 mm por 5 s. Nos grupos 1 e 2, as superfícies de porcelana passaram por ataque ácido com ácido fluorídrico gel a 9,6% Porc-Etch (Reliance, Itasca, Illinois, EUA) por 120 s e lavados. Nos espécimes do grupo 3 e 4 o utilizou-se para o condicionamento ácido, ácido fluorídrico gel a 5% (IPS Ceramic Etchant Gel, Vivadent, Liechenstein, Alemanha) por 120 s. Todos os espécimes

foram lavados abundantemente para remover o ácido residual e seco com jato de ar. Nos grupos 1 e 3, o silano Dry-rite (Pulpdent, Watertown, Massachusetts, EUA) foi usado para o condicionamento químico da superfície de porcelana, e nos grupos 2 e 4, foi usado o silano Reliance (Reliance, Itasca, Illinois, Califórnia, EUA). O silano foi aplicado por 60 s em todos os grupos. Bráquetes de incisivos central superior metálicos (Dynalock 3M Unitek, Zoeterwoude, Holanda) foram colados nas superfícies de porcelana com resina composta autopolimerizável Unite (3M Unitek, Saint Paul, Minnesota, EUA) de acordo com as orientações do fabricante. Todos os espécimes foram mantidos em água destilada a 37°C por uma semana e submetidos à termociclagem antes do teste de cisalhamento. Todos os espécimes foram submetidos ao ensaio de cisalhamento na máquina teste universal (Instron 3345, High Wycombe, Bucks, UK) e a força foi aplicada na interface até a ocorrência da fratura. A velocidade aplicada foi de 1 mm/min. A força necessária à fratura foi determinada e a força de adesão foi calculada em Megapascal (MPa). As superfícies de esmalte foram observadas visualmente em fotografias digitais projetadas com ampliação de 10x para avaliação da quantidade de resina remanescente. O índice de adesivo remanescente descrito por Årtun e Bergland foi aplicado. Com este estudo observou-se que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos condicionados com ácido fluorídrico a 5% e 9%. Portanto, condicionamento ácido com ácido fluorídrico a 5% está recomendado em aplicações intra-orais e evita a irritação dos tecidos, sem perda na resistência à tração. Silanização com a Reliance resultou em maior força de adesão que Pulpdent e ainda permitiu a remoção dos bráquetes sem danos às superfícies de porcelana.

Com o objetivo de avaliar a resistência adesiva de bráquetes ortodônticos e o efeito do agente de união de esmalte na superfície de esmalte após a descolagem, Shahabi, em 2010, realizou um estudo, utilizando pré-molares recentemente extraídos com finalidade ortodôntica e armazenados por no máximo 3 meses em solução salina. Os dentes não apresentaram cárie ou hipoplasias em suas superfícies vestibulares. Um estereomicroscópio (Blue Light Industry, Waltham, Massachusetts) foi utilizado antes de depois do experimento para a detecção de trincas. Os dentes foram randomizados e divididos em 3 grupos (A, B e C) de 25 dentes cada. Os elementos montados em resina acrílica sofreram ataque ácido com ácido fosfórico a 37% por 30 s e em seguida foram lavados e secos por 20 s. A colagem foi feita a seguir. No grupo A, uma camada de agente de união de esmalte

(Margine Bond-Coltene, Konstanz, Alemanha) foi aplicado. O bráquete metálico do tipo edgewise standart (Dentaurum, Inspringen, Alemanha) foi posicionado usando o agente de união (3M Unitek, Monrovia, Califórnia), uma resina autopolimerizável no-mix. No grupo B duas camadas do agente de adesão de esmalte foram aplicadas, no grupo C, nenhum agente de adesão foi usado. Após a colagem todos os dentes foram incubados em água destilada a 37°C por 40 horas (Precision Scientific THELCO 31483, Mandel Scientific Company, Minneapolis, Minnesota). Os dentes foram termociclados entre 5°C e 55°C por 1000 ciclos para simular a aceleração do envelhecimento induzindo o estresse termicamente. Os bráquetes foram descolados usando uma lâmina com a máquina universal de testes (model Z250, Zwick, Ulm, Alemanha). A velocidade foi de 5mm/min, e a força medida em MPa até a descolagem. Logo após a superfície de esmalte foi analisada com Photoshop para determinar a quantidade de adesivo residual com o índice de adesivo remanescente (IRA). Para a análise estatística utilizou-se os testes de Kolmogorov-Smimov e ANOVA. Conclui-se com este trabalho que a aplicação de 1 ou 2 camadas de agente de união de esmalte não tem significância na resistência adesiva, não houve diferença significativa entre os três grupos em relação às trincas no esmalte, o número de trincas aumentou significativamente nos três grupos após a descolagem e que não é necessário a aplicação de agente de união de esmalte na adesão de bráquetes ortodônticos.

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar mediante ao ensaio de resistência adesiva ao cisalhamento os efeitos do tratamento térmico na silanização da base de bráquetes monocristalinos.

4 METODOLOGIA

4.1 MATERIAL

Os materiais utilizados neste estudo bem como as suas respectivas marcas comerciais, fabricante, composição e lote, estão apresentados no quadro 2 abaixo:

Marca Comercial	Material	Fabricante	Composição	Lote
PURE	Bráquetes	OrthoTechnology, Tampa,FL, USA	Óxido de Alumina	SB100825-02
Cojet	Óxido de Silício (30 µm)	3M ESPE/ Irvine, CA, EUA	Óxido de alumínio>97% Sílica amorfa <3	403030
Villevie	Ácido fosfórico gel	Dentalville do Brasil, Joinville, SC, Brasil	Ácido fosfórico 37% Clorexidina 2%	287
Transbond XT	Cimento resinoso	3M ESPE/ Irvine, CA, EUA	Silano tratado com quartzo 70-80% Bisfenol A éter diglicídico10-20% dimetacrilato Bisfenol A BIS (éter 2-hidroxietyl) dimetacrilato 5-10% Silano tratado com silício<2%	8FC 2011-07
Transbond XT	Primer	3M ESPE/ Irvine, CA, EUA	Trietileno glicol dimetacrilato 45-55% Bisfenol A éter diglicídico dimetacrilato 45-55%	8FG 2011-07
Monobond S	Agente silano	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein	Solução alcoólica de metacrilato de silano	M71748
Pedra pomes	Pedra pomes ultrafina	Asfer, São Caetano do Sul, SP, Brasil	Pedra pomes	6016
Microdont	Escova de Robinson		Metal	08/05
JET	Resina autopolimerizante pó	Clássico, Artigos Odontológicos, São Paulo, SP, Brasil	Acetona Ácido cianídrico Álcool metílico	101170
JET	Resina autopolimerizante líq.	Clássico, Artigos Odontológicos, São Paulo SP, Brasil	Acetona Ácido cianídrico Álcool metílico	200610
Tigre	Anéis em PVC	Tigre, São Paulo, SP, Brasil	PVC	-
Microbrush	Aplicadores descartáveis	Microbrush Corporation, Grafton, EUA		02/09
Wilson	Cera Utilidade	Polidental, Cotia, São Paulo, Brasil	Mistura de hidrocarbonetos acíclicos de alto peso molecular	11071
Kavo	Micromotor INTRAmatic 181DBN	Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil		02796
Kavo	Peça Reta INTRAmatic 2068	Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil		02163
Duflex	Sonda exploradora	SSWhite, Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Aço inoxidável	-

Quadro 2 - Nomes comerciais, tipos de material, fabricantes, composição e lote dos produtos utilizados nos experimentos.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA

O presente estudo foi autorizado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Juiz de Fora sob parecer de número 161/ 2010 e para realizá-lo foram selecionados sessenta pré-molares superiores, recentemente extraídos com finalidade ortodôntica, hígidos e de tamanhos semelhantes. Os dentes foram avaliados sob transiluminação azul (Fotopolimerizador, Gnatus, F.O., UFJF, MG) para que fossem excluídos aqueles com defeitos no esmalte vestibular e armazenados em água destilada, à temperatura entre 4°C e 5°C por no máximo três meses até a realização do experimento, de acordo com a norma ISO (TR 11405 – 2003), no Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

4.2.2 OS BRÁQUETES E OS TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIES

Sessenta bráquetes cerâmicos monocristalinos Pure (Orthotechnology, Tampa, FL, EUA) para pré-molares superiores, foram randomizados e divididos em três grupos (n=20) de acordo com a variável de tratamento de superfície. Grupo 1- sem tratamento de superfície na base do bráquete (grupo controle); Grupo 2- jateamento com óxido de silício-30 μm , secagem com ar comprimido livre de óleo, aplicação de silano Monobond S (Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein) (Figura 2 e 3) por 60 s seguido de jato ar livre de óleo; Grupo 3- jateamento com óxido de silício-30 μm , secagem com ar comprimido livre de óleo (Figura 4), aplicação de silano Monobond S (Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein) por 60 s, tratamento térmico com jato de ar constante (Secador Taiff Compacto Turbo, 6000W, São Paulo, SP) a temperatura de 100°C \pm 1°C a distância de 1 centímetro por 60 s (Figura 5). (Fabianelli, 2009).

Metade dos espécimes de cada grupo foram termociclados formando os grupos G1T, G2T e G3T (n=10):



4.2.3 PROTOCOLO DE JATEAMENTO

O jateamento com partículas de alumina revestidas por sílica $30 \mu m$ foi realizado por um microjateador (Cojet-Prep, 3M ESPE, Irvine, CA, EUA; $h=43,44$ mm, $\varnothing=26,6$ mm, $v=2\pi r^2 h = 51,488.78 \text{ mm}^3$) (Figura 1). Utilizando um dispositivo metálico, a distância entre a superfície de jateamento das amostras e a ponta do microjateador foi padronizada em 10 mm, o tempo do jateamento foi de 5 s a uma pressão de 2,8 bar. As partículas que saíram pela ponta do jateador atingiram a superfície da base dos bráquetes com uma inclinação de 90° .



Figura 1: Microjateador



Figura 2 - Silano Monobond S.



Figura 3 - Aplicação do silano na base do bráquete



Figura 4 – Jato de ar com seringa tríplice



Figura 5– Tratamento térmico com jato quente.

4.2.4 COLAGEM DOS BRÁQUETES

Na face vestibular de cada dente foi realizada profilaxia com escova de Robinson cônica (Microdont, São Paulo, SP, Brasil) e pedra-pomes granulação fina sem flúor (Asfer, São Caetano do Sul, SP, Brasil) diluído em água por 10 s, seguido de lavagem com água e secagem com ar comprimido livre de óleo pelo mesmo tempo com seringa tríplice (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil). A cada dez profilaxias, a taça de borracha foi substituída para garantir a qualidade e padronização do procedimento. Para padronização da área adesiva, previamente à colagem, um adesivo plástico de 12,23 mm² foi colado na superfície vestibular dos dentes (Figura 6).

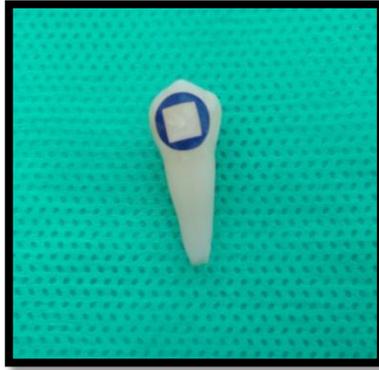


Figura 6 - Pré-molar com máscara adesiva

O local onde os bráquetes foram colados passou antes por condicionamento ácido com ácido fosfórico a 37% em gel (Villevie, Joinvile, Brasil) por 15 s (Figura 7), lavagem com água, secagem com jato de ar livre de óleo e umidade (Figura 8), aplicação de primer específico para uso em ortodontia Transbond XT Primer (3M ESPE Irvine, CA, EUA) (Figura 9) seguido também de secagem com jato de ar isento de umidade e óleo e, para a adesão dos bráquetes aos dentes foi usado adesivo fotopolimerizável específico para ortodontia Transbond XT Light Cure Adhesive (3M ESPE, Irvine, CA, EUA).



Figura 7 - Condicionamento ácido

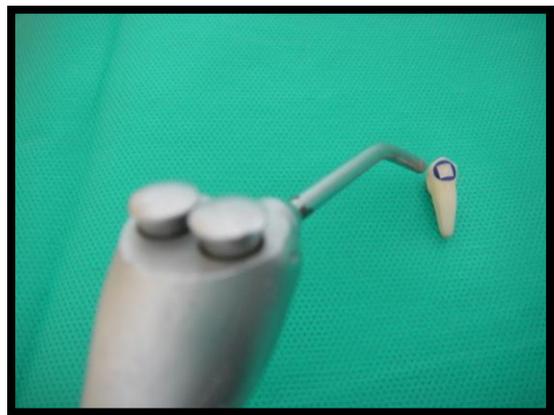


Figura 8 – Após lavagem, secagem com jato de ar

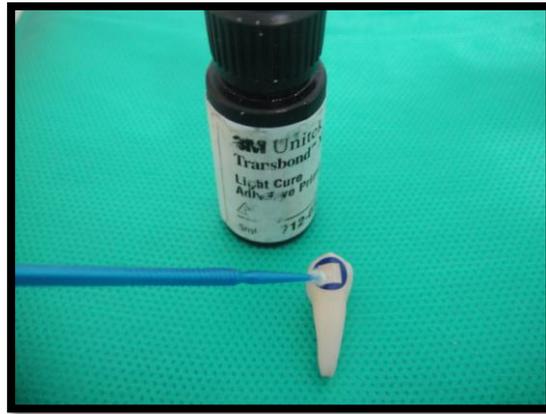


Figura 9 - Aplicação do primer Transbond XT

Os bráquetes previamente preparados receberam uma pequena porção de Transbond XT Light Cure Adhesive em suas bases (Figura 10) e foram posicionados sobre as faces vestibulares dos dentes com auxílio de pinça para colagem por um único operador (Figura 11).



Figura 10 - Aplicação da resina composta

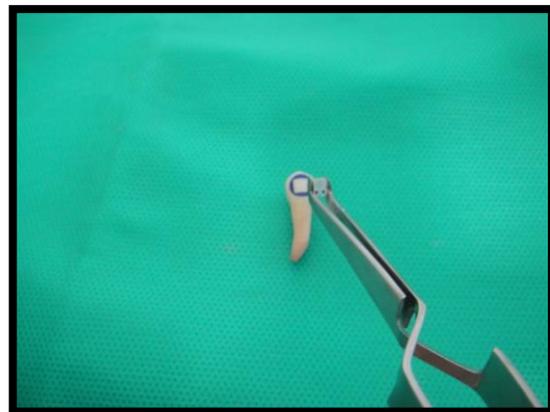


Figura 11 - Posicionamento do bráquete

O excesso de resina composta foi cuidadosamente removido com sonda exploradora (Figura 12). A resina adesiva foi então fotopolimerizada por 10 s através do bráquete cerâmico a aproximadamente 2 mm do bráquete em sentido perpendicular a sua base, conforme orientação do fabricante (vide bula – Transbond XT Light Cure Adhesive, 3M ESPE) com luz halógena convencional (Opilight 600, Gnatus-FO/UFJF, Juiz de Fora) (Figura 13).



Figura 12- Remoção do excesso de resina

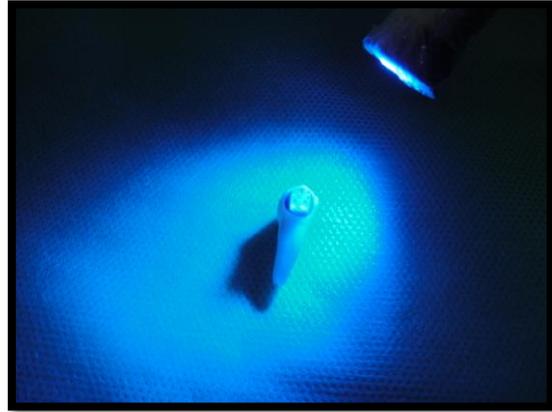


Figura 13 - Fotopolimerização por 10 segundos

4.2.5 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Todos os dentes foram montados em corpos de prova com auxílio de um dispositivo guia (Figura 14), confeccionado com fio de aço retangular 0,021" X 0,025" (Morelli, SP, Brasil), o qual foi devidamente inserido no slot do bráquete e fixado por uma ligadura elastomérica (Morelli, São Paulo, Brasil), a fim de manter a base do bráquete perpendicular ao solo.

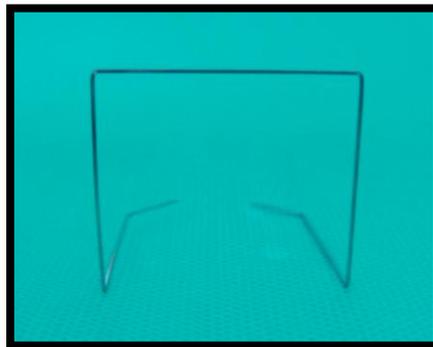


Figura 14 - Dispositivo guia para posicionamento do conjunto dente - bráquete.

O dispositivo permaneceu posicionado ao redor do tubo de PVC (Tigre, Joinville, Brasil) com 23mm de diâmetro interno e 26mm de altura, a raiz foi centralizada e seu entorno preenchido com resina acrílica autopolimerizável (JET, Clássico, São Paulo, SP) até que toda a raiz ficasse encoberta como mostram as figuras 15, 16 e 17.

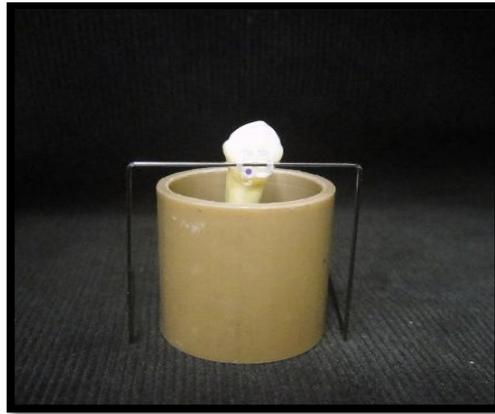


Figura 15 - Posicionamento do conjunto dente – bráquete preso ao dispositivo guia

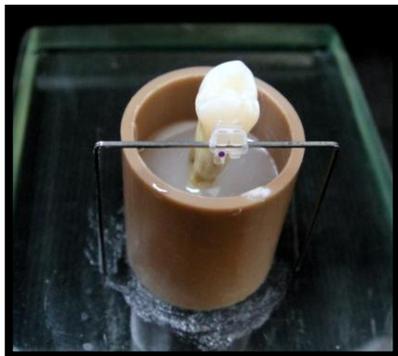


Figura 16 - Inclusão com resina acrílica



Figura 17- Corpo de prova

A seguir, os espécimes permaneceram imersos em água destilada a uma temperatura de 37°C em estufa bacteriológica (F.O., UNESP, SP) por 100 dias.

4.2.6 CICLAGEM TÉRMICA

Metade das amostras dos três grupos (10 espécimes de cada grupo) foi submetida à ciclagem térmica em máquina termocicladora Nova Ética, São Paulo, Brasil (FO - UNESP, São José dos Campos, SP) durante 6.000 ciclos 5°C (± 1) a 55°C (± 1) em água destilada (Krauss, 2010; Faltermeier e Behr, 2009). O tempo de imersão em cada banho foi de 30 s e o tempo de transferência entre os banhos teve intervalos de 2 s. Cada grupo (G1T, G2T, G3T) foi termociclado separadamente. Todos os demais grupos inclusive os que aguardavam para serem termociclados permaneceram armazenados em estufa (FO – UNESP, São José dos Campos, SP) a 37°C até a ocasião do experimento.



Figura 18: Termocicladora

4.2.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

Os corpos de prova foram posicionados na base da máquina universal de ensaios EMIC DL 1000 (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), com célula de carga cuja capacidade máxima é de 50 Kgf, associada ao programa Tesc versão 3.04 da Faculdade de Odontologia, UNESP, São José dos Campos, SP, numa posição determinada em que a lâmina pudesse incidir na interface adesiva, exercendo uma força paralela a superfície dentária na direção ocluso-apical (Figuras 19 e 20). A velocidade utilizada foi de 1.0 mm/min, conforme Trakyal (2009) e Faltermeier e Behr (2009). A força requerida para a descolagem de cada bráquete foi registrada em Newtons (N) e convertida em Megapascal ($\text{MPa}=\text{N}/\text{mm}^2$).

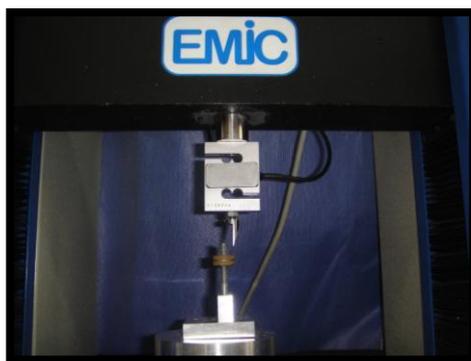


Figura 19 e 20: 19- Emic posicionada com célula de carga e lâmina para ensaio. 20- Lâmina posicionada no espécime pronto para o ensaio.

4.2.8 ANÁLISE DA SUPERFÍCIE FRATURADA

Os locais e modos de fratura após a descolagem foram examinados em todos os dentes com microscópio óptico (Zeiss Stemi 2000-C Stereo Microscope) do Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro, com ampliação de 30x. Este microscópio óptico é conectado a um computador que usa o software de metrologia (AxioVision, Release 4.4 (08-2005) SP2). As amostras foram analisadas após a fratura para determinação dos tipos de fratura e Índice de Remanescente Adesivo (IRA), sistema usado para avaliar a quantidade de material remanescente sobre o dente após a descolagem. Para avaliar a influência dos tratamentos propostos neste estudo na topografia da superfície das amostras, foi realizada microscopia eletrônica de varredura, em 13 amostras representativas, previamente separadas. Previamente à metalização, as amostras foram limpas em etanol a 99,9% com alta frequência (35 kHz) em ultrassom (Vitasonic II, Vita Zahnfabrik, Alemanha) durante 10 minutos. Em seguida, foram posicionadas numa plataforma de alumínio, e então realizado um recobrimento com uma fina camada condutora de ouro (50 a 100 Ångstron), depositado via vaporização na máquina metalizadora Balzers Union, modelo FL-9694, Liechtenstein (IME, Rio de Janeiro, RJ). A análise topográfica das amostras foi realizada por meio do microscópio eletrônico de varredura marca JEOL JSM-5800LV (IME, Rio de Janeiro, RJ) equipado com software digital.



Figura 21: Espécimes após a fratura.



Figura 22: Estereomicroscópio



Figura 23: Máquina metalizadora



Figura 24: Espécimes recobertos com material condutor.



Figura 25: Microscópio eletrônico de varredura.

Os tipos de fratura foram assim classificados: A) Adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento; B) Coesiva da cerâmica; C) Coesiva do cimento; D) Adesiva na interface cimento/esmalte; E) Mista 1 (falha adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento + falha coesiva do cimento); F) Mista 2 (falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do cimento); G) Mista 3 (falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do esmalte). H) Mista 4 (falha adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento + falha coesiva do cimento e esmalte).

4.2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi feita com o *software Statistical Package for Social Science 13.0 for Windows* (SPSS, Inc., Chicago, IL) e foram utilizados os testes estatísticos Anova e Tukey.

5 RESULTADOS

Durante a termociclagem dois bráquetes do Grupo G2-T descolaram-se (figura 26b). Assim sendo, todos os outros espécimes passaram por ensaio de cisalhamento na máquina universal de ensaios EMIC. Durante o ensaio, 3 espécimes não sofreram fratura, sendo 1 espécime de G1-T e dois espécimes de G3-T (figura 26a). Nenhum dos bráquetes monocristalinos sofreu fratura em sua estrutura durante os ensaios, ou seja, não houve fratura coesiva da cerâmica.

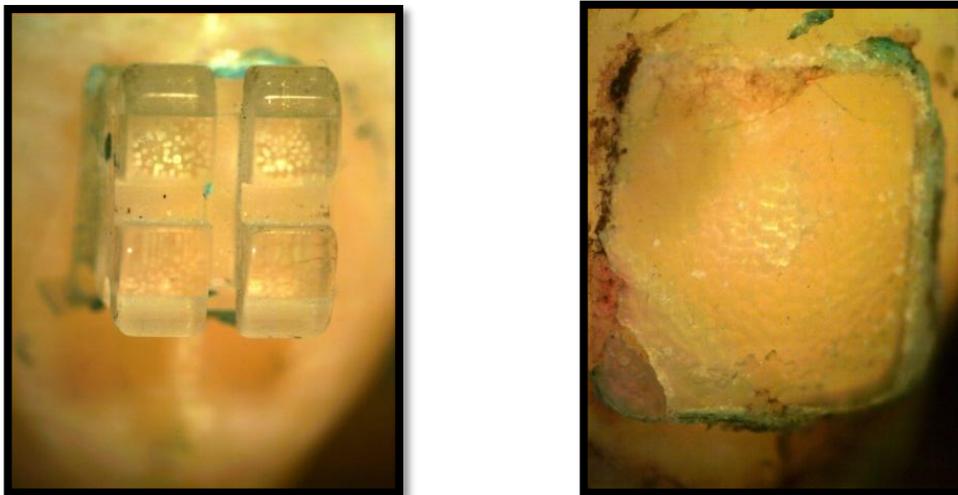


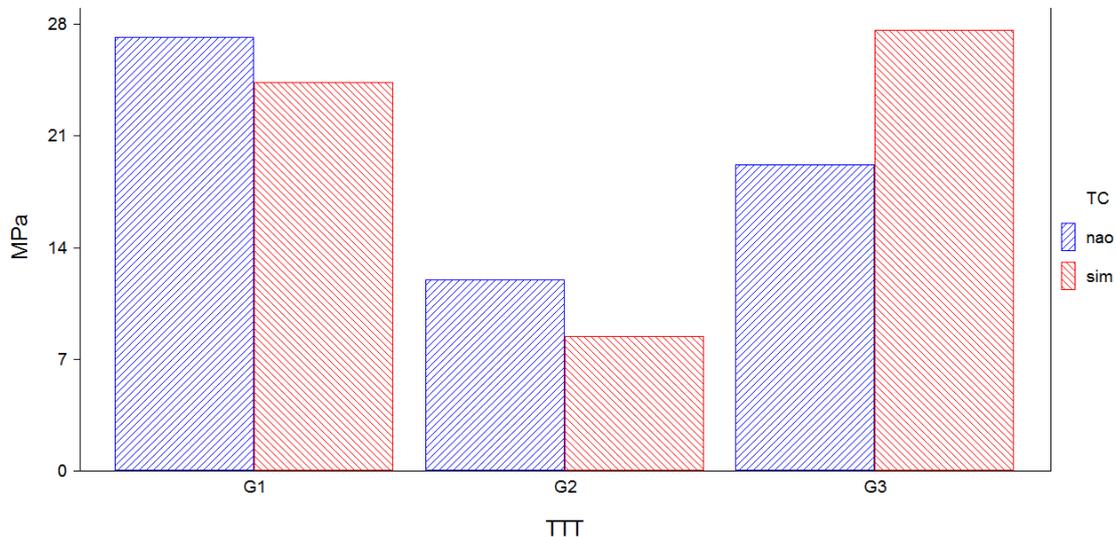
Figura 26 a e b: Fotomicroscopia ótica de: a) bráquete de safira (G1-4T); b) interface de colagem de bráquete com falha adesiva durante a termociclagem (G2-9T).

Para a estatística descritiva dos dados foram empregados os valores de: média, desvio padrão, coeficiente de variação (Tabela 1) e representação gráfica com o gráfico de colunas (Gráfico 1). Para a análise estatística foram utilizadas a análise de variância paramétrica (ANOVA, 2 fatores) e análise de Tukey para comparação das médias.

Tabela 1 - Estatística descritiva da resistência adesiva em Megapascal (MPa):

	n	Média	Desvio Padrão
G1	10	27,18	2,9
G1-T	9	24,33	5,1
G2	10	12,00	6,1
G2-T	8	8,45	6,7
G3	9	19,16	8,2
G3-T	8	27,59	6,4

Gráfico1 – Gráfico representativo da análise descritiva.



A influência dos tratamentos nas bases dos bráquetes, da ciclagem térmica, e da interação dos tratamentos com a termociclagem nos resultados de resistência adesiva obtidos em Megapascal (MPa), foram comparados através da análise de variância ou ANOVA (2-fatores) e os resultados estão explícitos na tabela 2 que segue:

Tabela 2. Análise de variância ANOVA 2-fatores na resistência adesiva em bráquetes monocristalinos considerando tratamentos de superfície (3 tipos) e ciclagem térmica (2 tipos).

Fatores	DF	SS	MS	F	P
Tratamento	2	2247,95	1123,97	29,80	0,0000
Termociclagem	1	5,78	5,78	0,15	0,6974
Tratamento * Termociclagem	2	359,81	179,91	4,77	0,0136
Erro	54	1584,05	37,72		
Total	59	4197,59			

Considerando $p < 0,05$.

Os resultados da análise de Tukey HDS estão demonstrados na tabela 3, abaixo:

Tabela 3 – Análise de Tukey comparando resistência adesiva, os tratamentos de superfície e os efeitos da termociclagem

Grupos	Média	Resultados
G1	27,182	A
G1-T	24,339	A
G2	11,950	BC
G2-T	8,447	C
G3	19,161	AB
G3-T	27,590	A

Os resultados exibidos na tabela 3 nos mostram que associando os fatores termociclagem e tratamento de superfície não houve diferença estatística significativa entre os grupos G1, G1-T, G3 e G3-T, assim como entre G2 e G2T, também não foi significativa a diferença entre G2 e G3.

A quantidade de adesivo residual após a remoção do bráquete foi avaliada de acordo com o Índice de Remanescente Adesivo (IRA) de Årtun e Bergland (1984) e está demonstrada na tabela 4:

Tabela 4. Índice de remanescente adesivo de Årtun e Bergland (1984):

	ARI					Fratura em esmalte	Fratura em dentina
	Não Fraturado	0	1	2	3		
G.1 - Ciclados	1	0	7	0	0	2	0
G.1 - Não-ciclados	0	0	6	1	0	3	0
G.2 - Ciclados	0	0	5	0	3	0	2
G.2 - Não-ciclados	0	3	3	3	1	0	0
G.3 - Ciclados	2	0	4	0	0	0	4
G.3 - Não-ciclados	0	2	3	0	0	1	4

IRA: 0 – nenhum adesivo aderido ao dente; 1 – menos de 50% de adesivo aderido ao dente; 2 – mais de 50% de adesivo aderido ao dente e 3 – todo adesivo aderido ao dente, inclusive a impressão da malha do bráquete.

Para 49,12% dos espécimes obtivemos valor de IRA igual a 1, em 8,77% IRA foi igual a 0, em 7,01% IRA é igual a 2 e 7,01% dos casos apresentaram IRA igual a 3.



Figura 27 - Fotomicroscopia óptica, G2-2NT, IRA=0.

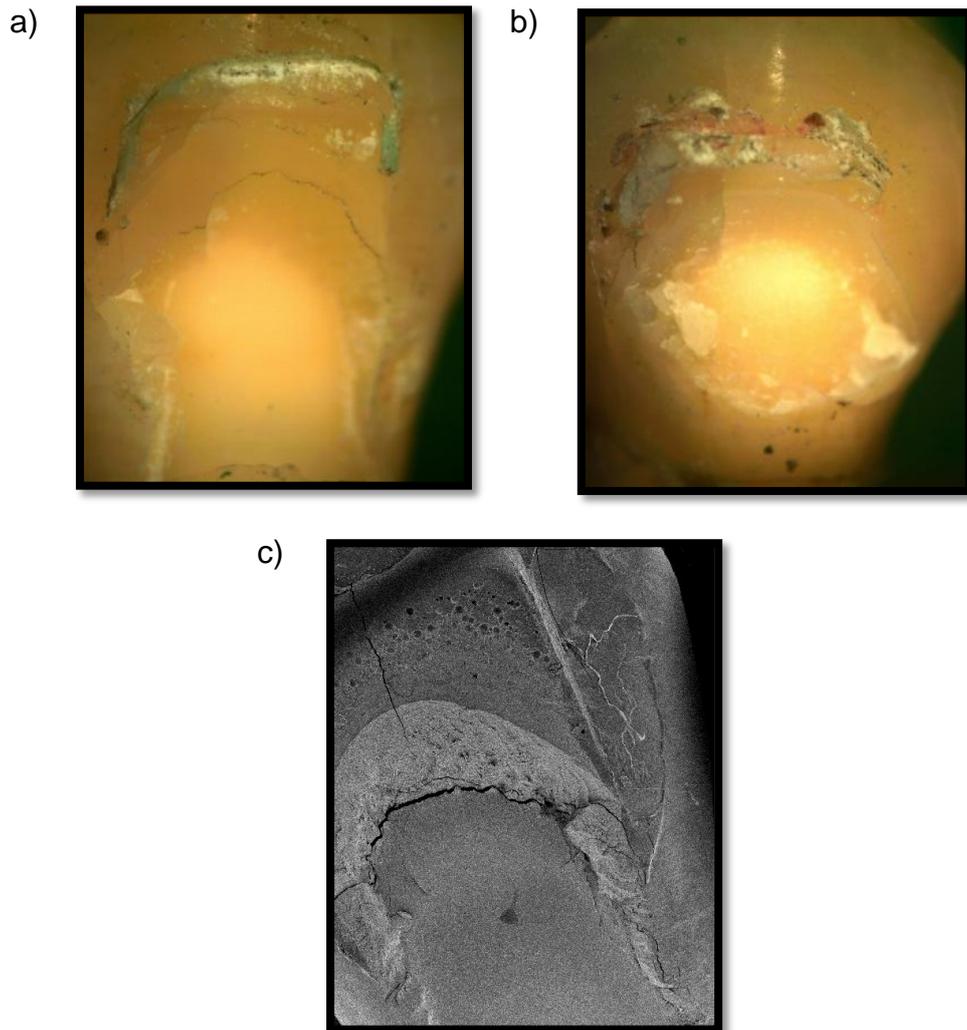


Figura 28: a e b - Fotomicroscopia óptica de elemento com fratura em esmalte e dentina G1-9T e G3-6NT. c - MEV de elemento com fratura a nível de esmalte e dentina G1-2NT.

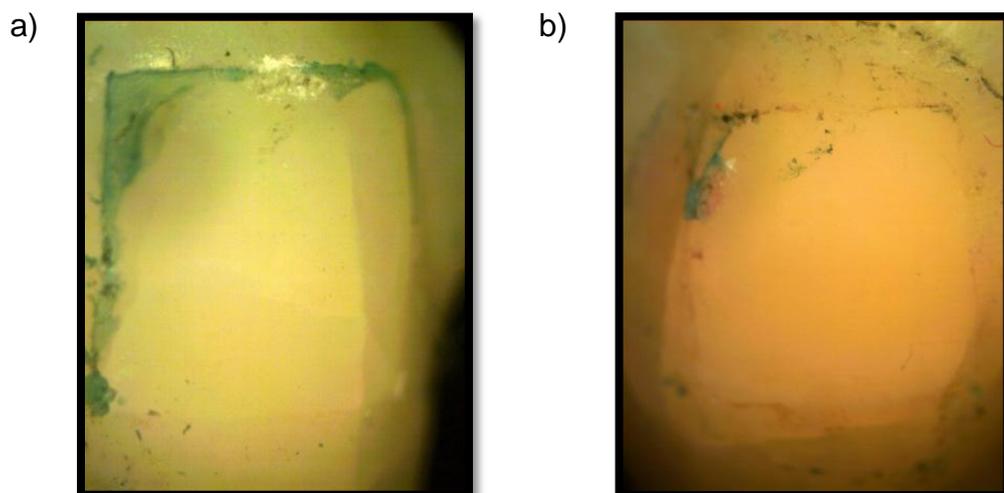


Figura 29: a - Fotomicroscopia óptica, G1-10T, IRA = 1; b - Fotomicroscopia óptica, G2-5T, IRA=1.

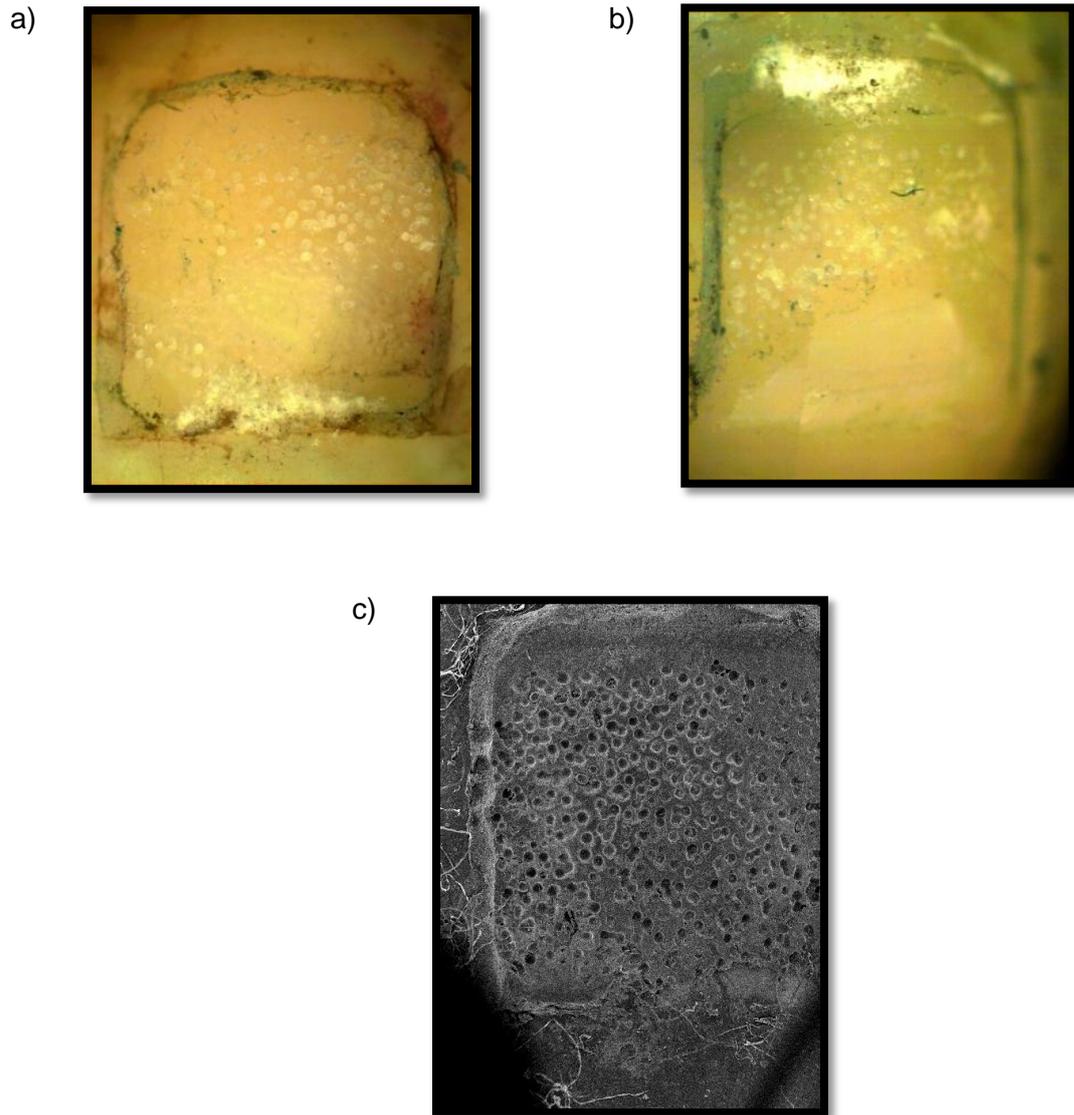


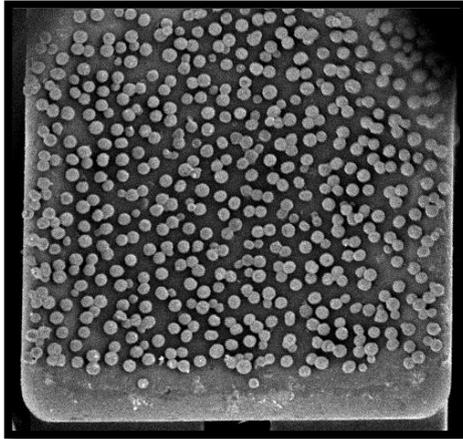
Figura 30: a e b - Fotomicroscopia óptica, G2-5NT (IRA=2) e G1-6NT (IRA = 2) e c - MEV, G2-7NT (IRA=2).



Figura 31: Fotomicroscopia óptica, G2-10T (IRA=3).

Abaixo estão relacionadas imagens em microscopia eletrônica de varredura dos bráquetes monocristalinos. A figura 32 a e b - base do bráquete antes do jateamento, figura 33 a e b – base do bráquete pós - jateamento.

a)



b)

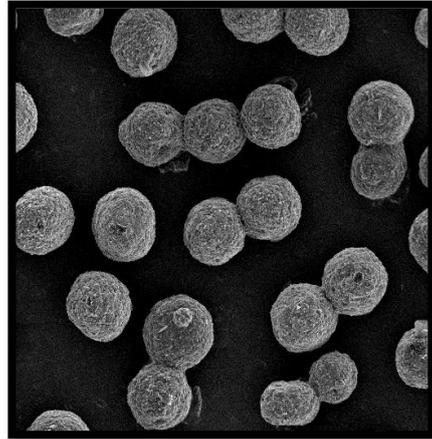
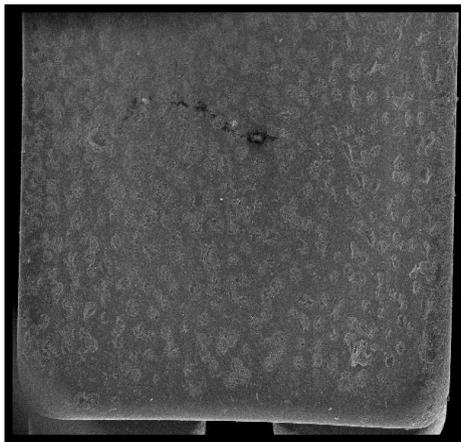


Figura 32. a) MEV (40x) e b) MEV (200x).

a)



b)

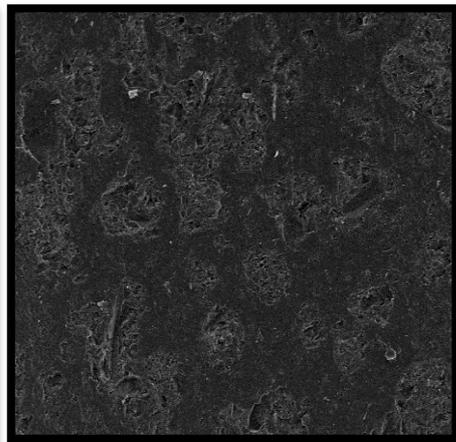


Figura 33. a) MEV (45x) e b) MEV (200x).

Os tipos de fraturas de acordo com a classificação proposta estão demonstrados no quadro 3 que segue:

*Em G1-T, um espécime não descolou.

TIPO DE FRATURA	G1	G1 T*	G2	G2 T	G3	G3 T
A) Adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento			1	3		
B) Coesiva da cerâmica						
C) Coesiva do cimento						
D) Adesiva na interface cimento/esmalte			3		2	2
E) Mista 1: falha adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento + falha coesiva do cimento	1		3			
F) Mista 2: falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do cimento	6	7	3	5	3	3
G) Mista 3: falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do esmalte	3	2		1	5	5
H) Mista 4: falha adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento + falha coesiva do cimento e esmalte						
I) Falha coesiva do esmalte/dentina. Não houve fratura na interface.				1		

Quadro 3 - classificação quanto aos tipos de fratura.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a resistência adesiva ao cisalhamento dos bráquetes cerâmicos monocristalinos Pure (Orthotechnology, Tampa, FL, EUA), o modo de falha e os efeitos do método de envelhecimento das interfaces sobre a resistência adesiva. Para tanto foram utilizados dentes humanos pré-molares superiores recém extraídos aos quais foram cimentados bráquetes monocristalinos divididos em três grandes grupos G1, G2 e G3 (n=20) de acordo com o tratamento de superfície aplicado em sua base adesiva: G1 – sem tratamento, G2 – silicatização da superfície seguido de silanização e G3 – silicatização da superfície seguido de silanização e tratamento térmico. Metade dos elementos de cada grupo (n=10) foi submetida à termociclagem (6000x) formando os grupos G1-T, G2-T e G3-T.

O mercado apresenta inúmeros sistemas adesivos consagrados com finalidade ortodôntica, a escolha de um único sistema adesivo ortodôntico, Transbond XT, alicerçou-se em vários estudos que comprovaram sua eficácia e preferência no meio ortodôntico, não deixando dúvidas para uma utilização segura nas colagens (FALTERMEIER e BEHR, 2009; MINICK, 2009; TOROGLU e YAYLALI, 2008; KITAYAMA, 2007; MEGURO, 2006; BISHARA, 2007; LIU, 2005; OZCAN, 2004; THEODORAKOPOULOU, 2004; KLOCKE, 2003).

Atualmente, eficiência profissional é um fator cada vez mais considerado no estabelecimento da relação custo-benefício e no cálculo do valor da hora trabalhada. Desta forma, o tempo despendido para realização dos procedimentos tem grande importância.

Descolamentos de bráquetes ocorrem ocasionalmente quando o paciente aplica acidentalmente uma força inadequada sobre o bráquete, ou ainda, devido à falha na técnica de colagem, tornando necessária a recolagem do bráquete desalojado (quando seu formato original não é afetado) ou colagem de um acessório novo (Toroglu e Yaylali, 2008). Segundo Atsu em 2011, falhas clínicas de adesão ocorrem em 5 a 7% dos bráquetes colados com resinas fotopolimerizáveis ou autopolimerizáveis devido ao pouco cuidado por parte dos pacientes ou mesmo por falhas no protocolo durante colagem dos acessórios.

Eventuais falhas na colagem ou acessórios ortodônticos descolados causam perda da eficiência na movimentação dentária, além de acarretar em prejuízo de tempo e econômico ao ortodontista (BISHARA et al., 2000).

Na ortodontia, a busca por um sistema adesivo mais eficaz clinicamente é um fator que desperta grande interesse para estudos laboratoriais e para o uso clínico. Com relação às pesquisas *in vitro*, as avaliações da resistência adesiva tem se destacado.

Newman em 1969 afirmou que quanto maior a área da base do acessório, maior seria a força necessária para descolá-lo do esmalte dentário. Para se evitar distorções nos resultados, utilizou-se neste trabalho 60 bráquetes ortodônticos iguais (Pure®, Orthothecnology), todos para pré-molares superiores segundo prescrição de Edgewise.

Reynolds em 1975 sugeriu valores mínimos de resistência adesiva entre 5,9 a 7,8 MPa adequados para as necessidades clínicas e 4,9 MPa em ensaios laboratoriais, sendo este estudo citado por diversos autores da atualidade (HARARI, 2003; OZCAN, 2004; ROMANO, 2005; CACCIAFESTA, 2006; KLEIN, 2007; OZCAN, 2008; MINICK, 2009; SAMRUAJBENJAKUL E KUKIATTRAKOON, 2009; FINEMMA, 2010).

De acordo com Fox; MacCabe e Buckley em 1994, os valores mínimos citados por Reynolds em 1975 foram aceitos como referência porém, são subjetivos, uma vez que não existe nenhum dispositivo que possa mensurar com precisão os valores da força de adesão *in vivo*.

Segundo Santos em 2005 a apresentação do valor de resistência adesiva em Megapascal (MPa) tem o objetivo de fornecer valores de pressão, onde se individualizou a força aplicada sobre uma determinada área em mm². A conversão das unidades se deve ao fato de poder fazer uma comparação com os dados encontrados mais comumente na literatura. Ao medir a pressão por mm², elimina-se a diferença entre a área da base de tipos diferentes de bráquetes.

6.1. A resistência adesiva

Um sistema de adesão aceitável deve resistir às forças ortodônticas e mastigatórias e permitir a remoção dos bráquetes com pouco ou nenhum dano ao esmalte dentário. (CHAY E COLABORADORES, 2007).

O tipo e as características do adesivo influenciam diretamente na adesão, assim, utilizamos apenas o cimento resinoso Transbond XT para obter uma padronização dos grupos de forma que os valores encontrados fossem a expressão mais próxima dos diferentes tipos de tratamento nas bases dos bráquetes.

A adesão do cimento resinoso à base dos bráquetes monocristalinos se deve à presença de esferas de zircônia presas na superfície de alumina, responsáveis pelo aumento da área adesiva favorecendo, principalmente, o mecanismo de retenção mecânica (Figura 32. a).

De acordo com os fabricantes a remoção dos bráquetes é segura devido ao ponto de fratura ocorrer entre a base do bráquete e o adesivo ortodôntico. Entretanto, em nossa pesquisa, foi observado que todos os espécimes do grupo controle sofreram fratura do tipo mista na interface esmalte – cimento em conjunto com falha coesiva do cimento ou coesiva de esmalte.

Neste estudo foi encontrado valor médio de resistência adesiva igual a $27,18 \pm 2,9$ MPa para o grupo controle não-ciclado e $24,33 \pm 5,1$ MPa para o grupo controle ciclado. Weinberger e colaboradores em 1997, Klocke e colaboradores em 2003 e Theodorakopoulou em 2004 encontraram valores resistência adesiva para os bráquetes monocristalinos semelhante aos aqui descritos.

Weinberger e colaboradores em 1997 investigaram a resistência adesiva de bráquetes monocristalinos e policristalinos colados com resina autopolimerizável Concise (3M) e com resina Transbond (3M) polimerizada de duas formas: com laser argônio e com fotopolimerizador. Obteve média de resistência adesiva de $29,58 \pm 5,75$ MPa para bráquetes monocristalinos polimerizados com laser argônio e de $22,76 \pm 8,23$ MPa para os mesmos bráquetes fotopolimerizados. Seis dos sessenta espécimes testados, sofreram fratura de esmalte e destes todos foram colados com a resina Transbond. Os autores concluíram neste estudo que a incidência de 10% de fraturas de esmalte é alta e inaceitável.

Klocke e colaboradores em 2003, realizaram um estudo com bráquetes monocristalinos Inspire (Ormco) e o adesivo Transbond XT, os espécimes não foram termociclados mas estocados em água por 24 horas e em seguida submetidos ao ensaio de cisalhamento em máquina universal de ensaios. O menor valor de

resistência adesiva por eles encontrado foi de $19,85 \pm 2,97$ MPa (Plasma arc curing light por um segundo) e o maior foi de $22,94 \pm 3,20$ MPa (Plasma arc curing light por três segundos).

Em 2004 Theodorakopoulou testou ao cisalhamento bráquetes policristalinos e monocristalinos ($n=20$) colados com a resina Transbond XT, ciclados 700 vezes com temperaturas entre 5°C e 60°C e encontrou valor médio de resistência adesiva para os bráquetes monocristalinos de $20,32 \pm 8,0$ MPa.

Assim, os resultados mostrados na literatura para “tipo de falha” e “resistência adesiva ao cisalhamento” corroboram com os valores encontrados para G1 (Tabela 1). O uso do sistema mecânico de retenção na base dos bráquetes pela incrustação de pérolas de zircônia (Figura 33. b) parece ser um mecanismo confiável de retenção, comprovado cientificamente pela pequena variação dos resultados de resistência adesiva entre diferentes grupos de pesquisa.

6.2. O efeito dos tratamentos nas bases dos bráquetes sobre a resistência adesiva

Em prótese dentária muitos são os artigos publicados relacionados aos tratamentos de superfície das cerâmicas (Hooshmand, 2002; Matinlinna, 2004; Shen, 2004; Monticelli, 2006; Matinlinna, 2007; Papacchini, 2007; Moharamzadeh, 2008; Fabianelli, 2009). Em ortodontia a literatura sobre tratamentos de superfície de bráquetes cerâmicos monocristalinos é restrita. (ATSU, 2006; TOROGLU e YAYLALI, 2008; OZCAN, 2008).

Atsu em 2006 também realizou pesquisa com bráquetes monocristalinos e dividiu-os em 2 grupos ($n=10$). O Grupo 1 passou por jateamento e silanização nas bases dos bráquetes e o grupo 2 não sofreu nenhum tipo de tratamento de superfície. Todos os espécimes foram cimentados com o adesivo Light Bond, Reliance Orthodontic Products, Ithaca, Ill) e em seguida fotopolimerizados. Os espécimes foram submetidos à estocagem em água a 37°C por uma semana e termociclagem por 5000x com temperaturas entre 5°C - 55°C . Neste trabalho foi encontrado valor de resistência adesiva maior para os grupos que passaram por

jateamento seguido de silanização ($25,9 \pm 4,4$ MPa) em relação ao grupo controle ($15,6 \pm 4,2$ MPa) ($p < 0,0001$).

Toroglu e Yaylali em 2008 submeteram bráquetes monocristalinos a diferentes tipos de tratamento de superfície e em seguida os bráquetes foram colados a pré-molares humanos utilizando o cimento ortodôntico Transbond XT. Os espécimes passaram por 1000 termociclos e foram ensaiados ao cisalhamento. O resultado encontrado pelos autores no grupo controle (sem tratamento de superfície) foi de $12,0 \pm 3,8$ MPa, e no grupo que passou por jateamento com óxido de alumínio $30\mu\text{m}$ seguido de silanização, foi de $12,7 \pm 3,9$ MPa, não havendo diferença estatística significativa.

Em 2008 Ozcan e colaboradores testaram ao cisalhamento 24 bráquetes monocristalinos e 24 bráquetes de policarbonato, sendo que metade dos bráquetes de cada grupo ($n=12$) passou por silanização e todos os espécimes foram ciclados 1000 vezes a temperaturas entre 5°C e 55°C . Metade dos espécimes de cada grupo foi testada ao cisalhamento em máquina universal de ensaios enquanto a outra metade teve seus bráquetes removidos com alicates ($n=6$). Para os grupos de bráquetes monocristalinos testados ao cisalhamento os valores encontrados de resistência adesiva foram de $11,5 \pm 4,1$ MPa para o grupo não - silanizado e $12,9 \pm 3,7$ MPa para o grupo silanizado. Os resultados deste estudo mostraram que a silanização não interferiu na resistência adesiva ($p=0,44$).

Ao observarmos em MEV as superfícies dos bráquetes antes (Figura 32 a e 32 b) e após a silicatização (Figura 33 a e 33 b) verificamos que o jateamento removeu as retenções mecânicas presentes nos bráquetes monocristalinos (esferas de zircônia). Ao contrário da retenção mecânica proporcionada pela base original dos bráquetes de alumina monocristalina, este sistema se baseia principalmente na microrretenção mecânica do cimento resinoso promovida pelo jateamento com partículas devido ao aumento da microrrugosidade da superfície jateada (Figura 33 a e 33 b). Adicionalmente, quando a partícula escolhida para o jateamento possui sílica na sua composição (Cojet), este óxido pode ser ancorado na superfície cerâmica por um processo conhecido como tribosilicatização, melhorando o mecanismo de adesão química nesta superfície a um substrato resinoso mediado pela ação do agente silano (Toroglu e Yaylali, 2008). Esse tratamento teria como principal indicação clínica os procedimentos de recolagem, eliminando os resíduos de resina da base do bráquete associado ao condicionamento da superfície. Apesar

desta estratégia de tratamento apresentar valores superiores aos mínimos preconizados para utilização clínica, os resultados mostraram diferença estatística relevante entre G2 e G1 (grupos controle) (Tabela 3).

A estratégia do condicionamento da superfície para G3 (igual ao G2 adicionando o tratamento térmico da superfície silanizada) apontam um efeito positivo na resistência adesiva para os bráquetes monocristalinos, com resultados sem significância estatística com relação aos grupos controle (G1) (Tabela 3).

Prévios estudos mostraram a influência do tratamento térmico de superfícies silanizadas na resistência adesiva entre um substrato orgânico (resina composta, cimento resinoso) e um substrato inorgânico (cerâmica feldispáticas e pinos a base de fibra). (Hooshmand, 2002; Shen, 2004; Monticelli, 2006; Fabianelli, 2009). A melhora na resistência e na estabilidade adesiva após o tratamento térmico dá-se principalmente pela eliminação de subprodutos e solventes da camada de silano (água, álcool), pelo aumento da taxa de sua copolimerização e pelo aumento de ligações do tipo siloxanas com o substrato inorgânico, reduzindo o efeito da hidrólise nesta interface. (PLUEDDEMANN, 1991).

6.3 O efeito da termociclagem na resistência adesiva

Um dos principais objetivos deste estudo foi avaliar o método de envelhecimento da interface efeito na resistência adesiva de bráquetes cerâmicos monocristalinos cimentados ao substrato dentário.

Para isto, nos baseamos em Leibrock e colaboradores (1999) que estabeleceram aproximadamente uma relação entre o número de ciclos e o tempo de permanência dos materiais em cavidade oral . A utilização de 6000 ciclos térmicos equivaleria, em condições normais fisiológicas, à aproximadamente o período de 5 anos, sendo assim, nossa avaliação considerou estes números razoáveis para utilização na metodologia empregada.

A ciclagem térmica simula o estresse cíclico a duas temperaturas extremas e reproduz a absorção de água por materiais poliméricos que na cavidade oral. A temperatura associada à absorção de água forma o principal fator que afeta a longo prazo a estabilidade das estruturas poliméricas. A água penetra no polímero aumentando as distâncias entre as cadeias poliméricas diminuindo as forças secundárias de ligação (forças de van der Waals). (Rantalla, 2003). Porém, os

resultados apontam que todos os tratamentos de superfície foram resistentes a hidrólise na interface adesiva, não havendo redução dos valores de resistência adesiva para a quantidade de ciclos testada.

Grande parte dos artigos científicos que estudam o efeito do tratamento de superfícies na cimentação de bráquetes utiliza apenas grupos termociclados (TOROGLU e YAYLALI, 2008; ATSU, 2011).

Os resultados mostram que o efeito da termociclagem não foi estatisticamente relevante nos resultados, porém a ciclagem ocorreu em grupos já previamente envelhecidos pela armazenagem em água destilada, podendo seu efeito ter sido mascarado por este processo (Tabela 3).

Períodos maiores de termociclagem, bem como valores de resistência adesiva inicial (ensaio mecânico realizado após 24h) precisam ser realizados para melhor compreender o efeito desta técnica de envelhecimento na interface adesiva de bráquetes cerâmicos. Porém, os resultados sugerem que a baixa exposição de área desta interface aliada à fina espessura da camada da resina adesiva pode ter reduzido o potencial hidrolítico deste método de envelhecimento.

6.4 O Índice de remanescente adesivo e os tipos de fratura

Neste estudo o tipo de fratura dos grupos foi considerado de acordo com IRA. O IRA (Índice de remanescente adesivo) é um método de determinar visualmente onde a falha ocorreu. Tal determinação é de importância clínica porque a incidência de falha na interface esmalte-adesivo aumenta a possibilidade de danos na superfície do esmalte. (THEODORAKOPOULOU, 2004).

Em nossos resultados obtivemos IRA igual a 0 em 8,77% dos espécimes, IRA igual a 1 em 49,12% dos espécimes, IRA igual a 2 em 7,01% e 7,01% apresentaram IRA igual a 3.

O IRA igual a 1 significa que menos de 50% do cimento resinoso ficou aderido a superfície dentária, ou seja, as fraturas foram mistas e os tipos de falha predominantes foram: falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do cimento e falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do esmalte. Em geral, a resistência adesiva na interface cimento/cerâmica foi maior.

Atsu em sua pesquisa em 2006 dividiu bráquetes cerâmicos monocristalinos em 2 grupos (n=10) de forma que um grupo passou por jateamento e silanização enquanto o outro não sofreu nenhum tipo de tratamento de superfície (todos os espécimes submetidos à estocagem em água a 37°C por uma semana e termociclagem por 5000 vezes com temperaturas entre 5°C - 55°C), obteve como resultados de IRA 25% das amostras testadas com IRA igual a 0, 50% apresentaram IRA igual a 1, 20% apresentaram IRA igual a 2 e 5% tinham IRA igual a 3. Estes resultados se aproximam aos encontrados em nossa pesquisa uma vez que 49,12% de nossos espécimes apresentaram IRA= 1.

Em 2008, Özcan e colaboradores testaram ao cisalhamento 24 bráquetes monocristalinos e 24 bráquetes de policarbonato, sendo que metade dos bráquetes de cada grupo passou por silanização e todos os espécimes foram ciclados 1000 vezes a temperaturas entre 5°C e 55°C. Avaliando seus resultados de acordo com a IRA encontraram para a maioria das amostras de bráquetes monocristalinos (22 em 24), IRA= 3.

Da mesma forma Theodorakopoulou em 2004 testou ao cisalhamento bráquetes policristalinos Clarity (3M) e monocristalinos Inspire (Ormco) (n=20) colados com a resina Transbond XT (3M), ciclados 700 vezes a temperaturas entre 5°C e 60°C. Para os bráquetes monocristalinos 95% apresentou IRA=3 e 5% IRA=2, contrastando com os resultados deste trabalho.

A divergência nos resultados pode ter surgido devido a diferenças metodológicas. O local de aplicação da carga nestes trabalhos não está especificado. O fator aplicação da carga tem total influência na distribuição das forças nas interfaces adesivas durante o ensaio de cisalhamento, podendo promover fraturas de diferentes tipos. (BRAGA, 2010).

Outro ponto importante de nossa pesquisa foi verificar os efeitos do tratamento térmico na silanização da base de bráquetes monocristalinos, no padrão de falha e nos danos causados ao esmalte dentário após a descolagem. Trabalhos nas áreas de prótese e materiais dentários demonstraram que o tratamento térmico das superfícies cerâmicas silanizadas aumenta a resistência adesiva entre substratos orgânicos e inorgânicos. (SHEN, 2004; MONTICELLI, 2006; PAPACCHINI, 2007 e FABIANELLI, 2009).

A análise da interface fraturada em G3 e G3T produziu o mesmo tipo de falha (Quadro 3), fato que evidencia a não influência da termociclagem também para o

tipo de falha adesiva para esta estratégia de tratamento de superfície. Em cada um destes grupos ocorreram 2 falhas adesivas na interface cimento-esmalte, 3 mistas (adesivas ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do cimento) e 5 mistas (adesivas ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do esmalte).

Comparando-se os tipos de fratura ocorridos em G3/G3T em relação a G1/G1T houve uma inversão. Em G1 as fraturas também foram predominantemente mistas mas a maioria foram do tipo adesivo ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do cimento (13 em 19), uma fratura foi do tipo mista com falha adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento + falha coesiva do cimento e as restantes (5 em 19) do tipo mista com falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do esmalte.

Os padrões de fratura ocorridos em G2/G2T foram mais diversificados. Ocorreram 4 fraturas adesivas ao longo da interface cerâmica/cimento, 3 fraturas adesivas na interface cimento/esmalte, 3 fraturas do tipo mista com falha adesiva ao longo da interface cerâmica/cimento + falha coesiva do cimento, 8 fraturas do tipo mista com falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do cimento, 1 fratura do tipo mista com falha adesiva ao longo da interface esmalte/cimento + falha coesiva do esmalte e 1 falha coesiva do esmalte/dentina, ou seja, sem fratura na interface.

Desta forma, considerando os tipos de fratura observamos que o tratamento proposto em G3 otimizou a adesão entre as superfícies cerâmicas e o cimento resinoso Transbond XT.

7 CONCLUSÕES

Os bráquetes monocristalinos Pure (Orthotechnology, Tampa, FL, EUA) apresentaram resistência adesiva maior do que o valor mínimo considerado ideal, tanto nos grupos termociclados quanto nos grupos não termociclados e ainda no grupo controle.

A termociclagem por 6000 ciclos não diminuiu significativamente a resistência adesiva entre os bráquetes monocristalinos Pure (Orthotechnology, Tampa, FL, EUA) e o cimento ortodôntico Transbond XT (3M) nem mesmo quando os bráquetes foram submetidos a diferentes tratamentos de superfície.

O tratamento das bases dos bráquetes com óxido de alumínio a 30 μm seguido de silanização não aumenta a resistência adesiva em bráquetes monocristalinos da marca Pure (Orthotechnology, Tampa, FL, EUA), entretanto, quando a este tratamento é adicionado o tratamento térmico das superfícies silanizadas têm-se um aumento significativo da resistência adesiva quando comparado ao grupo que não passou pelo mesmo tratamento.

Baseados nos dados encontrados sugerimos a utilização clínica do protocolo de silicatização, silanização e tratamento térmico das superfícies silanizadas nos casos de recolagem de bráquetes cerâmicos monocristalinos, tendo em vista que, este protocolo promove resistência adesiva estatisticamente igual à encontrada nos bráquetes monocristalinos cimentados convencionalmente com o cimento resinoso Transbond XT.

REFERÊNCIAS

- ARICI, S.; MINORS, C. The force levels required to mechanically debond ceramic brackets: an in vitro comparative study. **European Journal of Orthodontics**. v.22, p.327-334, 2000.
- ATSÜ, S; GELGOR, IE; SAHIN, V. Effects of silica coating and silane surface conditioning on the bond strength of metal and ceramic brackets to enamel. **Angle Orthodontist**. v.76, p.857-862. September, 2006.
- ATSÜ, S.; ÇATALBAŞ, B.; GELGÖR, I.E. Effects of silica coating and silane surface conditioning on the bond strength of rebounded metal and ceramic brackets. **J Appl Oral Sci**. v.19, n.3, p.233-239. 2011.
- ARTUN, J.; BERGLAND, S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid – etch enamel pretreatment. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 85, n. 1, p.333-340. 1984.
- ARTUN, J. A posttreatment evaluation of multibonded ceramic brackets in orthodontics. **European Journal of Orthodontics**. v. 19, p.219-228. 1997.
- BERTOLOTI, R. Adhesion to Porcelain and Metal. **Dental Clinics North America**.v.51, p.433–451. 2007.
- BIRNIE, D. Ceramic brackets. **British Journal of Orthodontics**. 1990;17:71–74.
- BISHARA, S.E., KHOWASSAH, M.A., OESTERLE, L.J. Effect of humidity and temperature changes on orthodontic direct-bonding adhesive systems. **Journal of Dental Research**. v. 54, n. 4, p. 751-758, 1975.
- BISHARA, S.E. et al. Evaluation of a new light-cured orthodontic bonding adhesive. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.114, p.80-87, July. 1998.
- BISHARA, S.E. et al. The effect of repeated bonding on the shear bond strength of a composite resin orthodontic adhesive. **Angle Orthodontist**. v.70, p.435-41, 2000.
- BISHARA, S. E. et al. Shear bond strength comparison of two adhesive systems following thermocycling. **Angle Orthodontist**. v. 77, n. 2, p. 337-341. 2007.
- BRAGA, R.R.; MEIRA, J.B.C.; BOARO, L.C.C.; Xavier, T.A. Adhesion to tooth structure: A critical review of “macro” test methods. **Dental Materials**. v.26, p. e39-e49. 2010.
- BUONOCORE, M.G. Penetration of resin into enamel surfaces with reference to bonding. **Archives of Oral Biology**. v. 13, p. 61-70, 1968.

CACCIAFESTA, V. et al. Effect of chlorhexidine application on shear bond strength of brackets bonded with a resin modified glass ionomer. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 129, n. 2, p.273-276. February, 2006.

CHAY S.H. et al. Effects of surface treatment and aging on the bond strength of orthodontics brackets to provisional materials. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 132, p. 577.e7 - 577.e 11, 2007.

FABIANELLI A, et al. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. **Journal of Dentistry** (2009), doi:10.1016/j.jdent.2009.08.010

FALTERMEIER, A; BEHR, M. Effect of base conditioning. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.135,12.e1-12.e5, Jan. 2009.

FELDNER et al. In vitro torque deformation characteristics of orthodontic polycarbonate brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 106, n. 1, p. 265-272. Dec, 1994.

FINNEMA, K. et al. In-vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.137, n. 5. p. 615-622. May, 2010.

FOX, N.A.; MCCABE, J.F.; Buckey, J.G. A critique of bond strength testing in orthodontics. **Br. J. Orthod**. v.21, n. 1, p.33-43, 1994.

GUAN, G. et al. An approach to enhance the interface adhesion between an orthodontic plastic bracket and adhesive. **European Journal of Orthodontics**. v.23, p.425-432, 2001.

GRANDHI, R. K.; Edward Charles Combe, E; Thomas Michael Speidel. Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with a moisture-insensitive primer. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.119, n.3, p.251-255. Mar, 2001.

HARARI, D. et al. Tensile bond strength of ceramic brackets bonded to porcelain facets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 123, n.5, p. 551-554. May 2003.

HOOSHMAND, T., NOORT, R. VAN; KESHVAD, A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. **Dental Materials**. v.18, p. 179-188. Mar, 2002.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **Dental Materials** – guidance on test of adhesion to tooth structure. Geneva Switzerland: ISO/TS 11405, 2003.

JOHNSON, G.; WALKER M.P.; KULA, K. Fracture Strength of Ceramic Bracket Tie Wings Subjected to Tension. **Angle Orthodontist**. v. 7, n.1, p. 95–100. Jan, 2004.

KITAYAMA, S. et al. Enamel bonding of self-etch and phosphoric acid etch orthodontic adhesive systems. **Dental Materials Journal**. v.26, n.1, p.135-147. 2007.

KLEIN, J.L.; ARAÚJO, B.S.C.; SIMÕES, S. Avaliação da resistência ao cisalhamento da colagem de bráquetes metálicos às superfícies de coroas temporárias de resina acrílica. **Revista Biociência**. n.12, p.85-92. Taubaté. Jan/Jun. 2007.

KLOCKE et al. Plasma arc curing of ceramic brackets: An evaluation of shear bond strength and debonding characteristics. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 124, n. 3, p.309-315. Sep. 2003.

KRAUSS, J.et al. Evaluation of alternative polymer bracket materials. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.137, n.3, p. 362-367. Mar. 2010.

LEIBROCK, A. et al. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. **J Oral Rehabil**. v.26, n.2, p.130-137. Fev. 1999.

LIU, J. et al. Bond strength and debonding characteristics of a new ceramic bracket. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.128, n.6, p.761-765. Dec. 2005.

MACCOLL GA, ROSSOUW PE, TITLEY KC, YAMIN C. The relationship between bond strength and orthodontic bracket base surface area with conventional and microetched foil-mesh bases. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.113, p.276–281.1988.

MALTAGLIATI, L.A. et al. Braquetes estéticos – considerações clínicas. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, Maringá. v. 5, n. 3, p. 89-95. Jun/Jul, 2006.

MATINLINNA, J. P. et al. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. **The International Journal of Prosthodontics**. Illinois, v. 17, p.155-164, Mar/Apr. 2004.

MATINLINNA, J.P.; VALLITTU, P.K. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces – an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. **Journal of Oral Rehabilitation**. v. 34; p. 622–630. 2007.

MEGURO, D. et al. Shear Bond Strength of Calcium Phosphate Ceramic Brackets to Human Enamel. **Angle Orthodontist**, v. 76, n. 2, p.301-305. Mar, 2006.

MINICK, G. T. et al. Bracket bond strengths of new adhesive systems. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.135, n.6, p.771-776, June. 2009.

MOHARAMZADEH, K. et al. Fracture toughness of a ceramic–resin interface. **Dental Materials**. v.24, p.172–177, Feb. 2008.

MONTICELLI, F. et al. Effect of temperature on the silane coupling agents when bonding core resin to quartz fiber posts. **Dental Materials**. v. 22, p.1024–1028, Nov. 2006.

NEWMAN, G.V. Adhesive and orthodontic plastic attachments. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.56, n. 6, p.573-588, Dec. 1969.

OZCAN, M; FINNEMA, K; YBEMA, A. Evaluation of failure characteristics and bond strength after ceramic and polycarbonate bracket debonding: effect of bracket base silanization. **European Journal of Orthodontics**. v.30, p.176-182, Jan. 2008.

OZCAN, M. et al. Bonding polycarbonate brackets to ceramic: effects of substrate treatment on bond strength. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.126, p.220-227, Aug. 2004.

OZER, M; ARICI, S. Sandblasted metal brackets bonded with resin modified glass ionomer cement in vivo. **Angle Orthodontist**. v.75, p.406-409, May. 2005.

PANDIS, N; POLYCHRONOPOULOU, A; ELIADES, T. Failure rate of self-ligating and edgewise brackets bonded with conventional acid etching and a self-etching primer: a prospective in vivo study. **Angle Orthodontist**. v.76, p.119-122, Jan. 2006.

PANNES, D.D. Et al. Orthodontic bonding to porcelain: a comparison of bonding systems. **Journal of Prosthetic Dentistry**. v.89, p.66-69, Jan. 2003.

PAPACCHINI, F. et al. Effect of air-drying temperature on the effectiveness of silane primers and coupling blends in the repair of a microhybrid resin composite. **Journal of Adhesive Dentistry**. v. 9, p.391-397, May. 2007.

PHITON et al. Influência da contaminação de sangue misturado à saliva sobre a resistência ao cisalhamento da colagem e no índice de remanescente de adesivo de dois novos compósitos. **Revista Saúde.com**. v. 3, n.1, p. 37-44. Abril. 2007.

PLUEDDEMANN, E.P. Silane coupling agents. **Plenum Press**. New York, 1991.

POWERS, J.M.; KIM, H-B; TURNER, D.S. Orthodontic adhesives and bond strength testing. **Seminars in Orthodontics**. v.3,n. 3 p. 147- 156. Sep. 1997.

PROFFIT, W. R. **Ortodontia contemporânea. 4ª Ed.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,2007. p.12 – 42.

RANTALA, L.I. et al. Fatigue resistance of removable orthodontic appliance reinforced with glass fibre weave. **Journal of Oral Rehabilitation**. v.30, p.501–506. 2003.

RÊGO, L. C. N. **Comportamento interfacial de bráquetes poliméricos: Um estudo *in vitro***. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia. 141p. 2006.

REYNOLDS, I.R. A review of direct orthodontic bonding. **British Journal of Orthodontics**. v. 2, n. 3, 1975.

RIX, D.; FOLEY T. F.; MAMANDRAS, A. Comparison of bond strength of three adhesives: Composite resin, hybrid GIC, and glass-filled GIC. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.119, n. 1, p.36-42. Jan, 2001.

ROMANO, F.L. et al. Shear Bond Strength of Metallic Orthodontic Brackets Bonded to Enamel Prepared with Self-Etching Primer. **Angle Orthodontist**. v. 75, n.5. 2005.

SAMRUAJBENJAKUL, B.; KUKIATTRAKOON, B. Shear Bond Strength of Ceramic Brackets with Different Base Designs to Feldspathic Porcelains. **Angle Orthodontist**. V.79, n. 3, p.571-576, 2009.

SANTOS, V.M. **Estudo comparativo da resistência à tração de bráquetes colados com luz halógena e leds**. [Dissertação de Mestrado] São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo. 2005.

SHAHABI, M. et al. Effects on shear bond strength and the enamel surface with an enamel bonding agent. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.137, p.375-378, Mar. 2010.

SHEN,C.; OH, W.S.; WILLIAMS,J.R. Effect of post-silanization drying on the bond strength of composite to ceramic. **Journal of Prosthetic Dentistry**. v.91, p.453-458, May. 2004.

SCHMAGE, P. et al. Influence of various surface-conditioning methods on the bond strength of metal brackets to ceramic surfaces. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 123, n. 5, p.540-546. May, 2002.

SWARTZ, M.L. Ceramic brackets. **Journal of Clinical Orthodontics**. v.22, p.82–88. 1988.

THEODORAKOPOULOU, L.P. et al. Evaluation of the debonding characteristics of 2 ceramic brackets: an in vitro study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.125, p.329-336, Mar. 2004.

TOROGLU, M.; YAYLALI, S. Effects of sandblasting and silica coating on the bond strength of rebonded mechanically retentive ceramic brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.134, n. 2, p.181.e1-181.e7. Aug. 2008.

TRAKYAL, G. et al. Effects of different silanes and acid concentrations on bond strength of brackets to porcelain surfaces. **European Journal of Orthodontics**. v.31, p.402-406, Apr. 2009.

WEINBERGER S.J. et al. Bond strengths of two ceramic brackets using argon laser, light, and chemically cured resin systems. **Angle Orthodontist**. v.67, n.3, p.173-178. June. 1997.

ZARRINIA, K.; EID, N.M.; KEHOE, M.J. The effect of different debonding techniques on the enamel surface: an in vitro qualitative study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v.108, p.284-293, Sep. 1995.

ANEXO