

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
MESTRADO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ORTODONTIA E ORTOPEDIA FACIAL

MARINA LÚCIA CUMERLATO

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO
CISALHAMENTO NA COLAGEM DE
BRÁQUETES ORTODÔNTICOS METÁLICOS
A DENTES ARTIFICIAIS DE ACRÍLICO**

Prof. Dr. Eduardo Martinelli Santayana de Lima
Orientador

PORTO ALEGRE
2013

MARINA LÚCIA CUMERLATO

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO CISALHAMENTO NA COLAGEM DE
BRÁQUETES ORTODÔNTICOS METÁLICOS
A DENTES ARTIFICIAIS DE ACRÍLICO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção de grau de Mestre em Odontologia, área de concentração em Ortodontia e Ortopedia Facial, pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Martinelli Santayana de Lima

Porto Alegre
2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE

C969r Cumerlato, Marina Lúcia
Resistência de união ao cisalhamento na colagem de
bráquetes ortodônticos metálicos a dentes artificiais de acrílico /
Marina Lúcia Cumerlato. — Porto Alegre, 2013.
81 f. : il.

Diss. (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Programa de
Pós-Graduação em Odontologia, Área de concentração:
Ortodontia e Ortopedia Facial, PUCRS, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Martinelli Santayana de Lima.

1. Ortodontia. 2. Dentes artificiais. 3. Braquetes
Ortodônticos. 4. Resistência ao Cisalhamento. 5. Colagens
Ortodônticas. I. Lima, Eduardo Martinelli Santavana de. II.
Título.

CDD: 617.643

Alessandra Pinto Fagundes
Bibliotecária
CRB10/1244

MARINA LÚCIA CUMERLATO

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO CISALHAMENTO NA COLAGEM DE
BRÁQUETES ORTODÔNTICOS METÁLICOS
A DENTES ARTIFICIAIS DE ACRÍLICO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção de grau de Mestre em Odontologia, área de concentração em Ortodontia e Ortopedia Facial, pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em _____ de _____ de 2013.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dra. Luciane Quadrado Closs - ULBRA

Prof^a. Dra. Luciane Macedo de Menezes - PUCRS

Prof. Dr. Eduardo Martinelli Santayana de Lima - PUCRS

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos meus pais, Oreste e Nilze, por muitas vezes terem abdicado de seus sonhos para que eu alcançasse os meus. Obrigada por tudo.

À minha irmã Daniela, minha incentivadora e companheira. Obrigada por tornar esse sonho realidade, me acolhendo em teu lar durante todos os anos que estive em Porto Alegre para aprofundar meus conhecimentos. Nos tornamos mais amigas e cúmplices!

Ao meu noivo Francis, que aceitou minha ausência em tantos momentos. Tenha certeza que se abri mão de estar perto de ti nos últimos anos, foi pensando em ser uma profissional melhor, espelhada na tua competência, dedicação e sabedoria.

Ao meu orientador Professor Doutor Eduardo Martinelli Santayana de Lima, pela valiosa orientação neste trabalho e por todos os ensinamentos clínicos e científicos durante o curso do Mestrado. Teu jeito irreverente de conduzir o ensino tornou os momentos mais difíceis em mais motivadores.

Ao doutorando Leandro Osório, pela total disponibilidade e paciência em ajudar essa pesquisa tornar-se possível. Tua boa vontade e amizade foram indispensáveis nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Luciane Macedo de Menezes, exemplo de dedicação científica à nossa especialidade. Tua busca pelo melhor na Ortodontia é um exemplo a ser seguido.

Ao Professor Doutor Ernani Menezes Marchioro, pela agradável convivência e por todos os ensinamentos desde o período do curso de especialização em Ortodontia.

À Professora Susana Maria Deon Rizzato, fonte inesgotável de conhecimento na Ortodontia. Tua sabedoria e humanismo me encantam.

Aos demais professores, Fernando Lima, Tatiana Siqueira Gonçalves e Telmo Bandeira Berthold, pela paciência e ensinamentos.

À Professora Doutora Ana Maria Spohr e ao Professor Doutor Eduardo Motta, pela disponibilidade e colaboração na parte relacionada aos Materiais Dentários desta pesquisa.

Às colegas de mestrado, Niede Onofre e Rejane Hatje, pelo companheirismo e amizade. Foram tantas as nossas conversas e troca de experiência. Sentirei saudade dos nossos encontros semanais.

Ao colega de mestrado, Diogo Vargas, pela agradável convivência. Tua maneira leve de conduzir os estudos me acalmou em muitos momentos.

Aos colegas de doutorado, mestrado e especialização da PUCRS, pela parceria e cumplicidade: André, Suziane, Claudia, Fabiane, Fabiano, Omar, Vanessa, Cássia, Maira, Paula, Renato, Aura, Bruno, Paulo e Rodrigo.

Aos funcionários da Pós-graduação, Ana, Davenir, Marcos e Paulo, e às secretárias das clínicas da Ortodontia e Cerlap, Alessandra, Carina, Carla, Rejane e Neusa.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa de seu Reitor, Prof. Dr. Irmão Joaquim Clotet.

À Diretoria da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa de seu diretor, Prof. Alexandre Bahlis.

À CAPES, pelo apoio financeiro disponibilizado, indispensável para a realização deste curso.

Ao programa de pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa da sua presidente, Prof. Dra. Ana Maria Spohr.

RESUMO

Introdução: O objetivo deste estudo foi, através de teste *in vitro*, avaliar os efeitos de diferentes tratamentos de superfície e do envelhecimento de dentes artificiais de acrílico na resistência de união ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos metálicos colados a este tipo de superfície. **Métodos:** Cento e noventa e dois incisivos centrais superiores de acrílico (Dentsply) foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos conforme o envelhecimento ou não dos mesmos. O envelhecimento ocorreu através da imersão em água destilada e incubação dos dentes em estufa de cultura a 37°C durante o período de 90 dias. Cada grupo foi subdividido aleatoriamente em quatro, conforme tratamento na superfície dos dentes: sem tratamento (controle), asperização com broca diamantada, perfurações com broca diamantada, e jateamento com óxido de alumínio 50µm. O procedimento da colagem dos bráquetes deu-se igualmente em todos os grupos com resina Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA, EUA). Após uma semana de estocagem em água destilada a 37°C, os corpos de prova foram levados à máquina de ensaio universal (Emic DL 2000®) e submetidos à tensão de cisalhamento, no sentido ocluso-cervical, à velocidade de 0,05mm/min. Os tipos de fratura foram classificados de acordo com o Índice de Adesivo Remanescente (IAR). Os dados foram analisados pelos testes de ANOVA, Tukey e Kruskal-Wallis. **Resultados:** O tratamento mecânico influenciou no aumento da resistência de união, entretanto, somente o jateamento com óxido de alumínio e as perfurações com broca promoveram valores clinicamente aceitáveis de união ($p < 0,05$). O envelhecimento dos dentes não alterou de forma significativa a resistência de união. Ocorreu uma predominância de falhas adesivas, ou seja, entre a superfície dentária e o adesivo. **Conclusões:** o tratamento de superfície em dentes de acrílico aumentou a resistência de união ao contrário do envelhecimento que não influenciou na colagem de bráquetes a estes dentes. Tratamentos superfícies como jateamento com óxido de alumínio e perfuração da superfície dentária promoveram resistência de união aceitável para a colagem ortodôntica.

Palavras chave: resistência ao cisalhamento, colagem, Ortodontia, dente artificial

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to evaluate, *in vitro*, the effects of different surface treatments and aging on the shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded to prefabricated resin denture teeth. **Methods:** One hundred and ninety two upper central incisors (Dentsply) were randomly divided into two groups according to whether or not the aging of the teeth. The aging occurred by immersion in distilled water and incubation teeth at 37°C during 90 days. Each group was randomly divided into four subgroups, according to the surface treatment rendered: no treatment (control), roughening with diamond bur, drilling with diamond bur and sandblasting with aluminum oxide 50µm. Brackets were bonded equally in all groups with Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA, USA). After one week of storage in distilled water at 37°C, the specimens were taken to a universal testing machine (Emic DL 2000 ®) and subjected to shear load, in an occluso-gingival direction at a crosshead speed of 0.05 mm / min. The types of fractures were classified according to the Adhesive Remnant Index (ARI). Data were analyzed by ANOVA, Tukey and Kruskal-Wallis tests. **Results:** The surface treatment increased the bond strength, however, only sandblasting with aluminum oxide and drilling with drill promoted clinically acceptable values for orthodontic purposes ($p < 0,05$). The aging of the teeth did not alter significantly the bond strength. There was a predominance of adhesive failures, i.e. between the tooth surface and the adhesive. **Conclusions:** bonding brackets to prefabricated resin denture teeth only resist to orthodontic and chewing forces if the surface of the teeth is sandblasted with aluminum oxide or drilled with a bur to create mechanical retention, independent of aging of the teeth.

Keywords: shear bond testing, bonding, Orthodontics, artificial teeth

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Estrutura química do Polimetilmetacrilato (PMMA).....25
- Figura 2 – A: Apresentação comercial dos dentes utilizados. B: Dentes selecionados para uso na pesquisa.....34
- Figura 3 - Método de inclusão dos dentes para realização do teste. Abertura na cera nº7, sobre uma placa de vidro; anéis de PVC posicionados sobre a lâmina de cera nº7, envolvendo cada um dos dentes de acrílico, sendo preenchidos com resina acrílica autopolimerizável.....36
- Figura 4 - Dente de acrílico incluído no anel de PVC.....36
- Figura 5 - Ácido fosfórico 37% e Sistema adesivo Transbond XT®.....38
- Figura 6 - Bráquete Edgewise utilizado no estudo.....38
- Figura 7 - A e B: Dispositivo para padronizar espessura do adesivo utilizado para a colagem do bráquete. C: Aparelho de fotopolimerização por *Light Emitting Diode* (LED). D: Posicionamento da fibra ótica do LED para a fotopolimerização.....39
- Figura 8 - A: Broca para realizar a asperização. B: Broca para efetuar as perfurações. C: Micro jato para executar o jateamento.....41
- Figura 9 - A: Corpo de prova posicionado para realização do ensaio mecânico. B: Representação da localização da aplicação da força durante a descolagem.....42
- Figura 10 - Índice 0: a) Sem resina composta aderida ao dente.

b) Toda resina composta aderida ao bráquete.....50

Figura 11 - Índice 1: a) Menos da metade da resina composta aderida ao dente.

b) Mais da metade da resina composta aderida ao bráquete....50

Figura 12 - Índice 2: a) Mais da metade da resina composta aderida ao dente.

b) Menos da metade resina composta aderida ao bráquete....51

Figura 13 - Índice 3: a) Toda resina composta aderida ao dente, inclusive a impressão da malha do bráquete.

b) Sem resina composta aderida ao bráquete.....51

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela I - Tratamento mecânico realizado na superfície dos dentes de acrílico.....	37
Tabela II - Índice de Adesivo Remanescente (IAR).....	43
Tabela III - Análise de variância.....	45
Tabela IV - Comparação dos valores de resistência de união obtidos (MPa) nos oito grupos.....	45
Tabela V - Frequência e distribuição dos escores do Índice de Adesivo Remanescente entre os grupos.....	47
Tabela VI - Resultados dos <i>Ranks</i> Médios do teste Kruskal-Wallis.....	48
Gráfico 1 - Representação gráfica para os resultados para o teste de resistência de união.....	46
Gráfico 2 - Distribuição e frequência dos escores do Índice de Adesivo Remanescente entre os grupos.....	48
Gráfico 3 - Distribuição dos índices de adesivo remanescente de toda a amostra....	49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	porcentagem
µm	micrômetro
°C	graus Celsius
<	menor
Al ₂ O ₃	óxido de alumínio
ANOVA	análise de variância
ANSI/ADA	American National Standards Institute /American Dental Association
bis-GMA	bisfenol glicidil metacrilato-a
cm	centímetro
Er,Gr:YSGG	érbio-cromo: ítrio-escândio-gálio-granada
Er:YAG	erbio: ítrio- alumínio- granada
et al.	e colaboradores
g	grama
g/cm ³	gramas por centímetro cúbico
IAR	Índice de Adesivo Remanescente
IPN	Interpenetrating Polymer Network
Kg	quilograma
Kg/mm ²	quilograma por milímetro quadrado
LED	Light Emitting Diode
MEV	microscópico eletrônico de varredura

MMA	metilmetracrilato
mm	milímetros
mm ²	milímetro quadrado
mm/min	milímetros por minuto
MPa	Mega Pascal
mW/cm ²	miliwatts por centímetro quadrado
n	número de corpos de prova
n°	número
p	probabilidade calculada
PMMA	polimetilmetacrilato
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PVC	polivinil cloreto rígido
®	registrado
W	Watts

SUMÁRIO

1. Introdução	15
2. Fundamentos Teóricos	18
2.1 Colagem ortodôntica direta no esmalte dentário	19
2.2 Dentes artificiais de acrílico e a colagem ortodôntica direta na sua superfície	24
2.3 Absorção de água nos dentes de acrílico	27
3. Proposição	31
4. Delineamento da Pesquisa	33
4.1 Seleção da Amostra	34
4.2 Envelhecimento dos dentes de acrílico	34
4.3 Confecção dos corpos de prova	34
4.3.1 Inclusão dos dentes	34
4.3.2 Preparo da superfície do dente de acrílico e colagem dos bráquetes ...	36
4.4 Ensaio mecânico	41
4.5 Análise dos tipos de fratura	42
4.6 Análise estatística	43
5. Resultados	44
6. Discussão	52
7. Conclusão	59
Referências Bibliográficas	61
Apêndice	66
Apêndice A – Artigo: Efeitos de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de bráquetes a dentes de acrílico: estudo <i>in vitro</i>	67
Anexo	80
ANEXO A – Protocolo de aprovação pela comissão científica e de ética da faculdade de odontologia da PUCRS	81

1. Introdução

A introdução do condicionamento ácido ao esmalte dentário por Buonocore em 1955 e das resinas à base de bis-GMA (Bisfenol glicidil metacrilato-a) por Bowen em 1962, permitiu o desenvolvimento da colagem direta de bráquetes ortodônticos à superfície dentária por Newman em 1965 (1). A colagem direta introduziu algumas vantagens na prática ortodôntica, como por exemplo, melhora na estética, desconforto reduzido ao paciente, ausência da necessidade de elástico separador entre dentes adjacentes, higiene facilitada na margem gengival, risco de descalcificação diminuído em comparação à presença de bandas, e posicionamento facilitado dos acessórios ortodônticos (2).

A resistência de união entre as superfícies dentária e do bráquete é de suma importância para assegurar um efetivo tratamento ortodôntico e evitar a descolagem de bráquetes, o aumento do tempo durante as consultas, e custos adicionais referentes à necessidade da reposição do acessório descolado (1, 3, 4).

A colagem de bráquetes em coroas provisórias, e não somente ao esmalte dentário, tem se tornado uma necessidade frequente nos últimos anos. A procura pela estética tem proporcionado um número crescente de adultos que utilizam aparelho ortodôntico, e estes, muitas vezes, apresentam reabilitações com coroas protéticas provisórias (5). Não é incomum a situação de manutenção de espaço com pânticos provisórios, nos casos de perda dentária por trauma, problema periodontal ou ausência congênita (1). Além disso, estes pânticos podem preencher temporariamente sítios de extração dentária quando essa terapêutica for necessária no tratamento ortodôntico (6).

Dentes artificiais de acrílico são constituídos de polimetilmetacrilato (PMMA) e são fabricados sobre alta pressão e temperatura, o que resulta num material com maior grau de conversão de monômeros para polímeros e menores sítios potenciais de ligação (1). Estas características podem diminuir a resistência de união entre este material e bráquetes colados à sua superfície.

A resistência de união de bráquetes à coroas de materiais provisórios deve ser suficientemente forte para suportar todo movimento dentário durante o tratamento, e no entanto, suficientemente fraca para permitir a descolagem sem causar danos à superfície do provisório após o tratamento (5, 7). Essa união pode depender do material provisório, do tratamento de superfície e do tempo (5).

Alterações na superfície do material acrílico para aumentar a retenção mecânica podem favorecer a resistência de união entre bráquetes e dentes de acrílico (8). Asperizar com ponta diamantada, ou pedra, ou com jato de óxido de alumínio, parecem ser tratamentos mecânicos eficazes no aumento da resistência de união. Criar orifícios no pântico pode evitar fratura devido ao estresse oclusal (6). No estudo realizado por Chay et al. (5), o tratamento da superfície do provisório influenciou positivamente na resistência de união entre o bráquete e ambos materiais restauradores provisórios testados.

Os achados com testes laboratoriais podem ser de fato significativos, entretanto, algumas vezes contraditórios aos resultados clínicos. Isso se deve ao comportamento do meio oral frente a suas mudanças de temperatura, acidez, humidade e concentração de placa (9), características não reproduzíveis *in vitro*. Apesar destas diferenças, estes testes são fundamentais (10) e suas conclusões podem indicar qual material seria mais adequado para incluir numa avaliação clínica (11), já que permitem procedimentos padronizados, como é o caso dos ensaios de resistência de união ao cisalhamento (4).

Tendo em vista a necessidade da colagem de bráquetes ortodônticos à dentes artificiais de acrílico, novos ou não, e a escassez de estudos na literatura sobre um modelo de colagem de sucesso para aumentar a união entre essas superfícies, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do tratamento superficial na superfície do dente de acrílico e do envelhecimento dos mesmos, na resistência de união ao cisalhamento na colagem de bráquetes metálicos a dentes de acrílico.

2. Fundamentos Teóricos

2.1 Colagem ortodôntica direta no esmalte dentário

Pierre Fauchard, em 1728, publicou um livro onde descrevia um aparelho denominado *bandelette*, que era constituído por uma cinta metálica perfurada para receber ligaduras de fibra, com as quais eram amarrados tanto os dentes que seriam movimentados, quanto os que serviriam de ancoragem. Essa foi a primeira publicação sobre a correção das irregularidades dentárias (12). Entretanto, somente a partir de 1920 a técnica ortodôntica começou a se desenvolver e difundir, com a criação do bráquete de arco de canto por Edward Hartley Angle. O aparelho consistia de bráquetes edgewise soldados às bandas metálicas cimentadas nos dentes a serem movimentados (13).

Durante muitos anos, houve a necessidade de utilizar bandas metálicas com bráquetes soldados em toda a arcada para realizar o movimento dentário. Com a introdução do condicionamento ácido sobre a superfície do esmalte dentário, tudo mudou.

Buonocore (14), em 1955, observou no meio industrial que o ácido fosfórico melhorava a adesão de tintas e resinas às superfícies metálicas. Então, aplicou este ácido no esmalte de dentes extraídos para torná-los mais receptivos à adesão e observou que nas superfícies condicionadas havia a necessidade de uma força mecânica para descolar o material acrílico da superfície dentária, ao contrário das superfícies não condicionadas, que descolavam espontaneamente. Assim, surgiu a “técnica do ataque ácido”. Bowen, em 1956, apresentou a viabilidade do uso de resina epóxica para preenchimento dentário devido às suas propriedades estáveis e estéticas, desenvolvendo, em 1962, a resina à base de bis-GMA. Associando a técnica de Buonocore e Bowen, Newman, em 1965, relatou o que viria a mudar a prática ortodôntica até os dias atuais: a colagem de acessórios diretamente à superfície dentária, sem a necessidade da cimentação de bandas metálicas.

Em seu artigo, Newman (15) relatou um novo conceito de colagem ortodôntica com vantagens como: melhora da estética, diminuição na ocorrência de descalcificações do esmalte, e custos reduzidos. No estudo, foi utilizada uma formulação de adesivo que combinou uma resina epóxica de alto peso molecular

com uma de baixo peso molecular e agentes de poliamida para a cura do material. Três tipos de acessórios foram colados a incisivos centrais superiores, que tiveram, ou não, suas superfícies condicionadas com ácido fosfórico 40% durante 60 segundos. Para determinar a força de união, um teste de cisalhamento modificado foi utilizado. Além disso, foi verificado o potencial de irritação do material de colagem em coelhos. Concluiu-se que o adesivo sugerido na pesquisa poderia unir acessórios plásticos à superfície dentária e ser usado para finalidade clínica, e o condicionamento da superfície do dente com ácido fosfórico aumentaria a força de união.

Atualmente, o processo de colagem ao esmalte dentário inclui profilaxia prévia da superfície dentária, condicionamento com ácido fosfórico a 37% durante aproximadamente 15 segundos, lavagem da área com água abundante para remoção do ácido, secagem da superfície com ar livre de óleo, aplicação do primer (quando indicado pelo fabricante), colagem do bráquete com material resinoso, e polimerização do compósito. Este protocolo proporciona baixa taxa de falhas na colagem. Entretanto, se esta ocorrer, pode ser resultado de problemas da técnica durante o processo do condicionamento ácido e da colagem do bráquete, manipulação incorreta da resina e da polimerização, ou então, problemas de defeito ou corrosão da base do bráquete (16).

Para suportar os esforços ortodônticos e mastigatórios existe a necessidade de resistência de união da colagem entre bráquetes e o esmalte dentário. Estudos *in vitro* avaliaram esta resistência. Para Reynolds (2), valores entre 6 a 8 MPa parecem razoáveis para manter a união das superfícies. Para Knoll, Gwinnett e Wolff (17) valores em torno de 2,8 MPa seriam suficientes, enquanto Smith e Maijer (18) acreditam que seriam necessários em torno de 7,7 MPa e Bishara et al. (19) abaixo de 11,28 MPa. Os diferentes resultados podem estar relacionados aos diferentes métodos de pesquisa, mas a variação ideal estaria entre 5,88 e 13,53 MPa (16). A literatura tem referenciado os valores sugeridos por Reynolds como mínimos para a colagem ortodôntica.

O preparo da superfície do esmalte para a colagem ortodôntica com técnicas alternativas ao ácido fosfórico já foram estudadas. Tratamento superficial com brocas, jateamento com óxido de alumínio e laser são alguns exemplos. Esses

métodos evitariam a descalcificação da parte inorgânica do esmalte, ocasionadas pelo ácido, tornando a superfície menos propensa à ocorrência de cáries (20).

Reisner et al. (21) avaliaram quatro métodos de condicionamento do esmalte dentário previamente a colagem de bráquetes. O grupo controle teve profilaxia realizada na superfície dos pré-molares com pedra pomes e após foi realizado condicionamento com ácido fosfórico. Nos demais grupos foi realizado jateamento com óxido de alumínio 50 μm , ou jateamento com esta mesma partícula incluindo posteriormente o condicionamento com ácido fosfórico, ou abrasão da face dos dentes com broca 1172 em baixa velocidade e condicionamento com o mesmo ácido. Foi concluído com a pesquisa que o jateamento sem posterior condicionamento ácido produziu resistência de união mais baixa do que quando foram realizados os dois tratamentos. Além disso, os resultados mais consistentes foram verificados no grupo com abrasão com broca.

Halpern e Rouleau (22) desejaram verificar um método de preparo da superfície do esmalte que melhor suportasse a colagem de bráquete contra uma força de cisalhamento. Avaliaram 220 pré-molares humanos inferiores, subdivididos em quatro grupos. O grupo controle não recebeu jateamento da superfície, enquanto os demais três grupos tiveram a face vestibular do dente jateada com óxido de alumínio com partículas de 25, 50 e 100 μm . Os autores observaram que não houve diferença na força de união entre os grupos que não tiveram a superfície jateada e os que foram jateados com 25 μm . Entretanto, o jateamento com partículas de 50 e 100 μm melhoraram a retenção, mostrando diferença estatisticamente significativa em relação aos demais grupos.

Alhaija e Al-Wahadni (23) avaliaram a resistência de união de dois adesivos ortodônticos (Panavia-21 e Transbond XT), com diferentes pré-tratamentos no esmalte. Os grupos avaliados: condicionamento com ácido fosfórico e aplicação do adesivo, jateamento da superfície dentária com óxido de alumínio 50 μm e aplicação do adesivo, e condicionamento com ácido fosfórico da superfície dentária e jateamento da base do bráquete com óxido de alumínio 50 μm e aplicação do adesivo, revelaram para os dois tipos de adesivo que somente o condicionamento ácido foi suficiente para criar uma resistência de união entre as superfícies, e o jateamento da base do bráquete enfraqueceu a resistência provavelmente devido à

redução de contato entre a malha do bráquete e o adesivo. A avaliação do Índice de Adesivo Remanescente (IAR) neste estudo mostrou que ocorreu uma alta frequência de ruptura entre o bráquete e o adesivo nos grupos com condicionamento ácido, e ruptura entre o esmalte e o adesivo nos grupos que tiveram a superfície dentária jateada.

Chung et al. (24) examinaram o efeito do tratamento superficial com jateamento na força de colagem de bráquetes ao esmalte dentário, ao amálgama e a cerâmica. Os espécimes de esmalte foram divididos em três grupos: sem tratamento, condicionamento com ácido fosfórico 36%, e jateamento com óxido de alumínio 50 μm . Os grupos de amálgama e cerâmica tiveram a superfície jateada com a mesma partícula. Os autores verificaram que o jateamento proporcionou rugosidades significativas em todas as superfícies, entretanto, a resistência de união ao esmalte foi maior quando foi utilizado o condicionamento ácido. Nas demais superfícies, o jateamento promoveu resistência de união clinicamente aceitável.

Pakshir, Zarif Najafi e Hajipour (25) compararam a resistência de união de bráquetes metálicos no processo de recolagem após preparo do esmalte dentário com condicionamento ácido e jateamento com óxido de alumínio 50 μm . Primeiramente, foi realizada a colagem de bráquetes em 50 pré-molares através do condicionamento ácido, aplicação do primer e do adesivo de colagem. Todos os bráquetes foram descolados e os resíduos de adesivos foram removidos com broca em baixa rotação. Num segundo momento, o qual conferiu os resultados da pesquisa, 25 dentes tiveram a superfície condicionada somente com ácido fosfórico e os demais 25 sofreram jateamento e condicionamento ácido previamente a nova colagem de bráquetes. O estudo mostrou que o uso combinado do jateamento e do condicionamento ácido não mostrou maiores benefícios em termos de aumentar a resistência de união. Apesar de não ter ocorrido diferença estatisticamente significativa entre os grupos, para uma determinada força aplicada, a probabilidade de fratura foi maior no grupo tratado superficialmente somente com ácido fosfórico.

Olsen et al. (26) compararam o tradicional condicionamento ácido com a técnica de preparo da superfície dentária através do jateamento. Sessenta terceiros molares foram divididos em três grupos conforme o preparo da superfície: condicionamento com ácido fosfórico 37%, jateamento com óxido de alumínio 50

μm , e $90 \mu\text{m}$. Bráquetes metálicos foram colados nas superfícies pré-tratadas e posteriormente realizou-se a descolagem dos mesmos. Observou-se com os resultados que nos grupos onde o preparo das faces dos dentes foi realizado com jateamento, a resistência de união foi significativamente menor em relação ao ácido fosfórico, independente do tamanho da partícula e, ainda, promoveu uma remoção irreversível dos componentes orgânicos e inorgânicos do esmalte.

Berk, Başaran e Ozer (20) investigaram a colagem de tubos ortodônticos na superfície de molares que foram condicionadas com ácido fosfórico, ou com jateamento de óxido de alumínio $50 \mu\text{m}$ ou com laser Er,Cr:YSGG. Nos grupos onde foi utilizado o laser, a potência foi variada de 0,5 W, 0,75 W, 1 W, 1,5 W a 2 W. Os autores observaram que o jateamento e o laser com potência de 0,5 W, 0,75 W e 1 W não foram capazes de promover um condicionamento da superfície suficiente para a colagem dos tubos. Em contrapartida, a aplicação de laser com 1,5 W e 2 W poderia ser uma alternativa à técnica convencional do ataque ácido.

Lee et al. (27) investigaram a resistência na colagem de bráquetes em pré-molares que foram submetidos à tratamento do esmalte com ácido fosfórico, laser Er:YAG e a combinação de ambos os tratamentos. Um grupo recebeu somente aplicação do ataque ácido. Em outro grupo, foi aplicado somente o laser. Num terceiro grupo foram aplicados o ácido fosfórico e posteriormente o laser. Num último grupo foi aplicado o laser previamente ao ácido fosfórico. Os autores concluíram que o laser promoveu resistência de união semelhante ao condicionamento ácido, porém uma resistência menor foi verificada com a combinação dos tratamentos.

Ao longo dos anos, tem-se verificado um aumento na procura por tratamento ortodôntico pela população adulta. Muitos desses pacientes apresentam dentes com materiais restauradores como amálgama, resina composta, porcelana ou com provisórios de acrílico. Frente a isso, o ortodontista se depara com a necessidade e, muitas vezes, dificuldade de realizar a colagem de bráquetes nestes materiais, que podem necessitar procedimentos diferentes da colagem em esmalte dentário.

2.2 Dentes artificiais de acrílico e a colagem ortodôntica direta na sua superfície

Em meados do início da Segunda Guerra Mundial, o uso da borracha natural foi proibido para a fabricação de vulcanite, principal polímero usado até então. Em decorrência, surgiram as resinas acrílicas quimicamente ativadas e seu uso teve uma rápida expansão, já que estava disponível desde 1936 na forma pó/líquido (28). As resinas usadas em Odontologia são baseadas no metacrilato, principalmente o metacrilato de metila (MMA).

Os dentes artificiais de acrílico são constituídos de PMMA, polímero que possui unidades estruturais derivadas do metacrilato de metila (figura 1). Possui propriedades biológicas, físicas, estéticas e econômicas razoáveis para ter sua indicação de uso no meio bucal.

O PMMA é uma resina transparente com uma claridade marcante. Possui dureza Knoop de 18 a 20 Kg/mm², resistência a tração próximo a 60 MPa, densidade de 1,19 g/cm³ e módulo de elasticidade aproximadamente 2.400 MPa. Essa resina é bastante estável, com marcante propriedade de envelhecimento. É quimicamente estável ao calor, amolece a 125°C, podendo ser moldada como um material termoplástico. Sua despolimerização ocorre entre esta última temperatura e 200°C. Próximo a 450°C, 90% do polímero irá se despolimerizar em monômero (29).

Os polímeros são grandes moléculas, compostas de várias (poli) partes (mero), com conformações virtualmente sem limites. São formados por unidades estruturais simples recorrentes que consistem na estrutura individual do monômero, ligadas entre si por ligações covalentes. Para os compostos químicos, um peso molecular acima de 5.000 é considerado uma macromolécula. Dentes de acrílico com ligações cruzadas podem apresentar peso molecular acima de 600.000 (29, 30). Quanto maior o peso molecular, maiores os pontos de fusão e amolecimento e mais rígida a substância plástica (31) e, ainda, maior o entrelaçamento mecânico entre as cadeias.

As ligações cruzadas nos dentes de acrílico tem sido utilizadas para aumentar a resistência ao desgaste e aos solventes. O aumento destas ligações se

dá pela elevação na quantidade de agentes de ligação cruzada no líquido da resina, ou seja, no monômero. Essa ligação permite um número suficiente de pontes entre as macromoléculas lineares, para formar uma rede tridimensional, que altera a resistência, a solubilidade e a sorção de água. O efeito da ligação cruzada nas propriedades físicas varia com a composição e a concentração dos agentes de ligação cruzada e do sistema polimérico (29).

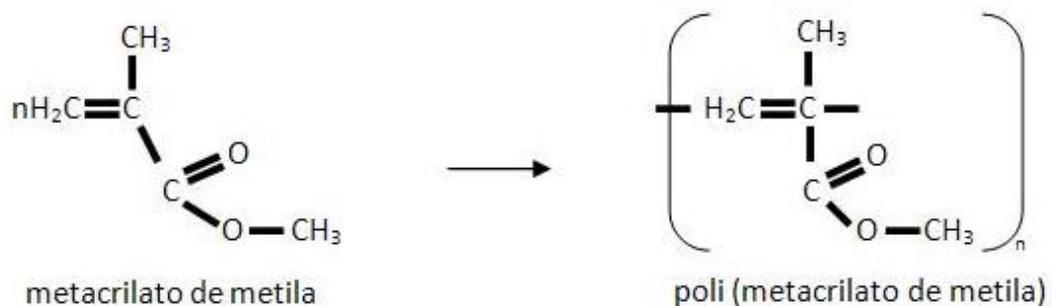


Figura 1 - Estrutura química do Polimetilmetacrilato (PMMA)

Os dentes de acrílico são produzidos em camadas e possuem diferentes pigmentos para produzir as várias cores existentes. Normalmente, um agente de ligação cruzada é utilizado para melhorar a resistência e prevenir a formação de fissuras. Estes dentes tem alta resiliência, resistência à abrasão de macia a baixa, e são insolúveis nos fluidos bucais. Entretanto, podem apresentar alguma alteração dimensional quando imersos em água. Segundo a especificação número 15 da ANSI/ADA, a alteração dimensional do dente deve estar dentro de mais ou menos 2% de sua dimensão mesiodistal original (31).

No final da década de 80, ocorreu uma modificação nos dentes de acrílico, a partir das resinas com cadeias poliméricas interpenetradas, ou seja, a resina acrílica IPN (Interpenetrating Polymer Network). As cadeias moleculares da rede de polímeros interpenetrados não são apenas cruzadas e, sim, multiplamente entrelaçadas, o que resulta em propriedades físicas melhoradas para os materiais poliméricos.

Dentes pré-fabricados de acrílico podem, de maneira simples, substituir uma ausência dentária. Possuem baixo custo, podem ser desgastados e polidos, possuem boa estabilidade de cor e são facilmente reparados (32). A união deste material à compósitos, como por exemplo, o adesivo ortodôntico para colagem de bráquetes, pode ser fraca, necessitando a realização de alguns orifícios no acrílico com broca para promover retenção mecânica e evitar fratura devido ao estresse oclusal, como sugerem Geiger e Gorelick (6). Tratamentos superficiais como jateamento com óxido de alumínio e ranhuras com broca diamantada promovem irregularidades que contribuem com o aumento da área superficial, favorecendo a união entre materiais (33-38).

Chay et al. (5) avaliaram os efeitos de diferentes tratamentos de superfície e o envelhecimento na resistência de união de bráquetes colados à resina acrílica autopolimerizável (PMMA) e à resina composta (bis-GMA). Para cada material foram utilizados 120 amostras, que foram divididas em dois grupos: um foi armazenado em água destilada a 35°C durante uma semana, e o outro durante um mês. Após o período de armazenagem, cada grupo foi subdividido em três, conforme o tratamento da superfície: sem tratamento (controle), polimento com pedra, e jateamento com óxido de alumínio 50 um. A colagem dos bráquetes foi realizada com adesivo Transbond XT após a aplicação de ácido fosfórico 37% durante 30 segundos e do primer. Após a colagem, os corpos de prova foram imersos novamente em água destilada por uma semana e, então, realizado o teste de descolagem e avaliação do IAR. Os resultados deste estudo mostraram que a resistência de união foi muito maior quando a colagem foi feita sobre resina composta do que quando realizada sobre a resina acrílica, independente do tratamento superficial e do tempo. Em ambos os materiais, quando comparados a si mesmos, o tratamento superficial e o tempo influenciaram na resistência de união. Os autores concluíram que a resistência de união entre bráquetes ortodônticos e materiais provisórios depende do material, do tratamento de superfície e do tempo. Com falhas coesivas, a colagem à resina composta mostrou resultados clínicos aceitáveis (9-12 MPa) ao contrário da colagem à resina acrílica que apresentou falhas adesivas (3-5 MPa).

Maryanchik et al. (1) compararam a resistência de união de bráquetes colados a três materiais estéticos utilizados como pôneicos (dente pré-fabricado de

acrílico, resina composta e resina acrílica). Trinta amostras de cada material foram subdivididas em dois grupos: 15 corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência de união 24 horas após a colagem dos bráquetes e armazenagem em água destilada a 37°C, e os demais 15 foram descolados após uma semana. Todos os materiais tiveram a superfície jateada com óxido de alumínio 50 um previamente a colagem e o adesivo utilizado foi Transbond XT. Após a descolagem, foram avaliadas as superfícies com lupas odontológicas com aumento de 2,5 vezes para verificar o adesivo remanescente (IAR). Os autores concluíram que em cada grupo isoladamente, só houve diferença na resistência de união para a resina acrílica nos resultados obtidos em um dia versus uma semana, ocorrendo maiores valores em uma semana. Comparando os grupos, o dente de acrílico mostrou significativamente os piores resultados nos dois tempos, e em 24 horas a resina composta revelou os maiores valores. A análise do IAR não determinou uma conclusão devido à ausência de um padrão consistente nas amostras.

Com o objetivo de comparar a resistência de união entre quatro materiais restauradores provisórios e dois diferentes tipos de bráquetes, Rambhia et al. (39) utilizaram dois agentes adesivos distintos. Foram utilizadas 40 amostras para cada material (Integrity, Jet, Protemp, Snap), sendo divididas em quatro grupos de 10 para testar os dois bráquetes (Clarity Twin e Victory Twin) e os dois adesivos (Fuji Ortho LC e Ortho Bracket Adhesive). Os resultados obtidos desta pesquisa mostraram que houve interação significativa entre os materiais e os adesivos, ocorrendo o contrário entre os bráquetes e os adesivos. Todas as falhas de colagem foram adesivas, ou seja, ocorreram entre o material provisório e o adesivo. Valores superiores na resistência de união foram encontrados nos materiais que continham bis-GMA ou “fillers” na composição (Integrity e Protemp).

2.3 Absorção de água pelos dentes de acrílico

Alterações físicas, mecânicas ou químicas na estrutura dos polímeros não são desejáveis, visto que estas mudanças podem alterar a morfologia da superfície e acarretar mudanças na rigidez dos mesmos (40). Os polímeros são materiais considerados altamente resistentes à biodegradação. Entretanto, estudos

mostraram que estes estão sujeitos a um processo de degradação no meio oral, resultante de fatores como a saliva, força mastigatória e mudanças térmicas e químicas provenientes da dieta (41).

Existe propensão do PMMA em absorver água por embebição. A polaridade deste grupo relaciona-se com o grupamento carboxílico, o que faz este absorver água, já que podem ocorrer pontes de hidrogênio com a mesma. Sua estrutura não cristalina possui alta energia interna, portanto, uma difusão molecular poderá ocorrer no interior da resina permitindo um amolecimento da estrutura. Apesar de o PMMA absorver pequenas quantidades de água, esse fato tem um efeito significativo nas suas propriedades dimensionais e mecânicas (30).

A água é um dos componentes mais abundantes na saliva e a absorção desta pelo polímero influencia propriedades como dureza, resistência flexural, resistência à deformação plástica e limite de fadiga (41-44). As macromoléculas de PMMA são altamente complexas e possuem conformação heterogênea, ocorrendo espaços vazios descontínuos e interstícios desiguais (45). As moléculas de água podem penetrar nos espaços entre as cadeias poliméricas, afastando-as. Conseqüentemente, as forças químicas secundárias de união (força van der Waals) entre as cadeias declinam e resultam no aumento de peso e volume para causar uma expansão. Quanto maior a absorção de água pelo material, maior será a alteração dimensional associada (29).

Com o tempo, a água atua como um plastificante difundindo-se dentro do polímero, e progressivamente aliviando as cadeias de polímero causando um amolecimento geral e uma perda da resistência. Conseqüentemente, ocorre uma diminuição na dureza do dente de resina acrílica (30, 41-44, 46, 47). A interferência nas cadeias poliméricas altera as características físicas do polímero resultante, devido ao relaxamento nas tensões do material.

A água absorvida pela resina acrílica permanece nas lacunas entre as cadeias poliméricas que formam a estrutura da resina. A magnitude dessas lacunas determina a quantidade de água a ser absorvida. Uma melhor polimerização da resina acrílica aumenta a sua reticulação e reduz a sorção de água (45). Componentes residuais que são liberados para o meio podem ser substituídos por moléculas de água (41).

Fatores relacionados à estrutura e à química da rede de polímeros influenciam a quantidade de difusão de água nos mesmos e o quanto estes são afetados pelo meio aquoso. O coeficiente de difusão de água do material, afeta o tempo necessário para a sua saturação. Pode-se esperar que um material dentário polimérico torne-se saturado em meio aquoso dentro de 1 a 2 meses (41, 44).

Além da hidrólise, as enzimas salivares podem degradar os polímeros através do ataque as suas cadeias, produzindo subprodutos nocivos ou deteriorando suas propriedades. Estudos mostraram que essas enzimas podem reduzir a dureza da superfície e a resistência ao desgaste (41, 44).

A presença de agentes de ligação cruzada em derivados de PMMA confere duas importantes propriedades: redução da solubilidade frente a solventes orgânicos, e redução da ocorrência de rachaduras sob estresse (48). Cadeias que possuem alta densidade de ligação cruzada tem espaços livres reduzidos na sua rede, o que limita a difusão das moléculas de um possível solvente. Portanto, quanto maior a concentração de ligações cruzadas, menor a solubilidade do polímero (44).

O grau de agentes de ligação cruzada nos dentes de acrílico é maior, por exemplo, do que nas resinas para base de dentadura. Isto aumenta a copolimerização do metilmetacrilato (MMA), resultando em menor monômero residual. Assim, esses dentes exibem maior estabilidade e melhores propriedades clínicas (30).

No estudo de Pavarina et al. (47), que avaliou a imersão de duas marcas de dentes de acrílico (Dentsply e Dental Vipi) em soluções desinfectantes e em água a 37°C durante 15, 30, 60, 90 e 120 dias, verificou-se uma correlação negativa entre a dureza e o tempo de imersão. As superfícies dos dentes tornaram-se amolecidas com a incubação em água. Isto possivelmente porque as moléculas de água podem ter interferido no emaranhado de cadeias do polímero e, então, alterado as características físicas e mecânicas do polímero.

Ao avaliar o efeito da esterilização em microondas e do armazenamento em água na dureza Vickers de dentes de resina acrílica, Campanha et al. (42) observaram que os dentes de acrílico testados (Postaris, Vipi Dent Plus, Trilux, Biolux, Artiplus) com exceção do dente Dentron da Dentsply, tiveram uma

significante diminuição na sua dureza após imersão em água durante 90 dias, comparado ao grupo controle que não sofreu absorção de água.

Poucos estudos avaliaram a dureza de dentes artificiais imersos em saliva artificial. Entretanto, Assunção et al. (43) constataram em seu estudo, que a saliva artificial atua como a água, causando o efeito plastificante no polímero e diminuindo a sua dureza. Neste estudo, oito marcas comerciais de dentes de acrílico (Artplus, Biolux, Biotone IPN, Myerson, SR Orthosit, Trilux, Trubyte Biotone, Vipi Dent Plus) foram imersos em saliva artificial durante 15, 30 e 60 dias. Foi constatado que quanto maior o tempo de armazenamento na saliva, menor a dureza Knoop para todas as marcas. Além disso, os autores verificaram que o dente SR Orthosit (Ivoclar Vivadent, Inc, Amherst, NY), por possuir na sua constituição partículas inorgânicas somadas às altas ligações cruzadas em sua estrutura, obteve a dureza de superfície mais alta em relação às demais marcas.

3. Proposição

Os objetivos do presente estudo foram, através de teste *in vitro* de resistência de união ao cisalhamento:

1. Avaliar os efeitos de diferentes tratamentos de superfície em dentes de acrílico, na colagem direta de bráquetes ortodônticos metálicos a este tipo de superfície;
2. Verificar o efeito do envelhecimento dos dentes de acrílico, na resistência de união ao cisalhamento;
3. Avaliar os tipos de fraturas obtidos após a descolagem.

4. Delineamento da Pesquisa

4.1 Composição da Amostra

A amostra foi composta por 192 dentes incisivos centrais superiores de acrílico da marca Dentsply (modelo Biotone IPN tamanho 2N, cor 62), figura 2. Os dentes foram divididos aleatoriamente em dois grupos conforme o envelhecimento ou não dos mesmos. Cada grupo foi subdividido aleatoriamente em quatro (n=24), conforme tratamento superficial realizado (Tabela I, página 37).



Figura 2: Em A, apresentação comercial dos dentes utilizados; em B, dentes selecionados para uso na pesquisa.

4.2 Envelhecimento dos dentes de acrílico

Os 96 dentes que foram submetidos ao envelhecimento foram imersos em água destilada e incubados em uma estufa de cultura modelo 002-CB (Fanem, São Paulo, Brasil), mantida ligada 24 horas por dia no laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia da PUCRS, à temperatura de 37°C durante o período de 90 dias (42, 47).

4.3 Confeção dos corpos de prova

4.3.1 Inclusão dos dentes

Para a realização do teste de resistência ao cisalhamento, os 192 dentes de acrílico foram incluídos em anéis padronizados de polivinil cloreto rígido (PVC) da marca Tigre (Joinville, SC, Brasil), com 20 mm de altura e diâmetro. O grupo que sofreu envelhecimento só foi incluído nos anéis após este processo.

A inclusão foi realizada da seguinte maneira: sobre uma lâmina de cera rosa número 7 (Clássico, Campo Limpo Paulista, SP, Brasil), foram realizadas aberturas com espátula Lecron (Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) aquecida, que se aproximasse do tamanho dos dentes. Os dentes foram posicionados no interior das aberturas confeccionadas na cera, com a face vestibular voltada para a cera, de acordo com a figura 3A, página 36. Após, as bordas da cera rosa foram plastificadas com uma espátula de cera número 31 (Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) com o intuito de fixar os dentes em posição.

Os anéis de PVC foram posicionados sobre a lâmina de cera rosa número 7, de forma a envolver todo o dente de acrílico, e pressionados de modo a permitir um perfeito vedamento. Após os anéis estarem fixados nas posições adequadas, foram preenchidos com resina acrílica autopolimerizável (Jet Clássico, São Paulo, SP, Brasil), conforme figura 3B, página 36, que foi vertida na fase arenosa.

Ao finalizar a reação de presa da resina acrílica, os dentes de acrílico incluídos nos anéis de PVC foram removidos da lâmina de cera rosa número 7 e lavados com vapor de água (Vaporetto, Polti, São Paulo, Brasil) para eliminar resíduos deixados pela cera durante o processo de inclusão (figura 4, página 36).



Figura 3 – Método de inclusão dos dentes para realização do teste. Abertura na cera nº7, sobre uma placa de vidro; anéis de PVC posicionados sobre a lâmina de cera nº7, envolvendo cada um dos dentes de acrílico, sendo preenchidos com resina acrílica autopolimerizável.



Figura 4 – Dente de acrílico incluído no anel de PVC.

4.3.2 Preparo da superfície do dente de acrílico e colagem dos bráquetes

Ambos os grupos, dentes submetidos ao envelhecimento ou não, receberam o mesmo tratamento de superfície e tipo de colagem, conforme Tabela I, página 37:

Tabela I – Tratamento superficial realizado na superfície dos dentes de acrílico

<i>Grupo*</i>	<i>Preparo da superfície dentária</i>	<i>n</i>
I, i	Condicionamento com ácido fosfórico + aplicação do primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24
II, ii	Asperização da superfície com broca diamantada + condicionamento com ácido fosfórico + aplicação do primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24
III, iii	Duas perfurações com broca diamantada na superfície + condicionamento com ácido fosfórico + aplicação do primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24
IV, iv	Jateamento da superfície com óxido de alumínio 50 µm + condicionamento com ácido fosfórico + aplicação do primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24

*I, II, III, IV = dentes sem envelhecimento;

*i, ii, iii, iv = dentes envelhecidos.

O condicionamento da superfície dos dentes de acrílico foi realizado com ácido fosfórico a 37% (Villevie, Joinville, SC, Brasil – figura 5, página 38) durante 20 segundos e posteriormente foi feita a lavagem da superfície com água destilada por 20 segundos e secagem com jato de ar da seringa tríplice por 10 segundos. Esse condicionamento foi realizado somente com o intuito de promover a limpeza da superfície dentária, já que o mesmo não produz alterações em polímeros.

O primer Transbond XT foi aplicado com auxílio de um aplicador descartável (KG Sorensen, Cotia, SP) e a colocação do adesivo Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA, EUA – figura 5, página 38) foi feita na base do bráquete (ref. 10.30.201, Morelli, São Paulo, SP, Brasil - figura 6, página 38). O mesmo foi posicionado no centro do dente, com pinça de apreensão (ref.137, Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e os excessos foram removidos com sonda exploradora (nº5, Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Foram utilizados 192 bráquetes metálicos para

incisivos centrais superiores, sendo, portanto, um bráquete para cada corpo de prova.



Figura 5 - Ácido fosfórico 37% e sistema adesivo Transbond XT®.

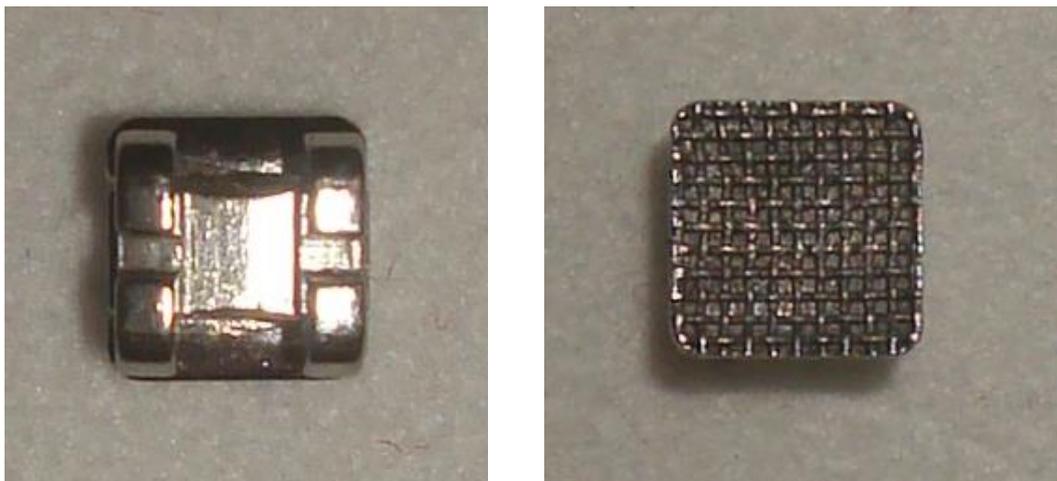


Figura 6 – Bráquete Edgewise utilizado no estudo.

Durante o processo de colagem, antes da fotoativação, foi exercida perpendicularmente a base do bráquete uma força constante de 300g (49, 50) durante 10 segundos, através de um dispositivo customizado (figura 7A e 7B, página

39). Isto promoveu o escoamento do excesso do material, padronizando a espessura do mesmo entre a base do bráquete e a superfície do dente.

A fotoativação foi realizada com aparelho de fotopolimerização por *Light Emitting Diode* (LED, Radii-Cal, SDI – figura 7C), sendo a intensidade de luz de 1.100 mW/cm^2 . A fotopolimerização foi feita durante 15 segundos na face mesial e 15 segundos na face distal do bráquete, totalizando 30 segundos, posicionando a ponta da fibra óptica do aparelho o mais próximo do bráquete, sem deslocá-lo.



Figura 7 – Em A e B, dispositivo para padronizar espessura do adesivo utilizado para a colagem do bráquete. Em C, aparelho de fotopolimerização por *Light Emitting Diode* (LED). Em D, posicionamento da fibra óptica do LED para a fotopolimerização.

Nos grupos II e ii, a superfície do dente foi asperizada com uma broca diamantada 2143 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil – figura 8A, página 41). A mesma foi passada na face vestibular do dente quatro vezes, no sentido da esquerda para a direita, sem refrigeração.

Nos grupos III e iii, foram realizadas, na superfície dentária, duas perfurações com broca diamantada 1012 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil – figura 8B, página 41). Foi delimitada a região da perfuração através de uma máscara de silicóna de adição colocada sobre a superfície, e os orifícios foram feitos através do acionamento da caneta de alta rotação (Kavo, Joinville, SC, Brasil) num movimento único, sem lateralidade, até a penetração total da ponta ativa da broca.

Nos grupos IV e iv, foi realizado na superfície dentária o jateamento com óxido de alumínio 50 µm de espessura (Microjato, BioArt, São Carlos, SP, Brasil – figura 8C, página 41) por 10 segundos a uma distância de 1 cm da superfície vestibular do dente artificial. A distância mantida entre a amostra e a ponteira do microjato foi padronizada com um anel de cera adaptado ao tubo de PVC com uma altura de 1 cm, em posição perpendicular à superfície dentária. Em seguida, as superfícies das amostras foram abundantemente lavadas com jatos de água para remoção das partículas de óxido de alumínio e o excesso de água removido com papel absorvente.

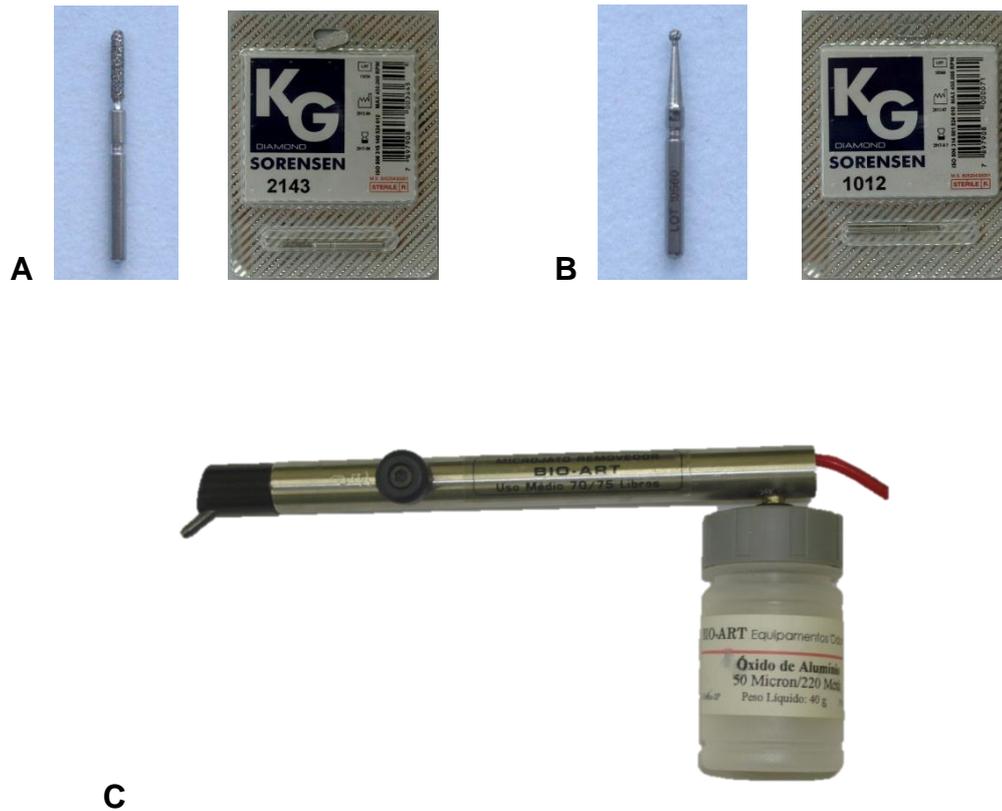


Figura 8: Em A, broca para realizar a asperização; em B, broca para efetuar as perfurações; em C, micro jato para executar o jateamento.

Após a colagem dos bráquetes, os corpos de prova foram armazenados em recipiente fechado e imersos em água destilada a 37°C durante 7 dias. Posteriormente a este período, foi realizada a descolagem dos bráquetes por meio de ensaio mecânico de cisalhamento.

Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo operador para assegurar a consistência das amostras.

4.4 Ensaio mecânico

Foi utilizada, para todos os corpos de prova, matriz de cisalhamento de carregamento por cinzel, com sistema de guilhotina. A matriz (figura 9A, página 42) foi posicionada na máquina de ensaio universal (EMIC 2000, São José dos Pinhais,

PR, Brasil – figura 9, página 42) de forma que o ponto de aplicação da força e a direção da mesma estivessem consistentes para todos os corpos de prova. A direção da força de descolagem foi paralela à superfície vestibular do dente de acrílico em direção ocluso-gengival (51). A posição da haste em relação ao suporte permitiu a aplicação de força na região do sulco entre a base do bráquete e as aletas, onde se encaixam as ligaduras (figura 9B), sendo empregada uma velocidade de 0,5 mm/min até ocorrer a ruptura entre o bráquete e o dente de acrílico.

A máquina de ensaio foi conectada a um computador equipado com o software Mtest, que registrou os valores de resistência de união obtidos em MPa, que foi calculado dividindo a força máxima obtida em Newtons pela área da base do bráquete em mm², neste caso 14,82mm². A área do bráquete foi verificada por paquímetro digital.

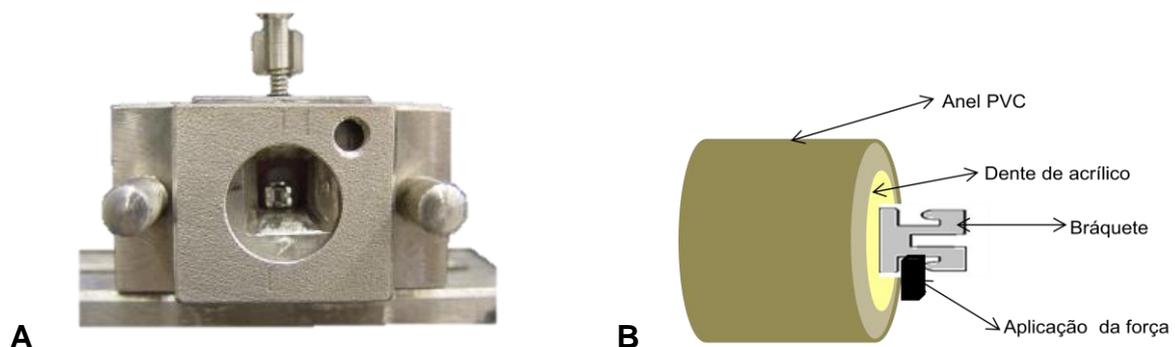


Figura 9 – Em A, corpo de prova posicionado para realização do ensaio mecânico. Em B, representação da localização da aplicação da força durante a descolagem.

4.5 Análise dos tipos de fratura

Após o teste de cisalhamento, a superfície vestibular dos dentes de acrílico e a base dos respectivos bráquetes foram analisadas com lupa com aumento de 4 vezes, para que se determinasse o padrão de fratura, que foi avaliada baseada no Índice de Adesivo Remanescente (IAR), com adequação dos escores da classificação segundo Årtun e Bergland (52), Tabela II, página 43.

Tabela II – Índice de Adesivo Remanescente (IAR)

Índice	Quantidade de resina aderida ao dente de acrílico
0	Sem resina composta aderida ao dente
1	Menos da metade de resina composta aderida ao dente
2	Mais da metade de resina composta aderida ao dente
3	Toda resina composta aderida ao dente, inclusive impressão da malha.

Como forma de ilustração, duas amostras representativas de cada índice foram examinadas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (figuras 10 a 13, página 50 e 51). As amostras foram removidas do tubo de PVC e posicionadas em *stubs* (base de alumínio para Microscópio Eletrônico de Varredura), por meio de fita dupla face de carbono. Após, foram cobertas por uma fina camada de paládio e levadas para observação ao MEV (Philips XL 30) em aumento de 35 vezes.

4.6 Análise estatística

A análise dos dados foi realizada através do software comercial SPSS 20.0 (IBM Corp., Armonk, New York). Previamente foram aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificar a normalidade. De acordo com os testes, observou-se padrão de distribuição não normal sendo necessária a transformação logarítmica da variável dependente (resistência de união). As diferenças entre os grupos foram, então, analisadas estatisticamente através de ANOVA de duas vias e teste de comparações múltiplas de Tukey. Diferenças no IAR foram avaliadas com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os resultados foram considerados significativos a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

5. Resultados

As Tabelas III e IV e o Gráfico 1 (página 46), apresentam a análise estatística dos valores médios de resistência de união (MPa) para os oito grupos avaliados.

Tabela III – Análise de variância

<i>Fontes de Variação</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Entre os grupos	1651,623	7	235,946	22,317	0,00
Dentro dos Grupos	1945,334	184	10,572		
Total	3596,957	191			

Tabela IV – Comparação dos valores de resistência de união obtidos (MPa) nos oito grupos.

<i>Grupo</i>		<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>95% Intervalo de confiança para a média</i>		<i>Significância p<0,05*</i>
					Limite inferior	Limite Superior	
Dentes sem envelhecimento	Sem tratamento	24	1,25	0,98	0,84	1,67	d
	Asperização com broca	24	5,56	3,78	3,96	7,15	bc
	Perfuração com broca	24	6,79	3,51	5,31	8,27	ab
	Jateamento Al ₂ O ₃	24	7,70	3,51	6,22	9,18	ab
Dentes envelhecidos	Sem tratamento	24	1,55	1,06	1,10	1,99	d
	Asperização com broca	24	3,90	2,55	2,83	4,98	c
	Perfuração com broca	24	7,46	2,33	6,48	8,45	ab
	Jateamento Al ₂ O ₃	24	10,21	5,63	7,84	12,59	a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si para o teste de Tukey ($p<0,05$)

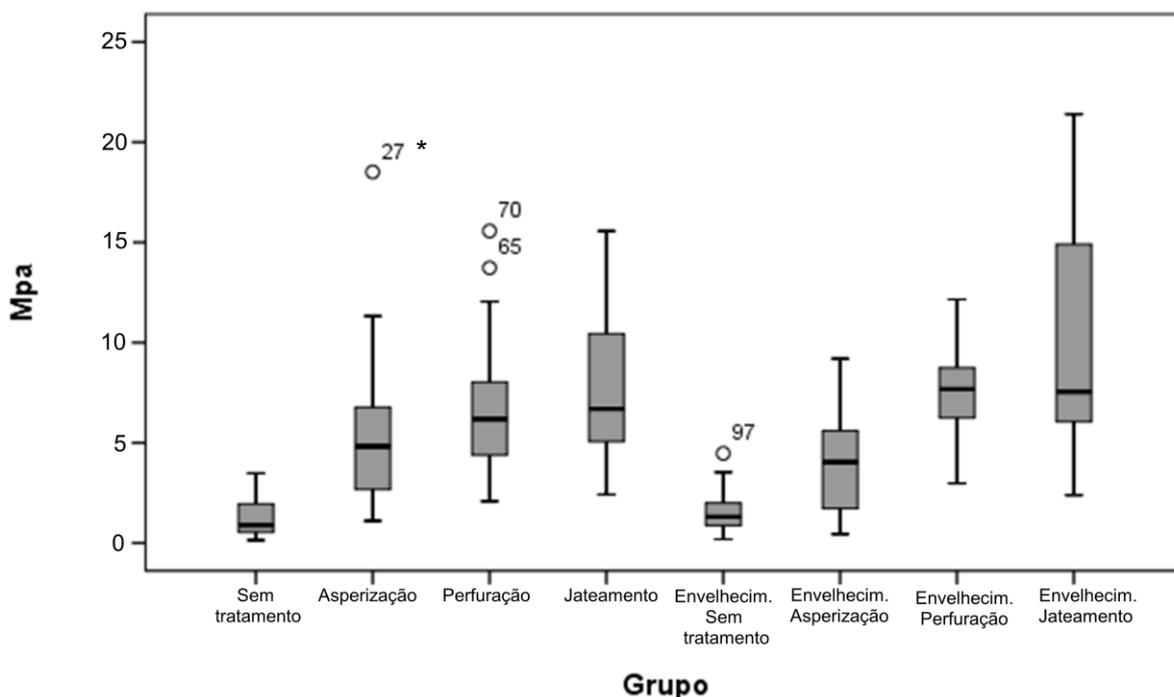


Gráfico 1 - Representação gráfica dos resultados para o teste de resistência de união. * corpos de prova considerados outliers

Os valores obtidos no teste de cisalhamento para os diferentes tratamentos de superfície e envelhecimento dos dentes de acrílico evidenciaram comportamento distinto entre os grupos.

O tratamento de superfície dos dentes de acrílico influenciou a resistência de união, ao contrário do fator envelhecimento que não mostrou ser significativo nos grupos. Todos os grupos que receberam tratamento superficial apresentaram valores maiores e significativos na resistência de união em relação aos grupos onde os dentes de acrílico não tiveram sua superfície alterada.

Os resultados do teste de resistência de união para os grupos que não foram envelhecidos não demonstraram diferenças estatisticamente significativas para os tratamentos mecânicos realizados. Contudo, observou-se diferença relevante, do ponto de vista estatístico, dos grupos que sofreram tratamento superficial para o grupo que não teve a superfície alterada, ocorrendo o aumento da resistência de união com a realização do tratamento superficial.

Considerando os grupos que sofreram envelhecimento, observou-se não haver diferenças estatísticas entre o jateamento e a perfuração com broca e, além disso, ambos os tratamentos mostraram-se diferentes estatisticamente à asperização com broca, que favoreceu menores valores de resistência de união. No entanto, todos os tratamentos superficiais proporcionaram aumento na resistência de união quando comparados a não realização dos mesmos.

A Tabela V e o Gráfico 2 (página 48) apresentam a frequência e distribuição do Índice de Adesivo Remanescente (IAR) dos oito grupos testados.

Tabela V - Frequência e distribuição dos escores do Índice de Adesivo Remanescente entre os grupos.

Grupo		IAR			
		0	1	2	3
Dentes sem envelhecimento	Sem tratamento	24	0	0	0
	Asperização com broca	4	13	7	0
	Perfuração com broca	0	22	2	0
	Jateamento Al ₂ O ₃	7	9	6	2
Dentes envelhecidos	Sem tratamento	24	0	0	0
	Asperização com broca	21	0	3	0
	Perfuração com broca	0	24	0	0
	Jateamento Al ₂ O ₃	9	2	12	1
Total		89	70	30	3

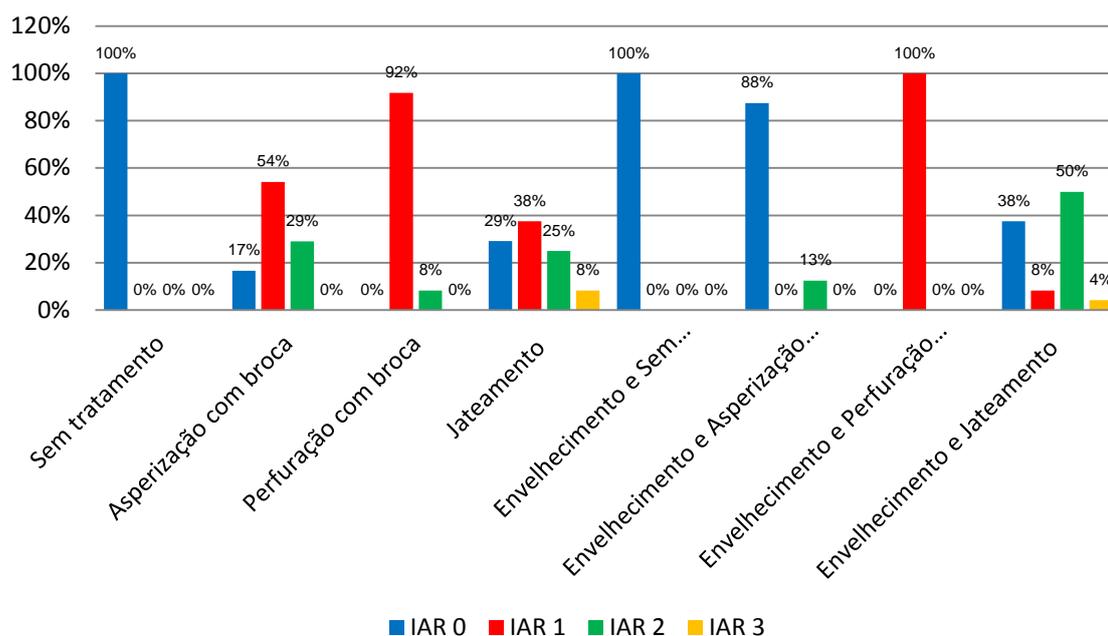


Gráfico 2 - Distribuição e frequência dos escores do Índice de Adesivo Remanescente entre os grupos.

A Tabela VI apresenta a análise estatística do Índice de Adesivo Remanescente.

Tabela VI – Resultados dos *Ranks* Médios do teste Kruskal-Wallis.

<i>Grupo</i>		<i>n</i>	<i>Rank médio</i>
Sem absorção de água	Sem tratamento	24	45,00
	Asperizado com broca	24	125,83
	Perfuração com broca	24	128,67
	Jateamento Al ₂ O ₃	24	119,35
Absorção de água por 90 dias	Sem tratamento	24	45,00
	Asperizado com broca	24	61,19
	Perfuração com broca	24	124,50
	Jateamento Al ₂ O ₃	24	122,46
Total		192	

Os resultados do teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis* ($p < 0,05$) evidenciaram a existência de diferença significativa para os escores IAR entre os grupos estudados.

Observou-se comportamento distinto entre os grupos, entretanto, houve predominância de falha adesiva entre a interface dente/adesivo para todos os grupos. Somente nos grupos onde se realizou o jateamento da superfície dentária, ocorreu falha coesiva na interface adesivo/bráquete em algumas poucas amostras (1,6%).

Os grupos que não receberam tratamento superficial apresentaram 100% de falhas com escore 0, ou seja, todo o adesivo ficou aderido ao bráquete após a descolagem.

Todos os tratamentos de superfície, no grupo que não sofreu envelhecimento, promoveram uma predominância de falhas com escore 1, ou seja, menos da metade do adesivo ficou aderido à superfície do dente de acrílico. Em contrapartida, com o envelhecimento dos dentes, os tratamentos superficiais determinaram falhas na descolagem com escores distintos entre si. A asperização com broca determinou predominância de escore 0 (88%), perfuração com broca escore 1 (100%), e o jateamento escore 2 (50%) (mais da metade do adesivo aderido ao dente).

O Gráfico 3 demonstra o Índice de Adesivo Remanescente – IAR, de toda amostra avaliada.

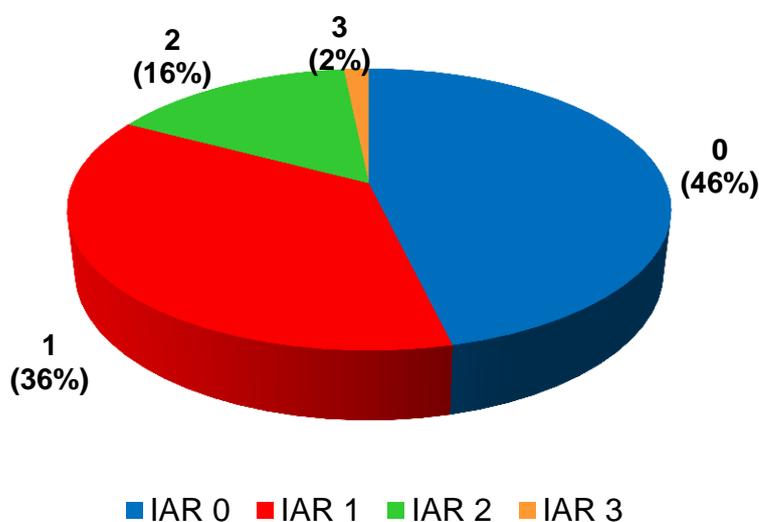


Gráfico 3 - Distribuição dos índices de adesivo remanescente de toda a amostra

As Figuras 10 a 13 (páginas 50 a 51) ilustram os Índices de Adesivo Remanescente encontrados no estudo.

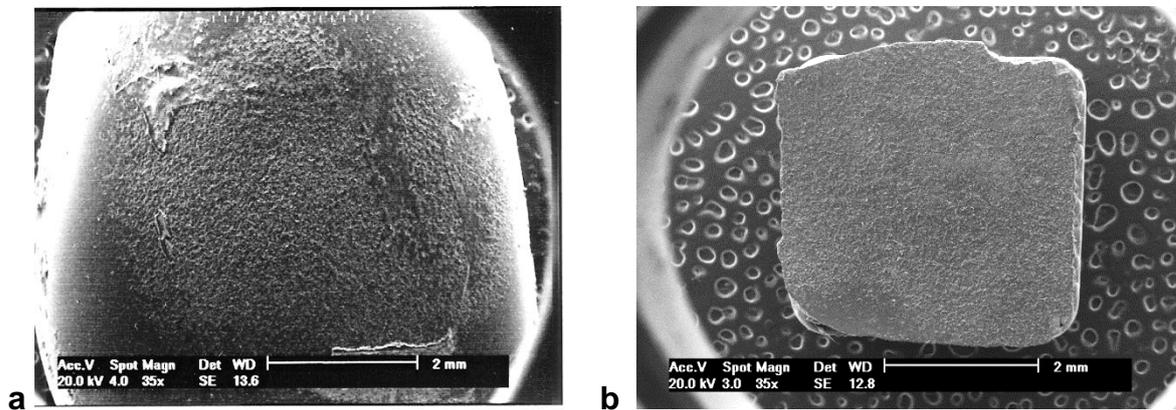


Figura 10 – Índice 0: a) Sem resina composta aderida ao dente.

b) Toda resina composta aderida ao bráquete.

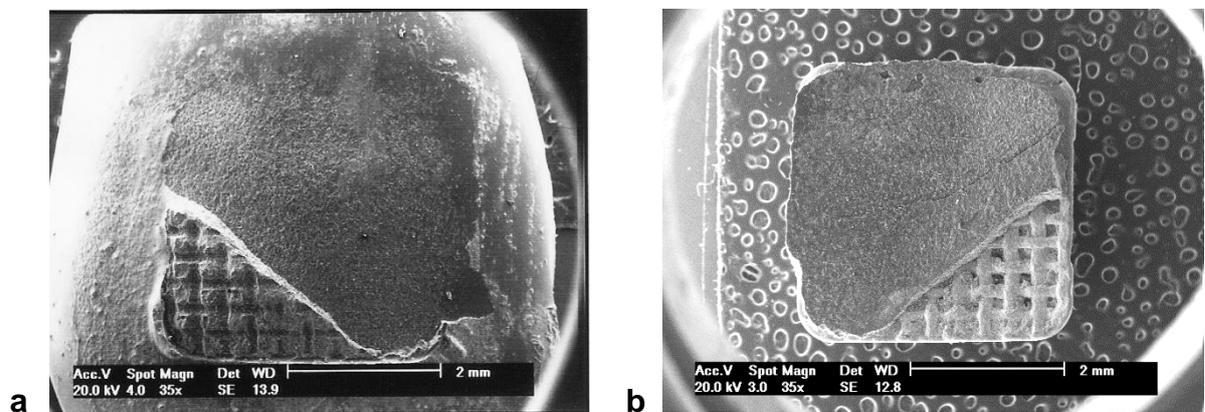
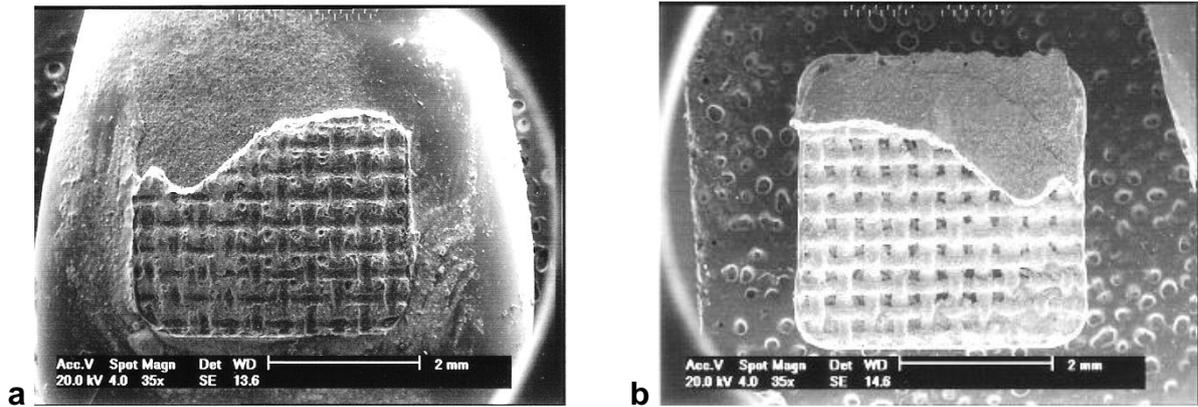
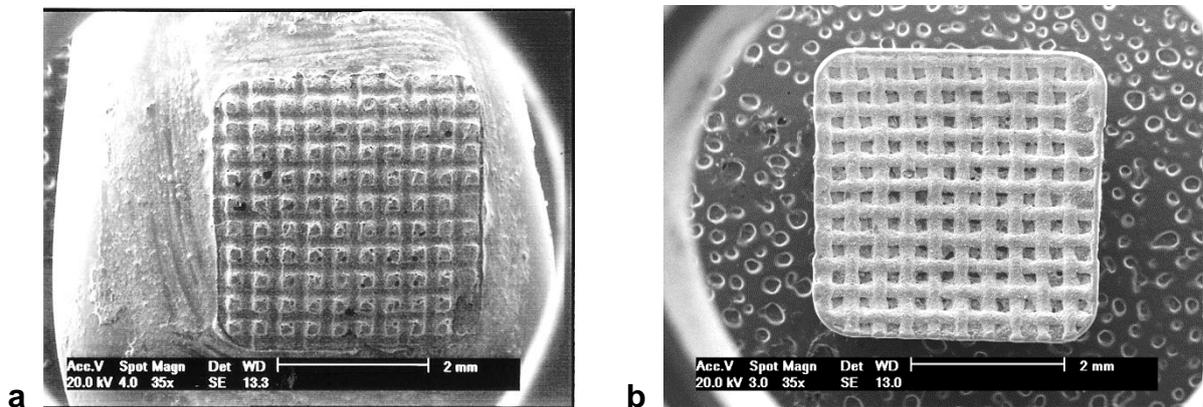


Figura 11 - Índice 1: a) Menos da metade da resina composta aderida ao dente.

b) Mais da metade da resina composta aderida ao bráquete



**Figura 12 - Índice 2: a) Mais da metade da resina composta aderida ao dente.
b) Menos da metade resina composta aderida ao bráquete.**



**Figura 13 - Índice 3: a) Toda resina composta aderida ao dente, inclusive a impressão da malha do bráquete.
b) Sem resina composta aderida ao bráquete**

6. Discussão

O desenvolvimento da colagem direta de bráquetes ortodônticos à superfície dentária em meados dos anos 1960 revolucionou a Ortodontia. Desde então, tornou-se uma prática usual pelos ortodontistas devido a sua praticidade e eficiência. A procura por tratamento ortodôntico corretivo pela população adulta nos últimos anos aumentou de forma significativa e isso contribuiu à necessidade da união de bráquetes à superfícies de materiais restauradores como amálgama, cerâmica, ouro, resina composta e resina acrílica.

A utilização de coroas protéticas provisórias torna-se inevitável em tratamentos multidisciplinares, onde a colocação de restaurações definitivas torna-se viável após a movimentação dentária até sua posição ideal (5, 38). Manutenção de espaço com pânticos provisórios nos casos de perda dentária por trauma, problema periodontal e ausência congênita, e preencher temporariamente sítios de extração dentária no tratamento ortodôntico com dentes de estoque (1, 6), são procedimentos frequentes no dia a dia do ortodontista. Frente a estas situações que, muitas vezes, tornam-se desafiadoras do ponto de vista da colagem ortodôntica, este estudo teve por objetivo verificar um método de colagem eficiente, sendo capaz de atender às necessidades mecânicas do tratamento ortodôntico e da força mastigatória, já que a união de bráquetes à superfície acrílica é vista como frágil pelos profissionais.

A seleção da amostra desta pesquisa procurou ser padronizada, tendo sido utilizados dentes do mesmo grupo (incisivos centrais), de tamanho igual (2N) e da mesma marca comercial (Dentsply). Sistematizou-se a confecção dos corpos de prova, empregando o sistema adesivo Transbond XT® que é amplamente empregado em estudos na avaliação de resistência de união de bráquetes, e uniformizou-se a espessura do mesmo entre a base do bráquete e a superfície do dente através de um dispositivo customizado que exerceu força igual em todos os espécimes durante a colagem. Assim, a espessura do adesivo como variável que poderia influenciar a resistência de união foi amplamente reduzida ou eliminada.

O período de envelhecimento dos dentes foi baseado em estudos da literatura que observaram alterações nos dentes de acrílico após a absorção de água. No estudo de Pavarina et al. (47) onde dentes de acrílico de duas marcas comerciais ficaram armazenados em água destilada durante 15, 30, 60, 90 e 120 dias, houve uma significativa correlação negativa entre a dureza e o tempo de armazenamento. Ainda assim, Campanha et al. (42) concluíram em sua pesquisa

que avaliou a influência da imersão em água e da esterilização com micro ondas na dureza Vickers de seis marcas comerciais de dentes de estoque, que quando imersos durante o período de 90 dias, os dentes de acrílico sofreram um amolecimento da sua superfície.

Simulação precisa do meio oral nos testes laboratoriais seria o ideal para tornar os resultados dos testes *in vitro* clinicamente relevantes. Entretanto, devido às inúmeras condições envolvidas no meio oral, como temperatura, acidez, humidade e concentração de placa, esta reprodução exata torna-se uma meta irreal. Apesar das variáveis existentes nestes ensaios, o teste de resistência ao cisalhamento tem sido o método mais amplamente referenciado na literatura para avaliar a resistência de união entre bráquetes ortodônticos e diferentes superfícies (23, 33, 36, 53, 54), pois melhor representa as forças atuantes sobre os bráquetes numa situação clínica comumente observada (55). Este teste normalmente envolve uma combinação de forças complexas, pois a força é aplicada a certa distância da interface de união (51), efetivamente sendo duas interfaces envolvidas. Na presente pesquisa, a descolagem dos bráquetes foi realizada em máquina universal de ensaio, a uma velocidade de 0,5 mm/min, padrão mais encontrado nos estudos incluídos na revisão sistemática de Finnema et al. (4).

Os resultados desta pesquisa sugerem que a colagem de bráquetes em dentes de acrílico com adesivo a base de bis-GMA, apresenta união fraca e clinicamente inviável, situação que pode ser contornada através de alguns tratamentos realizados na superfície do dente.

A presença das forças mastigatórias e da movimentação ortodôntica exige que a união de bráquetes ortodônticos a qualquer superfície resista de 6 a 8 MPa (2). Nos grupos avaliados, os valores numéricos das médias de resistência de união mostraram que somente a realização de jateamento com óxido de alumínio e a realização de orifícios na superfície do acrílico permitiram uma união aceitável, independente do envelhecimento dos dentes.

O jateamento da superfície dentária com óxido de alumínio previamente a colagem ortodôntica produziu os maiores valores de resistência de união, sendo estatisticamente significativo em relação à asperização com broca e à

ausência de tratamento mecânico. Entretanto, não teve diferença significativa em relação à perfuração com broca.

O condicionamento com óxido de alumínio cria retenção mecânica, além de promover irregularidades que contribuem com o aumento da área superficial. Possivelmente devido a isso, os melhores valores encontrados foram nos grupos com este tipo de tratamento. Confirmando esse resultado, Chay et al. (5) observaram que o tratamento superficial influencia a resistência de união em materiais provisórios, onde o jateamento promoveu melhora na resistência de união de bráquetes à derivados de PMMA. Em estudos que envolveram outras superfícies, como cerâmica, amálgama e ouro (33-37), também se observou o benefício do óxido de alumínio na colagem ortodôntica. De acordo com Jost-Brinkmann, Drost e Can (37), o jateamento é um procedimento que melhora a retenção, envolvendo um pequeno trabalho extra, podendo ser realizado durante 2 a 4 segundos. As partículas de óxido de alumínio suspensas no ar durante o jateamento intra oral podem ser evitadas através de um dispositivo sugerido por Reston, Closs e Sato (56) que confina a área de aplicação e tem conectado a si um equipamento que promove a aspiração do óxido de alumínio.

Assim como o jateamento com óxido de alumínio, a realização de orifícios com broca diamantada na superfície do dente de acrílico intensificou a resistência de união do bráquete ao dente neste estudo. As macrorretenções mecânicas criadas pelas perfurações promoveu uma superfície retentiva, permitindo uma união clinicamente aceitável, o que vai de encontro à afirmativa de Geiger e Gorelick (6), que sugerem a existência de orifícios na superfície acrílica para evitar fraturas na união à compósitos.

As rugosidades criadas pela asperização com broca diamantada não foram suficientes para gerar uma união viável entre a superfície do dente e a base do bráquete nesta pesquisa. Apesar da superfície macroscopicamente rugosa, poucas reentrâncias foram microscopicamente criadas, o que não gerou retenção mecânica suficiente para suportar a descolagem. No estudo de Zachrisson, Büyükyilmaz e Zachrisson (33) este mesmo padrão foi encontrado sobre a superfície de amálgama, quando avaliada a colagem ortodôntica sobre esta superfície. A broca produziu uma superfície visualmente rugosa, entretanto poucas retenções foram

observadas na MEV, ao contrário do jateamento com óxido de alumínio que, na mesma pesquisa, produziu uma superfície fosca, mas microscopicamente com múltiplas reentrâncias.

A colagem do bráquete diretamente à superfície do dente de acrílico, sem a realização de qualquer tratamento, mostrou, para ambos os grupos testados, que a média de resistência de união ficou próxima a 1 MPa, valor muito abaixo do mínimo recomendado (6 MPa). A união de materiais quimicamente diferentes na sua composição (PMMA e bis-GMA) não permitiu uma união adequada. Além disso, existem poucos sítios de ligação nos dentes de acrílico, devido a sua fabricação sobre alta pressão e temperatura (1), contribuindo para esta fraca ligação. A ausência de retenção mecânica na superfície acrílica inviabiliza a colagem de bráquetes com sistema resinoso a esta superfície.

Na presença de água, o PMMA fica propenso a sofrer embebição. A água atua como um plastificante, difundindo-se dentro do polímero e progressivamente aliviando as cadeias de polímero, afastando-as. Ocorre, então, um amolecimento da estrutura e uma diminuição na dureza do dente de acrílico (30, 44). Nesta pesquisa, o envelhecimento dos dentes, através da absorção de água, não mostrou influência nos resultados da resistência de união. Observaram-se valores numericamente maiores na resistência de união nos grupos que sofreram envelhecimento, entretanto, esta observação não teve significância estatística, fato já observado em outro estudo (5). O amolecimento da superfície pode ter promovido o aumento de porosidades na superfície dentária, favorecendo a uma melhor união nos dentes envelhecidos.

As amostras, após a descolagem, foram analisadas para que se determinasse o local das fraturas encontradas. Para tanto, adequou-se o Índice de Adesivo Remanescente (IAR) proposto por Årtun e Bergland, descrito na Tabela II (página 43), para realizar a análise. A distribuição dos escores nos grupos experimentais não ocorreu de maneira semelhante, havendo diferença estatisticamente significativa entre eles ($p < 0,05$).

Os resultados mostram que, após a descolagem, 46% das amostras apresentaram todo o adesivo aderido à base do bráquete (índice 0), indicando que o modo de falha predominante foi na interface dente/adesivo para todos os grupos

testados, concordando com a tendência dos escores observados no estudo de Chay et al. (5). Nesta pesquisa, apenas 2% de toda amostra apresentou falha coesiva na interface adesivo/bráquete (índice 3), sendo que este padrão ocorreu somente nos grupos onde foi realizado o jateamento com óxido de alumínio.

Os grupos que não sofreram tratamento na sua superfície mostraram falhas índice 0 em todos os corpos de prova testados (100%). A resistência coesiva do adesivo foi maior que a resistência promovida entre a superfície do dente e o adesivo. Contrastando estes grupos, nas amostras onde foram realizadas perfurações, nenhuma ocorrência de índice 0 foi observada. Entretanto, a prevalência de falhas também foi adesiva, pois houve predominantemente falhas índice 1 nos espécimes.

Semelhante aos grupos citados acima, a asperização com broca diamantada também favoreceu à falha adesiva. Entretanto, a distribuição dos índices do IAR deu-se de forma diferente entre o grupo que não sofreu envelhecimento e o que foi envelhecido. Observou-se maior ocorrência de índice 1 no grupo sem envelhecimento, porém, índice 0 e 2 também foram encontrados. Já no grupo com dentes envelhecidos, a maior frequência observada foi o índice 0, entretanto, também foi observado índice 2.

As falhas adesivas também foram superiores nos grupos onde se aplicou o jateamento com óxido de alumínio. Entretanto, diferentemente de todos os tratamentos de superfície, o jateamento promoveu falha coesiva em algumas amostras após a descolagem dos bráquetes. Todo o adesivo ficou aderido à superfície do dente de acrílico, mostrando que, a resistência de união promovida entre o dente e o adesivo pelo jateamento foi maior que o embricamento mecânico proporcionado pela base do bráquete. Isso poderia sugerir uma qualidade maior na adesão à superfície acrílica com este tipo de tratamento mecânico.

A colagem de bráquetes a dentes de acrílico frequentemente é uma preocupação na rotina do consultório, pois em muitas experiências vivenciadas, os ortodontistas relatam a dificuldade desta união resistir ao longo do tratamento ortodôntico.

Os resultados desta pesquisa sugerem que a colagem de bráquetes a dentes de acrílico pode resistir aos esforços mastigatórios e ortodônticos se for

realizado na superfície do dente artificial retenções mecânicas através de jateamento com óxido de alumínio ou de perfurações com broca, independente se os dentes forem recém adquiridos ou se já tiverem sofrido envelhecimento. Caso contrário, a descolagem provavelmente ocorrerá, dificultando o tratamento ortodôntico. Cabe a cada profissional a decisão pela técnica a ser realizada.

Os resultados desta investigação científica foram obtidos por meio de estudo *in vitro*. Portanto, é preciso enfatizar o bom senso na interpretação desses resultados, já que estes experimentos são base para a introdução de técnicas a serem avaliadas clinicamente. Ainda, pesquisas futuras são necessárias para testar a colagem de bráquetes à dentes de acrílico com outro agente de união, para verificar a existência de uma união mais resistente.

7. Conclusão

Com base nos resultados da presente pesquisa, pode-se concluir que:

1. O tratamento de superfície em dentes de acrílico aumentou a resistência de união na colagem de bráquetes a estes dentes;
 - 1.1. Jatear com óxido de alumínio e perfurar com broca a superfície de dentes de acrílico produz resistência de união clinicamente aceitável para a colagem ortodôntica;
 - 1.2 Asperizar com broca ou não realizar nenhuma modificação na superfície do dente de acrílico produz resistência de união abaixo do recomendado nos tratamentos ortodônticos;
2. O envelhecimento dos dentes de acrílico não influenciou a resistência de união;
3. Houve predomínio de falhas adesivas na descolagem entre bráquetes e dentes de acrílico.

Referências Bibliográficas

Normas Vancouver

1. Maryanchik I, Brendlinger EJ, Fallis DW, Vandewalle KS. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to various esthetic pontic materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(5):684-9.
2. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975;2(3):171-8.
3. Oesterle LJ, Shellhart WC. Effect of aging on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2008;133(5):716-20.
4. Finnema KJ, Özcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(5):615-22.e3.
5. Chay SH, Wong SL, Mohamed N, Chia A, Jin Yap AU. Effects of surface treatment and aging on the bond strength of orthodontic brackets to provisional materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(5):577.e7-.e11.
6. Geiger AM, Gorelick LG. Bonded pontics in Orthodontics. *J Clin Orthod.* 1989;23(8):551-5.
7. Carstensen W. Effect of reduction of phosphoric acid concentration on the shear bond strength of brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;108(3):274-7.
8. Graber TS, BF. *Orthodontic current and principles and techniques.* St. Louis: CV Mosby; 1985.
9. CHATZISTAVROU E ET, ZINELIS S, ATHANASIOU A E, ELIADES G. Effect of in vivo aging on the shear bond strength of an orthodontic adhesive. *Australian Orthodontic Journal* 2009 2009;25(2):123-7.
10. Tantbirojn D, Cheng YS, Versluis A, Hodges JS, Douglas WH. Nominal Shear or Fracture Mechanics in the Assessment of Composite-Dentin Adhesion? *J Dent Res.* 2000;79(1):41-8.
11. Zachrisson BU. Orthodontic bonding to artificial tooth surfaces: Clinical versus laboratory findings. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(5):592-4.
12. Vilella OV. *O Desenvolvimento da Ortodontia no Brasil.* Rio de Janeiro: Editora Pedro Primeiro; 1995.
13. Graber TM, Vanarsdall RL. *Ortodontia - Princípios e Técnicas Atuais.* 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 1996.
14. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-53.
15. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod* 1965;51(12):901-12.
16. Rossouw PE. A Historical Overview of the Development of the Acid-Etch Bonding System in Orthodontics. *Semin Orthod.* 2010;16(1):2-23.

17. Knoll MG, A J; Wolff, M S. Shear bond strenght of brackets bonded to anterior and posterior teeth. *Am J Orthod.* 1986;89:476-9.
18. Smith DC, Maijer R. Improvements in bracket base design. *Am J Orthod.* 1983;83(4):277-81.
19. Bishara SE, Fehr DE, Jakobsen JR. A comparative study of the debonding strengths of different ceramic brackets, enamel conditioners and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993;104:170-9.
20. Berk N, Başaran G, Ozer T. Comparison of sandblasting, laser irradiation, and conventional acid etching for orthodontic bonding of molar tubes. *Eur J Orthod.* 2008;30(2):183-89.
21. Reisner KR, Levitt HL, Mante F. Enamel preparation for orthodontic bonding: A comparison between the use of a sandblaster and current techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(4):366-73.
22. Halpern RM, Rouleau T. The effect of air abrasion preparation on the shear bond strength of an orthodontic bracket bonded to enamel. *Eur J Orthod.* 2010;32:224-7.
23. Abu Alhaija ESJ, Al-Wahadni AMS. Evaluation of shear bond strength with different enamel pre-treatments. *Eur J Orthod.* 2004;26(2):179-84.
24. Chung K, Hsu B, Berry T, Hsieh T. Effect of sandblasting on the bond strength of the bondable molar tube bracket. *Journal of Oral Rehabilitation.* 2001;28(5):418-24.
25. Pakshir HR, Zarif Najafi H, Hajipour S. Effect of enamel surface treatment on the bond strength of metallic brackets in rebonding process. *Eur J Orthod.* 2012;34(6):773-7.
26. Olsen ME, Bishara SE, Damon P, Jakobsen JR. Comparison of shear bond strength and surface structure between conventional acid etching and air-abrasion of human enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(5):502-6.
27. Lee BS, et al. Bond Strengths of Orthodontic Bracket After Acid-Etched, Er:YAG Laser-Irradiated and Combined Treatment on Enamel Surface. *Angle Orthod.* 2003;73(5):565-70.
28. Eden SE, Kerr WJS, Brown J. A clinical trial of light cure acrylic resin for orthodontic use. *J Orthod.* 2002;29(1):51-5.
29. Anusavice KJ. *Phillips' science of dental materials.* 11 ed. St. Louis: Elsevier Science; 2003.
30. Anusavice KJ. *Phillip's science of dental materials.* 10 ed. Philadelphia; 1996.
31. Craig RG, Powers JM. *Materiais Dentários Restauradores.* 11 ed. São Paulo: Livraria Santos Editora; 2006.
32. Christensen GJ. The fastest and best provisional restorations. *The Journal of the American Dental Association.* 2003 May 1, 2003;134(5):637-9.
33. Zachrisson B, Büyükyilmaz T, Zachrisson Y. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. *Angle Orthod.* 1995 2012/10/27;65(1):35-42.

34. Karan S, Büyükyılmaz T, Toroğlu MS. Orthodontic bonding to several ceramic surfaces: Are there acceptable alternatives to conventional methods? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(2):144.e7-.e14.
35. Ajlouni R, Bishara SE, Oonsombat C, Soliman M, Laffoon J. The Effect of Porcelain Surface Conditioning on Bonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthod.* 2005;75(5):858-64.
36. Büyükyılmaz T, Zachrisson Y, Zachrisson B. Improving orthodontic bonding to gold alloy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;108(5):510-8.
37. Jost-Brinkmann P-G, Drost C, Can S. In-Vitro Study of the Adhesive Strengths of Brackets on Metals, Ceramic and Composite. Part 1: Bonding to Precious Metals and Amalgam. *J Orofac Orthop.* 1996;57(2):76-87.
38. Blakey R, Mah J. Effects of surface conditioning on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to temporary polycarbonate crowns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 138(1):72-8.
39. Rambhia S, Heshmati R, Dhuru V, Iacopino A. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded to Provisional Crown Materials Utilizing Two Different Adhesives. *Angle Orthodontist.* 2009;79(4):784-9.
40. Asad T, Watkinson AC, Huggett R. The effect of disinfection procedures on flexural properties of denture base acrylic resins. *J Prosthet Dent.* 1992;68(1):191-5.
41. Bettencourt AF, Neves CB, Almeida MS, Pinheiro LM, Oliveira SA, Lopes LP, et al. Biodegradation of acrylic based resins: a review. *Dent Mater.* 2010;26:e171-e80.
42. Campanha NH, Pavarina AC, Vergani CE, Machado AL. Effect of microwave sterilization and water storage on the Vickers hardness of acrylic resin denture teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2005;93(5):483-7.
43. Assunção WG, Gomes ÉA, Barão VAR, Barbosa DB, Delben JA, Tabata LF. Effect of storage in artificial saliva and thermal cycling on Knoop hardness of resin denture teeth. *J Prosthodont Res.* 2010;54(3):123-7.
44. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22(3):211-22.
45. Garcia LFR, Roselino LMR, Mundim FM, Pires-de-Souza FCP, Consani S. Influence of artificial accelerated aging on dimensional stability of acrylic resins submitted to different storage protocols. *J Prosthodont.* 2010(19):432-7.
46. Campanha NH, Pavarina AC, Jorge JH, Vergani CE, Machado AL, Giampaolo ET. The effect of long-term disinfection procedures on hardness property of resin denture teeth. *Gerodontology.* 2012;29(2):e571-6.
47. Pavarina AC, Vergani CE, Machado AL, Giampaolo ET, Teraoka MT. The effect of disinfectant solutions on the hardness of acrylic resin denture teeth. *J Oral Rehabil.* 2003;30(7):749-52.
48. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection.* 2 ed. Chicago: Quintessence Publishing; 1997.

49. Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Jakobsen JR. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(1):24-8.
50. Yamada R, Hayakawa T, Kasai K. Effect of Using Self-Etching Primer for Bonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthod.* 2002 2012/10/23;72(6):558-64.
51. Klocke A K-NB. Influence of force location in orthodontic shear bond strength testing. *Dent Mater.* 2005;21(5):391-6.
52. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984;85(4):333-40.
53. Zachrisson Y, Zachrisson B, Büyükyilmaz T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109(4):420-30.
54. Brygider RM, Bain CA. Custom stent fabrication for free gingival grafts around osseointegrated abutment fixtures. *J Prosthet Dent.* 1989 Sep;62(3):320-2.
55. Millett DT, McCabe JF. Orthodontic bonding with glass ionomer cement - a review. *Eur J Orthod* 1996;18(1):385-99.
56. Reston EG, Closs LQ, Sato CT. Customized and low-cost aspirator device for intra-oral sandblasting. *Oper Dent.* 2004;29(3):354-6.

Apêndice

Apêndice A – Artigo: Efeitos de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de bráquetes a dentes de acrílico: estudo *in vitro*.

Periódico a ser submetido: The Angle Orthodontist

Introdução: O objetivo deste estudo foi, através de teste *in vitro*, avaliar os efeitos de diferentes tratamentos de superfície e do envelhecimento de dentes artificiais de acrílico na resistência de união ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos metálicos colados a este tipo de superfície. **Métodos:** Cento e noventa e dois incisivos centrais superiores de acrílico (Dentsply) foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos conforme o envelhecimento ou não dos mesmos. O envelhecimento ocorreu através da imersão em água destilada e incubação dos dentes em estufa de cultura a 37°C durante o período de 90 dias. Cada grupo foi subdividido aleatoriamente em quatro, conforme tratamento na superfície dos dentes: sem tratamento (controle), asperização com broca diamantada, perfurações com broca diamantada, e jateamento com óxido de alumínio 50µm. O procedimento da colagem dos bráquetes deu-se igualmente em todos os grupos com resina Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA, EUA). Após uma semana de estocagem em água destilada a 37°C, os corpos de prova foram levados à máquina de ensaio universal (Emic DL 2000®) e submetidos à tensão de cisalhamento, no sentido ocluso-cervical, à velocidade de 0,05mm/min. Os tipos de fratura foram classificados de acordo com o Índice de Adesivo Remanescente (IAR). Os dados foram analisados pelos testes de ANOVA, Tukey e Kruskal-Wallis. **Resultados:** O tratamento mecânico influenciou no aumento da resistência de união, entretanto, somente o jateamento com óxido de alumínio e as perfurações com broca promoveram valores clinicamente aceitáveis de união ($p < 0,05$). O envelhecimento dos dentes não alterou de forma significativa a resistência de união. Ocorreu uma predominância de falhas adesivas, ou seja, entre a superfície dentária e o adesivo. **Conclusões:** o tratamento de superfície em dentes de acrílico aumentou a resistência de união ao contrário do envelhecimento que não influenciou na colagem de bráquetes a estes dentes. Tratamentos superfícies como jateamento com óxido de alumínio e perfuração da superfície dentária promoveram resistência de união aceitável para a colagem ortodôntica.

Palavras chave: resistência ao cisalhamento, colagem, Ortodontia, dente artificial

INTRODUÇÃO

A introdução do condicionamento ácido ao esmalte dentário por Buonocore em 1955 e da resina composta a base de bis-GMA por Bowen em 1962 permitiu o desenvolvimento da colagem direta de bráquetes ortodônticos ao esmalte dentário por Newnam em 1965. Desde então, muitos estudos *in vitro* foram realizados com o objetivo de avaliar a resistência de união da colagem entre bráquetes e o esmalte dentário, que deve suportar as forças ortodônticas e mastigatórias. A união entre estas superfícies é de suma importância para assegurar um efetivo tratamento ortodôntico e evitar a descolagem de bráquetes. Recolagens aumentam o tempo de consultas, e produzem custos adicionais referentes à necessidade da reposição do acessório descolado (1-3).

A colagem de bráquetes em coroas provisórias, e não somente ao esmalte dentário, tem se tornado uma prática frequente nos últimos anos. A procura pela estética tem proporcionado um número crescente de adultos que utilizam aparelho ortodôntico, e estes, muitas vezes, apresentam reabilitações com coroas protéticas provisórias (4). Em tratamentos multidisciplinares, a colocação de restaurações definitivas torna-se viável após a movimentação dentária até sua posição ideal (5). Não é incomum a situação de manutenção de espaço com pôneicos provisórios nos casos de perda dentária por trauma, problema periodontal e ausência congênita (1). Além disso, estes pôneicos podem preencher temporariamente sítios de extração dentária quando essa terapêutica for necessária no tratamento ortodôntico (6).

Dentes de acrílico são comumente utilizados em coroas provisórias devido ao seu baixo custo e praticidade, apesar de outros materiais provisórios estarem disponíveis para a mesma função. Existem estudos na literatura que avaliaram a possibilidade de aumentar a resistência de união entre bráquetes e esmalte dentário (7-9), cerâmica (10-13), amálgama (14, 15) e outras superfícies (16, 17). Entretanto, tem sido pouco investigada a colagem entre os acessórios ortodônticos e dentes de acrílico.

Tendo em vista a necessidade de colagem de bráquetes ortodônticos a dentes artificiais de acrílico, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do tratamento mecânico na superfície do dente de acrílico e o envelhecimento dos

mesmos, na resistência de união ao cisalhamento da colagem de bráquetes metálicos a esses dentes.

MATERIAL E MÉTODO

Cento e noventa e dois dentes incisivos centrais superiores de acrílico (Biotone IPN, Dentsply, RJ, Brasil) foram divididos aleatoriamente em dois grupos conforme o envelhecimento ou não dos dentes. Cada grupo foi subdividido aleatoriamente em quatro (n=24), conforme tratamento mecânico da superfície dos dentes. Para a realização do teste de resistência ao cisalhamento, os dentes de acrílico foram incluídos em anéis padronizados de PVC com 20 mm de altura e diâmetro. Os dentes que sofreram envelhecimento só foram incluídos nos anéis após este processo que se deu através da imersão em água destilada e incubação em estufa de cultura (Fanem, São Paulo, Brasil) mantida ligada 24 horas à temperatura de 37°C, durante o período de 90 dias (18, 19).

Ambos os grupos, dentes não envelhecidos (I, II, III, IV) e envelhecidos (i, ii, iii, iv) receberam o mesmo tratamento na sua superfície e método de colagem, conforme Tabela I. Com a finalidade de promover a limpeza da superfície foi realizado condicionamento da superfície dos dentes de acrílico com ácido fosfórico a 37% (Villevie, Joinville, SC, Brasil) durante 20 segundos e posteriormente foi feita a lavagem da superfície com água destilada por 20 segundos e secagem com jato de ar por 10 segundos. Aplicou-se o primer XT sobre o dente e a colocação do adesivo Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA, EUA) foi realizada na base do bráquete metálico (ref. 10.30.201, Morelli, São Paulo). O bráquete foi posicionado no centro do dente e aplicou-se força constante de 300g (20, 21) perpendicularmente a base do mesmo durante 10 segundos através de um dispositivo customizado (figura 1). Esse passo teve o objetivo de padronizar a espessura do material de colagem entre a base do bráquete e a superfície do dente. Removeram-se os excessos com sonda exploradora e a fotopolimerização foi realizada por LED (Rádii-Cal, SDI, Victoria, Austrália) durante 15 segundos na face mesial e mais 15 segundos na face distal do bráquete, totalizando 30 segundos.

A asperização foi realizada com broca diamantada 2143 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) passando a mesma na face vestibular do dente quatro vezes, no sentido da esquerda para a direita, sem refrigeração. As perfurações foram feitas com broca diamantada 1012 (KG Sorensen, Cotia, Brasil), através do acionamento da caneta de alta rotação (Kavo, Joinville, SC, Brasil) num movimento único, sem lateralidade, até a penetração total da ponta ativa da broca, sem refrigeração. O jateamento foi executado na superfície dentária com óxido de alumínio 50 µm de espessura (Microjato, BioArt, São Carlos, SP, Brasil) durante 10 segundos a uma distância de 1 cm da superfície vestibular do dente artificial.

Todos os corpos de prova foram armazenados em recipiente fechado e imersos em água destilada a 37°C durante 7 dias após a colagem, e então realizados o teste de resistência de união ao cisalhamento através de matriz de cisalhamento de carregamento por cinzel com sistema de guilhotina. A matriz foi posicionada na máquina de ensaio universal (EMIC 2000, São José dos Pinhais, PR) e a direção da força de descolagem foi paralela à superfície vestibular do dente de acrílico em direção ocluso-gengival. A posição da haste em relação ao suporte permitiu a aplicação de força na região do sulco entre a base do bráquete e a aleta, sendo empregada a velocidade de 0,5 mm/min, até ocorrer a ruptura entre o bráquete e o dente de acrílico. Os valores de resistência de união obtidos em MPa foram calculados dividindo a força máxima obtida em Newtons pela área da base do bráquete em mm², neste caso 14,82mm².

Após a descolagem, as amostras foram analisadas com lupa com aumento de 4 vezes, para que se determinasse o Índice de Adesivo Remanescente (ARI) de acordo com os escores propostos por Årtun e Bergland (22), que são: 0= sem resina aderida ao dente, 1= menos da metade de resina aderida ao dente, 2= mais da metade de resina composta aderida ao dente, 3= toda resina composta aderida ao dente, inclusive com impressão da malha.



Figura 1 – Dispositivo customizado para padronizar espessura do adesivo entre a base do bráquete e a superfície do dente.

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada através do software comercial SPSS 20.0 (IBM Corp., Armonk, New York). Previamente foram aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificar a normalidade. De acordo com os testes, observou-se padrão de distribuição não normal sendo necessária a transformação logarítmica da variável dependente (resistência de união). As diferenças entre os grupos foram então analisadas estatisticamente através de ANOVA de duas vias, e teste de comparações múltiplas de Tukey. Diferenças no ARI foram avaliadas com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os resultados foram considerados significativos a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Tabela I: Preparo da superfície dentária e colagem utilizados na pesquisa

Grupo	Preparo da superfície dentária	n
I, i	Condicionamento com ácido fosfórico + aplicação de primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24
II, ii	Asperização da superfície com broca diamantada + condicionamento com ácido fosfórico + aplicação de primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24
III, iii	Duas perfurações com broca diamantada na superfície + condicionamento com ácido fosfórico + aplicação de primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24
IV, iv	Jateamento da superfície com óxido de alumínio 50 µm + condicionamento com ácido fosfórico + aplicação de primer + adesivo Transbond XT + fotopolimerização	24

RESULTADO

Os valores obtidos no teste de cisalhamento para os diferentes tratamentos de superfície e envelhecimento dos dentes de acrílico evidenciaram comportamento distinto entre os grupos, como mostra a Tabela II e Figura 2.

O tratamento na superfície dos dentes de acrílico influenciou a resistência de união, ao contrário do envelhecimento que não mostrou ser significativo nos grupos. Todos os grupos que receberam tratamento mecânico apresentaram valores maiores e significativos na resistência de união em relação aos grupos onde os dentes de acrílico não tiveram sua superfície alterada mecanicamente.

Avaliando a resistência de união dos grupos que não foram envelhecidos, todos os tratamentos proporcionaram resultados parecidos entre si e melhores em relação ao grupo sem tratamento superficial. Com o envelhecimento dos dentes, observou-se que o jateamento e a perfuração com broca mostraram efeitos semelhantes, e, além disso, ambos os tratamentos foram superiores a asperização com broca no aumento da resistência de união.

A tabela III mostra o local das fraturas encontradas para as amostras testadas. Observou-se comportamento distinto entre os grupos, entretanto, houve

predominância de falha adesiva entre a interface dente/adesivo para todos os grupos. Somente nos grupos onde se realizou o jateamento da superfície dentária, ocorreu falha coesiva na interface adesivo/bráquete em algumas poucas amostras.

Tabela II: Valores da resistência de união (MPa) dos grupos testados e significância estatística

		Media	Desvio Padrão	95% Intervalo de confiança para a média		Significância P<0,05*
				Limite inferior	Limite Superior	
Dentes não envelhecidos	Sem tratamento	1,25	0,98	0,84	1,67	d
	Asperização com broca	5,56	3,78	3,96	7,15	bc
	Perfuração com broca	6,79	3,51	5,31	8,27	ab
	Jateamento Al ₃ O ₂	7,70	3,51	6,22	9,18	ab
Dentes envelhecidos	Sem tratamento	1,55	1,06	1,10	1,99	d
	Asperização com broca	3,90	2,55	2,83	4,98	c
	Perfuração com broca	7,46	2,33	6,48	8,45	ab
	Jateamento Al ₂ O ₃	10,21	5,63	7,84	12,59	a

Média, desvio padrão, intervalo de confiança e teste de Tukey comparando os tipos de tratamento mecânico nos dentes de acrílico.

*Letras iguais não apresentam diferença estatisticamente significante

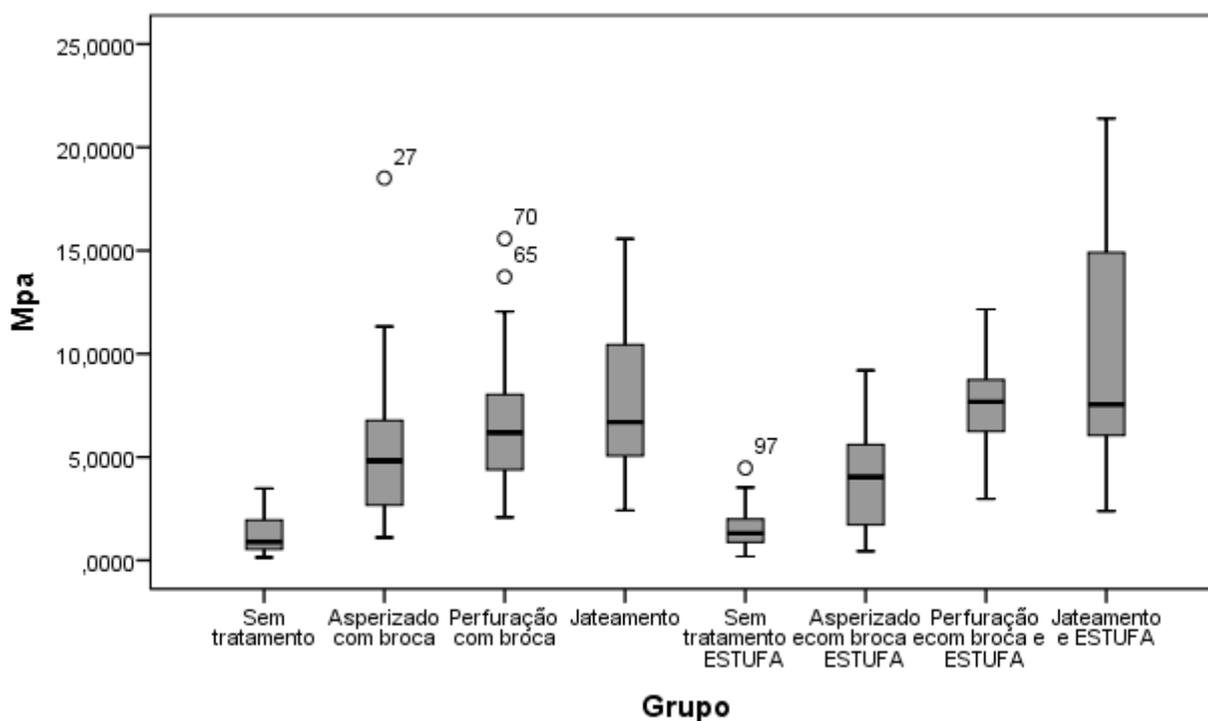


Figura 2 : Representação gráfica da resistência de união dos grupos.

Tabela III: Distribuição da frequência dos escores dos ARI

	Tratamento mecânico	ARI			
		0	1	2	3
Dentes não envelhecidos	Sem tratamento	24	0	0	0
	Asperização com broca	4	13	7	0
	Perfuração com broca	0	22	2	0
	Jateamento Al ₂ O ₃	7	9	6	2
Dentes Envelhecidos	Sem tratamento	24	0	0	0
	Asperização com broca	21	0	3	0
	Perfuração com broca	0	24	0	0
	Jateamento Al ₂ O ₃	9	2	12	1

DISCUSSÃO

A colagem de bráquetes ortodônticos em qualquer superfície, seja esmalte dentário, cerâmica ou acrílico, necessita resistir às forças da movimentação ortodôntica e às próprias forças mastigatórias. Para tanto, Reynolds (23) sugeriu que esta união fosse de 6 a 8 MPa, e a literatura referencia este valor como mínimo para a colagem ortodôntica (1, 2, 4, 5, 11, 24). Neste estudo, observou-se que a colagem

de bráquetes em dentes de acrílico apresenta união fraca, não atingindo o nível clinicamente aceitável em todos os tratamentos realizados.

O jateamento com óxido de alumínio é um método comum de condicionamento de superfície que promove irregularidades que contribuem com o aumento da área superficial e conseqüentemente com maiores valores de resistência de união (14) (Figura II). Materiais como cerâmica, amálgama e ouro parecem ser beneficiados com esse tratamento no momento da colagem ortodôntica (4, 11, 13, 15, 17, 25), devido a criação de retenção mecânica na superfície, não sendo diferente nas superfícies de acrílico. Confirmando os resultados deste estudo, Chay et. al (4) verificaram que o tratamento superficial influencia a resistência de união em materiais provisórios, onde o jateamento proporcionou melhora da resistência de união de bráquetes a derivados de polimetilmetacrilato (PMMA). Apesar da baixa incidência de falha coesiva (ARI score 3) no presente estudo, que ocorreu apenas em amostras que tiveram sua superfície jateada com óxido de alumínio, isso poderia sugerir uma qualidade maior na adesão a superfície acrílica com este tipo de tratamento mecânico.

Geiger e Gorelick (6) sugeriram que dentes de acrílico necessitam tratamento superficial com a realização de alguns orifícios com broca para promover uma retenção mecânica e evitar fratura devido ao estresse oclusal, já que unem-se fracamente a compósitos. Corroborando a essa afirmativa, os dados deste estudo mostram que, assim como o jateamento de óxido de alumínio, esse tipo de retenção intensifica a resistência de união de bráquetes ao acrílico, tornando essa ligação viável. Em contrapartida, asperizar a superfície com broca diamantada gerou uma superfície macroscopicamente rugosa, porém microscopicamente com poucas reentrâncias, não permitindo o incremento da resistência adesiva esperada (Figura 3).

Existe propensão de o PMMA sofrer embebição na presença de água. Essa atua como um plastificante difundindo-se dentro do polímero e progressivamente aliviando as cadeias de polímero, afastando-as. Conseqüentemente, ocorre um amolecimento da estrutura e uma diminuição na dureza do dente de resina acrílica (26, 27). O envelhecimento dos dentes de acrílico, com conseqüente absorção de água, não mostrou influência negativa na resistência de união na colagem dos

bráquetes. Apesar de não haver significância estatística, o envelhecimento determinou uma tendência de aumento na resistência de união, o que já foi observado na literatura (4).

Os dentes de acrílico são constituídos de PMMA e o adesivo utilizado para a colagem ortodôntica nesta pesquisa é a base de dimetacrilato (bis-GMA). A diferença entre esses materiais associada aos poucos sítios de ligação presentes nestes dentes devido a sua fabricação sobre alta pressão e temperatura (1), é uma possível explicação para a união fraca encontrada. Estudos futuros são necessários para testar a colagem de bráquetes a dentes de acrílico com outro material adesivo, para verificar a existência de uma união mais resistente. Apesar de não ocorrer nos testes *in vitro* a reprodutibilidade do meio oral, estes experimentos tornam-se inevitáveis e cruciais (28) e suas conclusões podem indicar qual hipótese seria mais adequada para incluir numa avaliação clínica (29) já que permitem procedimentos padronizados, como é o caso dos ensaios de resistência de união ao cisalhamento (3).

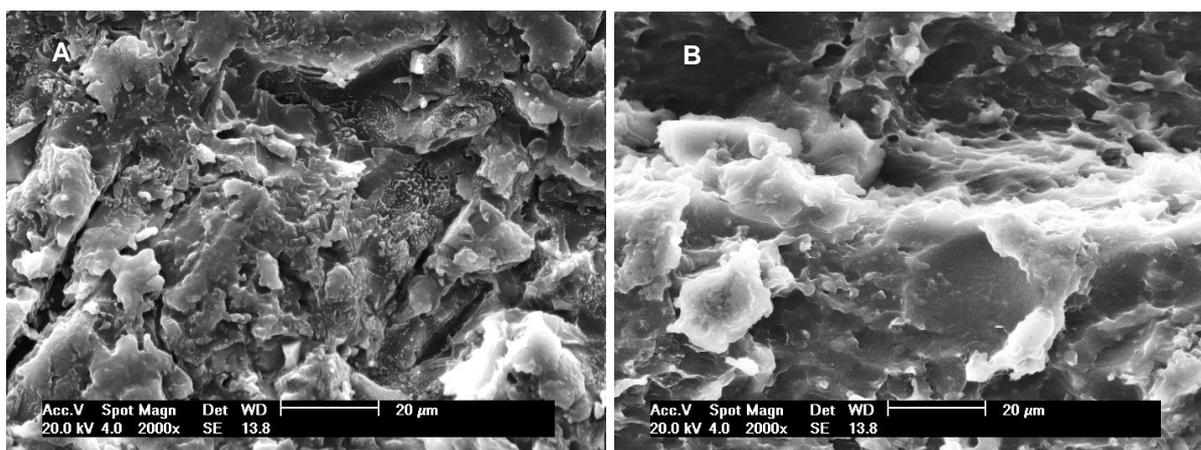


Figura 3: MEV da superfície (A) jateada com óxido de alumínio e (B) asperizada com broca diamantada, mostrando a diferença na retenção micromecânica.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo sugerem:

- Realizar tratamento mecânico na superfície de dentes de acrílico influencia a resistência de união, aumentando-a, ao contrário do envelhecimento dos dentes que parece não influenciar significativamente a união;
- Jatear com óxido de alumínio e perfurar com broca a superfície de dentes de acrílico promove resistência de união clinicamente aceitável;
- O jateamento com óxido de alumínio previamente a colagem produz valores maiores de resistência de união do que a asperização com broca diamantada, entretanto, a diferença não é estatisticamente significativa;
- Asperizar com broca ou não realizar nenhuma modificação na superfície do dente de acrílico favorece a uma colagem fraca e indesejável;
- Existe o predomínio de falhas adesivas entre bráquetes e dentes de acrílico quando utiliza-se um adesivo a base de bis-GMA.

REFERÊNCIAS

1. Maryanchik I, Brendlinger EJ, Fallis DW, Vandewalle KS. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to various esthetic pontic materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(5):684-9.
2. Oesterle LJ, Shellhart WC. Effect of aging on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2008;133(5):716-20.
3. Finnema KJ, Özcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(5):615-22.e3.
4. Chay SH, Wong SL, Mohamed N, Chia A, Jin Yap AU. Effects of surface treatment and aging on the bond strength of orthodontic brackets to provisional materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(5):577.e7-.e11.
5. Blakey R, Mah J. Effects of surface conditioning on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to temporary polycarbonate crowns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(1):72-8.
6. Geiger AM, Gorelick LG. Bonded pontics in Orthodontics. *J Clin Orthod.* 1989;23(8):551-5.
7. Cal-Neto J, Castro S, Moura P, Ribeiro D, Miguel J. Influence of enamel sandblasting prior to etching on shear bond strength of indirectly bonded lingual appliances. *Angle Orthod.* 2011;81(1):149-52.
8. Berk N, Başaran G, Ozer T. Comparison of sandblasting, laser irradiation, and conventional acid etching for orthodontic bonding of molar tubes. *Eur J Orthod.* 2008;30(2):183-89.

9. Øgaard B, Fjeld M. The Enamel Surface and Bonding in Orthodontics. *Semin Orthod*. 2010;16(1):37-48.
10. Zachrisson Y, Zachrisson B, Büyükyılmaz T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996;109(4):420-30.
11. Karan S, Büyükyılmaz T, Toroğlu MS. Orthodontic bonding to several ceramic surfaces: Are there acceptable alternatives to conventional methods? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(2):144.e7-.e14.
12. Abdelnaby YL. Effects of cyclic loading on the bond strength of metal orthodontic brackets bonded to a porcelain surface using different conditioning protocols. *Angle Orthod*. 2012/10/27;81(6):1064-9.
13. Ajlouni R, Bishara SE, Oonsombat C, Soliman M, Laffoon J. The Effect of Porcelain Surface Conditioning on Bonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthod*. 2005;75(5):858-64.
14. Oskoe P, Kachoei M, Rikhtegaran S, Fathalizadeh F, Navimipour E. Effect of surface treatment with sandblasting and Er,Cr:YSGG laser on bonding of stainless steel orthodontic brackets to silver amalgam. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012;17(2):e292-6.
15. Zachrisson B, Büyükyılmaz T, Zachrisson Y. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. *Angle Orthod*. 1995 2012/10/27;65(1):35-42.
16. Nollie G, Foley TF, McConnell RJ. Orthodontic bonding to Adlloy-treated type IV gold. *Angle Orthod*. 1997;67(3):183-8.
17. Büyükyılmaz T, Zachrisson Y, Zachrisson B. Improving orthodontic bonding to gold alloy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(5):510-8.
18. Pavarina AC, Vergani CE, Machado AL, Giampaolo ET, Teraoka MT. The effect of disinfectant solutions on the hardness of acrylic resin denture teeth. *J Oral Rehabil*. 2003;30(7):749-52.
19. Campanha NH, Pavarina AC, Vergani CE, Machado AL. Effect of microwave sterilization and water storage on the Vickers hardness of acrylic resin denture teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2005;93(5):483-7.
20. Yamada R, Hayakawa T, Kasai K. Effect of Using Self-Etching Primer for Bonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthod*. 2002 2012/10/23;72(6):558-64.
21. Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Jakobsen JR. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999;115(1):24-8.
22. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod*. 1984;85(4):333-40.
23. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod*. 1975;2(3):171-8.
24. Rambhia S, Heshmati R, Dhuru V, Iacopino A. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded to Provisional Crown Materials Utilizing Two Different Adhesives. *Angle Orthodontist*. 2009;79(4):784-9.
25. Jost-Brinkmann P-G, Drost C, Can S. In-Vitro Study of the Adhesive Strengths of Brackets on Metals, Ceramic and Composite. Part 1: Bonding to Precious Metals and Amalgam. *J Orofac Orthop*. 1996;57(2):76-87.
26. Anusavice KJ. Phillip's science of dental materials. 10 ed. Philadelphia; 1996.
27. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater*. 2006;22(3):211-22.

28. Tantbirojn D, Cheng YS, Versluis A, Hodges JS, Douglas WH. Nominal Shear or Fracture Mechanics in the Assessment of Composite-Dentin Adhesion? *J Dent Res.* 2000;79(1):41-8.
29. Zachrisson BU. Orthodontic bonding to artificial tooth surfaces: Clinical versus laboratory findings. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(5):592-4.

Anexo

ANEXO A – Protocolo de aprovação pela comissão científica e de ética da faculdade de odontologia da PUCRS.



*Comissão Científica e de Ética
Faculdade da Odontologia da PUCRS*

Porto Alegre 28 de março de 2012

O Projeto de: Dissertação

Protocolado sob nº: 0015/12
Intitulado: Resistência de união ao cisalhamento na colagem de bráquetes metálicos a dentes artificiais de acrílico.
Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Eduardo Martinelli S. de Lima
Pesquisadores Associados: Marina Lúcia Cumerlato
Nível: Dissertação / Mestrado

Foi *aprovado* pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em 28 de março de 2012.

Profa. Dra. Ana Maria Spohr
 Presidente da Comissão Científica e de Ética da
 Faculdade de Odontologia da PUCRS

