



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**FORÇA DE ADESÃO DE *BRACKETS* ORTODÔNTICOS RECOLADOS –  
COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DA BASE  
DO *BRACKET***

Trabalho submetido por  
**Pedro Miguel dos Santos Matos**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2019





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**FORÇA DE ADESÃO DE *BRACKETS* ORTODÔNTICOS RECOLADOS –  
COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DA BASE  
DO *BRACKET***

Trabalho submetido por  
**Pedro Miguel dos Santos Matos**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutor Pedro Mariano Pereira**

setembro de 2019



Ao meu avô, Álvaro, por ser a melhor pessoa que o mundo alguma vez viu. Talvez já não entendas este gesto, mas está escrito e assim vai ficar para sempre, como tu.



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradecer ao meu orientador, Prof. Doutor Pedro Mariano Pereira pela forma como elevou os meus padrões de excelência, por ser incansável e por me fazer acreditar em mim nos meus momentos menos bons, por todo o conhecimento que me transmitiu, por ser a pessoa que vejo como um exemplo de excelência e rigor profissional, exemplo esse que conto levar para o resto da minha vida e por me fazer sentir que nunca estive sozinho nesta última etapa. O meu muito obrigado por tudo.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz por ter sido mais do que uma segunda casa para mim durante os últimos 10 anos, tendo conseguido concluir não um, mas dois cursos debaixo do seu teto. Foram anos que jamais esquecerei.

Um obrigado ao departamento de Ortodontia do IUEM e todos os seus Professores, pela forma como todos eles se mostraram disponíveis para me ajudar e pelo grau altíssimo de exigência com que atuam, conferindo-lhes a grandeza que têm.

Ao Prof Doutor Luís Proença pela enorme ajuda e disponibilidade constantes no que respeita ao tratamento de dados e análise estatística.

Ao Prof. Doutor Mário Polido e Prof. Doutor Pedro Oliveira pela disponibilidade e apoio durante a fase laboratorial do meu projeto.

Um obrigado muito especial ao meu parceiro de box, Théo Chazallet, por ter estado sempre presente quando mais precisei e pelo enorme companheirismo com que trabalhámos. Um obrigado por absolutamente tudo o que passámos juntos.

À Pauline Laurent, Alexandra Adriano, Margaux Dumas, Andreia Ramos, Rita Ramos, Lina Selma, João Ferreira, Filipa Amante, Miguel Sérgio, João Norte, Débora Martins, Rui Paixão, Diogo Silva, João Eduardo, Lea Terrace, Inês Leitão e Catarina Taveira, pela amizade vitalícia que neles vejo.

Aos “pais com açúcar”, os meus avós, pelas velas, orações, pelos telefonemas e desejos de boa sorte antes de todo e cada exame.

À minha namorada Carolina, o último presente que o Instituto me deu, por todo o apoio, amizade e amor que me deu e dá todos os dias.

Por último, aos meus pais e irmão por serem a pilares de tudo na minha vida, por acreditarem em mim, por vezes mais do que eu próprio acreditei. Por serem o meu exemplo de vida e por me fazerem acreditar que nunca é tarde para novos objetivos de vida. Um obrigado jamais será suficiente.



## RESUMO

**Objetivo:** Comparar três métodos de preparação da base de *brackets* para posterior recolagem e avaliação da sua aplicabilidade clínica

**Materiais e métodos:** Foram utilizados 45 dentes pré-molares humanos em estado hígido, aos quais foram colados *brackets* ortodônticos pré-molares Victory Series™ (3M Unitek), utilizando o sistema adesivo Transbond™XT (3M, Unitek). Após uma colagem e descolagem iniciais, os dentes foram aleatoriamente subdivididos em 3 grupos de 15 dentes e foram submetidos a 3 tipos de técnica de reciclagem: no Grupo A os *brackets* foram limpos com jato de óxido de alumínio; no Grupo B<sub>1</sub> os *brackets* foram limpos superficialmente com pedra verde; no Grupo B<sub>2</sub> os *brackets* foram limpos totalmente, até ser visível a malha com pedra verde. Os *brackets* foram recolados e submetidos a testes de força de adesão por cisalhamento, à velocidade de 1mm/min. O local da falha de adesão foi caracterizado através do Índice de Remanescente Adesivo (IRA). Na análise estatística foram utilizados os testes ANOVA One-way e Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ).

**Resultados:** As forças médias de adesão obtidas foram de  $11,75 \pm 4,83$  Mpa,  $8,22 \pm 4,01$  Mpa e  $7,54 \pm 2,85$  Mpa, respectivamente para o Grupo A, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>. Não foram registadas diferenças estatisticamente significativas entre os Grupos A - B<sub>1</sub> ( $p=0,051$ ) e entre os Grupos B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub> ( $p=0,885$ ). Contudo, foram identificadas diferenças estatisticamente significativas quando comparados o Grupo A com o B<sub>2</sub> ( $p= 0,016$ ). Quanto ao IRA, foram registadas diferenças estatisticamente significativas entre os Grupos A - B<sub>2</sub> e B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub> ( $p<0,001$ ), não se identificando diferenças estatisticamente significativas entre os Grupos A- B<sub>1</sub> ( $p=0,068$ ). Os Grupos A e B<sub>1</sub> obtiveram predominantemente pontuações de 2 e 1 (99% e 86,7%, respectivamente). No Grupo B<sub>2</sub>, foi atribuída com maior prevalência a pontuação de 3 (73,3%).

**Conclusão:** A reciclagem com jato de óxido de alumínio demonstrou ser a técnica capaz de proporcionar maior força de adesão, seguida pela abrasão superficial com pedra verde. A abrasão total com pedra verde foi a técnica que levou a forças de adesão mais baixas. Quanto ao IRA, nos Grupos A e B<sub>1</sub>, as falhas foram predominantemente do tipo misto. No Grupo B<sub>2</sub>, o tipo de falha mais prevalente foi na interface adesivo-*bracket*.

**Palavras-chave:** Reciclagem de *brackets*, remoção de adesivo remanescente, descolagem ortodôntica, força de resistência ao cisalhamento, força de adesão.



## ABSTRACT

**Aim:** To compare three bracket base conditioning methods for posterior rebonding and evaluate their clinical applicability.

**Materials and Methods:** 45 healthy human bicuspid teeth were used, to which were bonded the Victory Series (3M Unitek) orthodontic bicuspid brackets with Transbond™XT (3M, Unitek). After an initial bonding and debonding, teeth were randomly divided into 3 groups of 15 teeth. Brackets were then subjected to one of 3 recycling techniques: In Group A, brackets were prepared with an aluminum oxide micro blaster; in Group B<sub>1</sub>, brackets were superficially cleaned using a green stone bur; in Group B<sub>2</sub>, brackets were fully cleaned, until mesh was visible using a green stone bur. Brackets were rebonded and were then subjected to a shear bond strength test, at a crosshead speed of 1mm/min. The site of bonding failure was characterized using the Adhesive Remnant Index (ARI). One-way ANOVA and Kruskal-Wallis test were applied for the statistical analysis.

**Results:** The average bond strengths registered were  $11,75 \pm 4,83$  Mpa,  $8,22 \pm 4,01$  Mpa and  $7,54 \pm 2,85$  Mpa, respectively for Group A, B<sub>1</sub> and B<sub>2</sub>. No statistically significant differences were reported between Groups A – B<sub>1</sub> ( $p=0,051$ ) and Groups B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub> ( $p=0,885$ ). However, a statistically significant difference was identified when comparing Groups A and B<sub>2</sub> ( $p= 0,016$ ). As for the ARI, statistically significant differences were reported between Groups A – B<sub>2</sub> and B<sub>1</sub> – B<sub>2</sub> ( $p<0,001$ ), on the contrary, no statistically significant differences were registered between Groups A- B<sub>1</sub> ( $p=0,068$ ). Groups A and B<sub>1</sub> were predominantly scored with 2 and 1 (99% e 86,7%, respectively). In Group B<sub>2</sub>, the most predominantly score was 3 (73,3%).

**Conclusion:** Recycling with aluminum oxide micro blaster attained the highest bond strength, followed by superficially cleansing with green stone bur. Total cleansing with green stone bur showed the lowest average bond strength. As for ARI, in Groups A and B<sub>1</sub> the failures were predominantly of a mixed type. Group B<sub>2</sub> showed mostly adhesive-bracket interface type failures.

**Keywords:** Bracket recycling, remnant adhesive removal, orthodontic debonding, shear bond strength, bond strength.



# ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO .....	15
1.1. Contextualização e justificação do trabalho .....	15
1.2. Objetivos .....	16
1.3. Metodologia de investigação .....	17
1.4. Questões de investigação .....	17
1.5. Revisão bibliográfica .....	19
1.5.1. Estrutura e composição do esmalte .....	19
1.5.2. Adesão .....	22
1.5.3. Evolução dos sistemas adesivos .....	23
1.5.4. Primeiros passos da adesão em Ortodontia .....	25
1.5.5. <i>Brackets</i> ortodônticos .....	28
1.5.5.1. <i>Brackets</i> metálicos .....	28
1.5.5.2. <i>Brackets</i> plásticos .....	28
1.5.5.3. <i>Brackets</i> em cerâmica .....	28
1.5.5.4. <i>Brackets</i> cerâmicos reforçados com metal .....	30
1.5.6. Morfologia da base do bracket .....	30
1.5.7. Protocolo de adesão em ortodontia .....	31
1.5.7.1. Profilaxia .....	31
1.5.7.2. Condicionamento ácido .....	31
1.5.7.3. Adesivos em ortodontia .....	33
1.5.7.4. Polimerização .....	34
1.5.8. Força de adesão .....	35
1.5.9. Remoção de <i>brackets</i> ortodônticos .....	37
1.5.10. Índice de Remanescente Adesivo (IRA) .....	37
1.5.11. Diferentes métodos de tratamento da base do <i>bracket</i> para recolagem .....	38
1.5.11.1. Métodos em consultório .....	39
1.5.11.1.1. Preparação por desgaste com brocas .....	39
1.5.11.1.2. Jato de óxido de alumínio .....	40
1.5.11.1.3. Aquecimento com chama direta .....	40
1.5.11.1.4. Método “Big Jane” .....	41
1.5.11.1.5. Método Buchman .....	42
1.5.11.1.6. Banho ácido .....	42
1.5.11.1.7. Preparação a laser .....	43

1.5.11.2. Métodos comerciais.....	43
1.5.11.2.1. Por ação térmica .....	43
1.5.11.2.2. Por ação química .....	44
1.5.12. Estudos precedentes comparativos de diferentes métodos de tratamento da base de <i>brackets</i> ortodônticos para recolagem .....	44
II. MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
2.1. Métodos de pesquisa bibliográfica .....	53
2.2. Considerações éticas .....	53
2.3. Tipo de estudo .....	54
2.4. Amostra.....	54
2.4.1. Critérios de inclusão e exclusão.....	54
2.4.2. Caracterização da amostra .....	54
2.4.3. Desinfecção e conservação da amostra .....	55
2.5. Metodologia da investigação.....	55
2.5.1. Colagem, “descolagem” e recolagem dos <i>brackets</i> no esmalte.....	55
2.5.2. Tratamento das bases dos <i>brackets</i> e nova colagem .....	59
2.5.3. Montagem dos dentes em cilindros de resina acrílica.....	61
2.5.4. Determinação da força adesiva .....	62
2.5.5. Análise da fratura com o Índice de Remanescente Adesivo (IRA) .....	63
2.5.6. Metodologia estatística.....	64
III. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.1. Resultados .....	67
3.1.1. Resistência adesiva.....	67
3.1.2. Índice de Remanescente Adesivo e caracterização da falha adesiva .....	70
3.2. Discussão.....	73
3.2.1. Escolha da investigação.....	73
3.2.2. Escolha do método de investigação e seleção da amostra.....	74
3.2.3. Discussão dos resultados .....	77
3.2.4. Limitações da investigação.....	82
3.2.5. Sugestões para estudos futuros .....	82
IV. CONCLUSÃO .....	85
BIBLIOGRAFIA .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Imagem por microscopia eletrónica de varrimento onde se podem observar a zonas prismática e interprismática, assim como cristais de hidroxiapatite isolados. É visível a orientação difusa dos cristais na zona prismática, em contraste com os cristais orientados paralelamente entre si na zona interprismática. (Adaptado de Nanci et al <sup>13</sup> )	20
Figura 2: Micrografia da base do bracket por microscopia eletrónica de varrimento. A - Bracket novo; B – Bracket após falha de adesão e preparação superficial com broca de pedra verde. (Adaptado de Basudan et al <sup>98</sup> ).	40
Figura 3: Micrografia da base do bracket por microscopia eletrónica de varrimento. A - Bracket novo; B – Bracket após falha de adesão e preparação com jato de óxido de alumínio. (Adaptado de Basudan et al <sup>106</sup> ).	40
Figura 4: Micrografia da base do bracket por microscopia eletrónica de varrimento. A - Bracket novo; B – Bracket após falha de adesão e preparação com chama direta. (Adaptado de Basudan et al <sup>98</sup> ).	41
Figura 5: Micrografia da base do bracket por microscopia eletrónica de varrimento. A - Bracket novo; B – Bracket após falha de adesão e preparação pelo método “Big Jane”. (Adaptado de Basudan et al <sup>98</sup> ).	42
Figura 6: Micrografia da base do bracket por microscopia eletrónica de varrimento. A - Bracket novo; B – Bracket após falha de adesão e preparação pelo método Buchman. (Adaptado de Basudan et al <sup>98</sup> ).	42
Figura 7: Brackets metálicos de pré-molares Victory Series™.	55
Figura 8: Instruções de utilização do fabricante do sistema adesivo Transbond™ XT.	56
Figura 9: Esquema ilustrativo do protocolo seguido para adesão inicial dos brackets.	57
Figura 10: Fotopolimerizador 3M Ortholux™ Luminous.	58
Figura 11: Aspeto do bracket logo após remoção. De notar que a maioria do adesivo ficou aderido ao bracket, tal como pretendido.	58
Figura 12- Partículas Rocatec™ Soft com 30 µm e sistema para jato de Óxido de Alumínio Rocatec™ Junior; B - Brocas de Pedra Verde Dura-Green.	59
Figura 13: Tratamento das bases dos brackets. A - Jato de Óxido de Alumínio e na imagem abaixo o resultado final; B – Tratamento com broca de pedra verde em contra-ângulo sendo que: B <sub>1</sub> - Resultado final da remoção superficial do adesivo; B <sub>2</sub> - Resultado final da remoção total do adesivo.	60

Figura 14: Remoção do remanescente adesivo no esmalte superficial com broca cilíndrica multilaminada de tungstênio.....	60
Figura 15: A - Cilindro metálico com diâmetro interno de 16.30 mm preenchido com resina acrílica; B – Resultado final. ....	61
Figura 16: Cilindros montados na máquina de testes universal. A – Vista vestibular; B – Vista interproximal. A seta branca representa a direção da força a ser aplicada. C – Aspetto final do setup de testes já com o saco plástico para que não se perdessem os brackets. ....	62
Figura 17: Determinação da área da superfície da base do bracket através do programa informático ImageJ 1.45m.....	63
Figura 18: Micrografias exemplificativas e respetiva correspondência ao valor de IRA <sup>84</sup> . ....	64
Figura 19: Gráfico Boxplot mostrando grande homogeneidade dentro de cada grupo e entre grupos. Não foram registados outliers.....	68
Figura 20: Esquema obtido pela análise não paramétrica do valores obtidos através do IRA. As linhas amarelas unem os grupos onde se registaram diferenças significativas nas medianas e a linha negra une os grupos onde não se registaram diferenças significativas nas medianas.....	71
Figura 21: Frequência absoluta, por grupo, do tipo de falha adesiva. ....	71
Figura 22: Percentagem de ocorrência dos diversos tipos de falha adesiva registados no Grupo A.....	72
Figura 23: Percentagem de ocorrência dos diversos tipos de falha adesiva registados no Grupo B <sub>1</sub> .....	72
Figura 24: Percentagem de ocorrência dos diversos tipos de falha adesiva registados no Grupo B <sub>2</sub> .....	73

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Composição dos tecidos dentários (Adaptado de Sofan <sup>14,17</sup> ).....	20
Tabela 2: Classificação dos sistemas adesivos por geração (Adaptado de Sofan et al. <sup>17</sup> ). .....	25
Tabela 3: Propriedades físicas das estruturas em alumina mono e policristalina e aço inoxidável. AMC – Alumina monocristalina; APC – Alumina policristalina. (Adaptado de Birnie50).....	29
Tabela 4: Resumo comparativo de diferentes estudos sobre a força de adesão por resistência ao cisalhamento de brackets ortodônticos reciclados com diferentes técnicas. .....	49
Tabela 5: Critérios de inclusão e exclusão. ....	54
Tabela 6: Valores de Força de adesão registrados nos três grupos amostrais (MPa). ....	67
Tabela 7: Análise descritiva da força de adesão obtida por testes de cisalhamento (Mpa). .....	68
Tabela 8: Resultados da análise de variância (ANOVA One-way).....	69
Tabela 9: Comparação da força de adesão por testes de cisalhamento entre os três Grupos através do teste de Tukey. ....	69
Tabela 10: Frequência de atribuição dos scores de IRA por Grupo amostral. ....	70



## LISTA DE ABREVIATURAS

4-MET – 4-meticriloxieti trimelítico  
AMC – Alumina monocristalina  
APC – Alumina policristalina  
Bar – Unidade métrica de pressão  
Bis-GMA – Bisfenol Glicidil Dimetacrilato  
CA – contra-ângulo  
CIV – Cimento de ionómero de vidro  
CIVMR – Cimento de ionómero de vidro modificado por resina  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono  
GPa – Gigapascal  
HEMA – 2-hidroxietyl Metacrilato  
Hz – Hertz  
in – Polegada  
ISO – Organização Internacional de Estandardização  
IRA – Índice de remanescente adesivo  
IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz  
mm/min – Milímetro por minuto – unidade de velocidade  
mm – Milímetro  
mJ – MiliJoule  
kN – Kilonewton  
LED – Emissão de Luz por díodo  
SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*  
MPa – Megapascal  
N – Newton  
nm – Nanómetro  
°C – Graus Celcius  
PSI – Libras de força por área de uma polegada quadrada  
TEGDMA – Trietilenoglicol Dimetacrilato  
UDMA/UEDMA – Uretano Dimetacrilato  
UV – Radiação ultravioleta  
µm – Micrómetro  
W - Watts



# I. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização e justificação do trabalho

Edward Angle criou em 1912, um dispositivo a que chamou de *Pin and Tube Appliance*, no qual alguns pinos e tubos eram soldados a bandas (anéis que cercavam os dentes por forma a criar zonas de retenção para que os arcos permanecessem estáveis), que por sua vez eram soldadas aos arcos. Mais tarde, em 1915 criou o sistema *Ribbon Arch Appliance*, tendo sido o primeiro aparelho ortodôntico com capacidade de controlar a movimentação dentária nos três planos do espaço<sup>1</sup>. Angle continuou a inovar as suas técnicas e acabou por criar em 1925, o *Edgewise Appliance*, que permitiu a passagem do fio ortodôntico por uma canaleta que passou a estar orientada horizontalmente no *bracket*, ao invés de verticalmente como até então<sup>1</sup>.

Contudo, o avanço que mais potenciou o aperfeiçoamento das técnicas de fixação dos acessórios ortodônticos aconteceu mais tarde, quando Buonocore em 1955, descobriu o condicionamento ácido do esmalte dentário. Esta técnica, chamada de *etching*, veio possibilitar a criação de retenção mecânica na superfície do esmalte, através da incorporação de um adesivo resinoso, nas microporosidades criadas pelo condicionamento ácido, fulcral para que fosse possível a colagem dos *brackets* ao dente<sup>2,3,4,5</sup>.

Com a evolução das técnicas de adesão em ortodontia, começaram a ser levados a cabo diversos estudos sobre a força de adesão dos *brackets* ao esmalte visando avaliar o desempenho de diferentes sistemas adesivos ortodônticos, assim como os vários protocolos de adesão utilizados<sup>6</sup>.

No entanto, durante o tratamento ortodôntico, o médico dentista poderá vir a deparar-se com situações de *brackets* mal posicionados ou descolados<sup>7,8</sup>. A descolagem poderá ocorrer, quer por forças excessivas, quer por técnicas adesivas inadequadas. Uma hipótese possível para contornar este imprevisto é a reciclagem e reaproveitamento dos *brackets*<sup>9</sup>.

Começaram então a ser desenvolvidas técnicas de reciclagem adequadas à prática clínica corrente, através de métodos mecânicos, térmicos e combinação de ambos. Como exemplo de métodos mecânicos pode ser feita abrasão da base do *bracket* com um instrumento rotatório ou jato com partículas de óxido de alumínio. As técnicas térmicas

recorrem ao aquecimento direto com uma chama e podem ainda ser utilizadas técnicas combinadas, como por exemplo a técnica de Buchman que consiste na remoção do adesivo diretamente numa chama, seguido de jato com óxido de alumínio e electropolimento<sup>10</sup>.

Vários autores têm vindo a realizar diversos estudos numa tentativa de avaliar estas técnicas. Numa investigação foi utilizada a pedra verde para remover na totalidade o adesivo remanescente, os *brackets* recolados obtiveram uma força de adesão diminuída, quando comparados com os seus análogos em estado novo. Contudo os autores do estudo sugeriram que esta diminuição na força de adesão poderia não ser clinicamente significativa, excetuando em casos de grande exigência no que toca a força de adesão, casos estes em que deveria ser preconizado o uso de *brackets* novos<sup>7</sup>. Num outro estudo o adesivo foi removido também com pedra verde, mas apenas superficialmente, sem atingir a malha da base, neste estudo não se observou alteração significativa da força de adesão<sup>11</sup>.

O jato de óxido de alumínio para remoção de adesivo da base dos *brackets* mostrou por diversas vezes grande eficácia na manutenção das propriedades de adesão, sem diferença estatisticamente relevante em relação aos *brackets* em estado novo. Com recurso à microscopia eletrónica de varrimento observaram-se as bases dos *brackets* e foi possível observar uma superfície rugosa e irregular da malha, que poderá ter resultado numa retenção mecânica aumentada<sup>12</sup>.

Apesar de existirem numerosos estudos de comparação das forças de adesão de *brackets* reciclados através de diferentes técnicas de tratamento, verificou-se que a técnica com brocas de pedra verde não é uma técnica muito abordada quando comparada, por exemplo, com a do jato de óxido de alumínio. A comparação direta de apenas essas duas técnicas, parece ser escassa na literatura<sup>7,8,9</sup>. Outra importante questão é a de tentar esclarecer se a forma como é feita a abrasão do remanescente adesivo com as brocas de pedra verde – superficial ou totalmente - tem influência nos resultados<sup>7</sup>, razões essas que justificam a elaboração da presente investigação.

## 1.2. Objetivos

O objetivo principal do presente estudo foi comparar três métodos de preparação da base de *brackets* para posterior recolagem e avaliar a sua aplicabilidade clínica.

Neste sentido foram ainda criados os seguintes objetivos específicos:

- Comparar a força de adesão de *brackets* recolados, em que as suas bases foram preparadas recorrendo a jato de óxido de alumínio, a brocas de pedra verde em que o adesivo remanescente foi removido superficialmente e a brocas de pedra verde em que o adesivo remanescente foi removido totalmente.
- Comparar o local da falha adesiva de *brackets* recolados, em que as suas bases foram preparadas recorrendo a jato de óxido de alumínio, a brocas de pedra verde em que o adesivo remanescente foi removido superficialmente e a brocas de pedra verde em que o adesivo remanescente foi removido totalmente.

### 1.3. Metodologia de investigação

Foram utilizados 45 pré-molares humanos com esmalte intacto, sem lesões de cárie, sem fraturas, sem endodontia prévia, sem restaurações e sem hipoplasias de esmalte. A amostra foi dividida em três grupos com 15 dentes cada. O sistema adesivo utilizado em todos os grupos foi o Transbond™ XT (3M, Unitek\*) e foram testados *brackets* de pré-molares .022in *bracket* MBT Victory Series (3M Unitek). Após uma primeira colagem, os *brackets* foram descolados utilizando uma pinça ortodôntica, sendo posteriormente submetidos a um de três métodos de acondicionamento das suas bases: no Grupo A os *brackets* foram limpos com jato de óxido de alumínio; no grupo B1 foram limpos com pedra verde, removendo apenas superficialmente o adesivo remanescente; no Grupo B2 foram limpos com pedra verde, mas o adesivo remanescente totalmente removido. Os *brackets* foram então recolados aos mesmos dentes de onde foram retirados e foram individualizados em blocos de acrílico, expondo apenas a coroa. A força de adesão foi calculada através de testes de cisalhamento, a uma velocidade de 1mm/min, e o local de falha de adesão foi determinado através do índice ARI.

### 1.4. Questões de investigação

**Problema (P) 1:** Será que a força de adesão de *brackets* limpos superficialmente com pedra verde é idêntica à força de adesão de *brackets* limpos com óxido de alumínio?

Hipótese Nula (H0): A força de adesão de *brackets* limpos superficialmente com pedra verde é idêntica à força de adesão dos *brackets* limpos com óxido de alumínio.

---

\* 3M Unitek, Monrovia, California, EUA

Hipótese alternativa (H1): A força de adesão de *brackets* limpos superficialmente com pedra verde é diferente da força de adesão dos *brackets* limpos com óxido de alumínio.

**P 2:** Será que a força de adesão de *brackets* limpos totalmente com pedra verde é idêntica à força de adesão dos *brackets* limpos com óxido de alumínio?

Hipótese Nula (H0): A força de adesão de *brackets* limpos totalmente com pedra verde é idêntica à força de adesão dos *brackets* limpos com óxido de alumínio.

Hipótese alternativa (H1): A força de adesão de *brackets* limpos totalmente com pedra verde é diferente da força de adesão dos *brackets* limpos com óxido de alumínio.

**P3:** Será que a força de adesão de *brackets* limpos superficialmente com pedra verde é idêntica à força de adesão dos *brackets* limpos totalmente com brocas de pedra verde?

Hipótese Nula (H0): A força de adesão de *brackets* limpos superficialmente com pedra verde é idêntica à força de adesão dos *brackets* limpos totalmente com brocas de pedra verde.

Hipótese alternativa (H1): A força de adesão de *brackets* limpos superficialmente com pedra verde é diferente da força de adesão dos *brackets* limpos totalmente com brocas de pedra verde.

**P4:** Será que a falha adesiva de *brackets* limpos com jato de óxido de alumínio é idêntica à de *brackets* limpos superficialmente com broca de pedra verde?

Hipótese Nula (H0): A falha adesiva de *brackets* reciclados com jato de óxido de alumínio é idêntica à de *brackets* limpos superficialmente com broca de pedra verde.

Hipótese alternativa (H1): A falha adesiva de *brackets* reciclados com jato de óxido de alumínio é diferente da de *brackets* limpos superficialmente com broca de pedra verde.

**P5:** Será que a falha adesiva de *brackets* limpos com jato de óxido de alumínio é idêntica à de *brackets* limpos totalmente com broca de pedra verde?

Hipótese Nula (H0): A falha adesiva de *brackets* limpos com jato de óxido de alumínio é idêntica à de *brackets* limpos totalmente com broca de pedra verde.

Hipótese alternativa (H1): A falha adesiva de *brackets* limpos com jato de óxido de alumínio é diferente da de *brackets* limpos totalmente com broca de pedra verde.

**P6:** Será que a falha adesiva de *brackets* limpos com brocas de pedra verde é idêntica, quer o adesivo seja removido superficialmente, quer totalmente?

Hipótese Nula (H0): A falha adesiva de *brackets* limpos superficialmente com broca de pedra verde é idêntica à de *brackets* limpos totalmente com broca de pedra verde.

Hipótese alternativa (H1): A falha adesiva de *brackets* limpos superficialmente com broca de pedra verde é diferente da de *brackets* limpos totalmente com broca de pedra verde.

## 1.5. Revisão bibliográfica

### 1.5.1. Estrutura e composição do esmalte

O esmalte dentário, de origem ectodérmica, é o tecido mais mineralizado e, por conseguinte, com maior dureza do corpo humano. É constituído por matéria inorgânica em cerca de 94-96%, estando esta maioritariamente composta por cristais de hidroxiapatite (Tabela 1)<sup>13</sup>.

Da organização destes cristais em feixes, cada um contendo cerca de 1000 cristais, resultam os prismas de esmalte, comumente referidos como sendo a unidade básica do esmalte. Próximos da junção amelodentinária, os prismas encontram-se com uma orientação perpendicular, com aproximadamente três micrómetros de diâmetro, aumentando gradualmente de diâmetro até chegar ao dobro ao nível da superfície. Nas zonas em que são encontrados prismas de esmalte – zonas prismáticas – os cristais tomam diversas orientações. Pelo contrário, na zona que envolve os prismas - zona interprismática - a disposição dos cristais é menos condensada e numa orientação unidirecional, com os cristais paralelos entre si e perpendiculares à superfície do esmalte. Esta conformação deve-se à maior concentração de água e proteínas nesta zona (Figura 1)<sup>13</sup>.

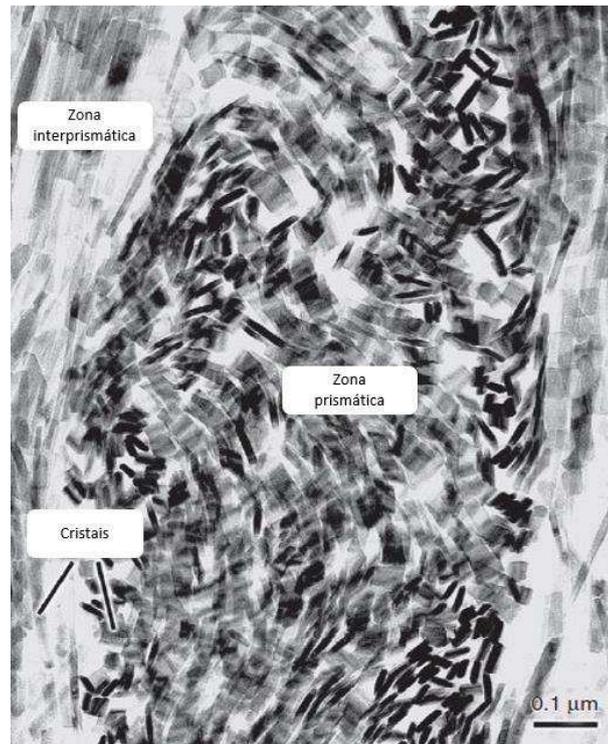


Figura 1: Imagem por microscopia eletrônica de varrimento onde se podem observar a zonas prismática e interprismática, assim como cristais de hidroxiapatite isolados. É visível a orientação difusa dos cristais na zona prismática, em contraste com os cristais orientados paralelamente entre si na zona interprismática. (Adaptado de Nanci et al<sup>13</sup>)

Outros constituintes do esmalte incluem remanescentes de matriz orgânica, maioritariamente composta por amelogeninas, enamelinas e moléculas de água com ligações fracas entre si, representando cerca de 1-4% da sua estrutura (Tabela 1).

Tabela 1: Composição dos tecidos dentários (Adaptado de Sofan et al<sup>14</sup>).

Componentes	Esmalte	Dentina
<b>Fase inorgânica (sobretudo hidroxiapatite) (%)</b>	94 – 96	50 – 70
<b>Rácio cálcio/fosfato</b>	1,64	1,56
<b>Fase orgânica (sobretudo colagénio) (%)</b>	4 – 5	20 – 30
<b>Água (%)</b>	1 – 4	10 - 20

A sua estrutura é descrita como acelular e avascular, não tendo portanto, a capacidade de se autorregenerar.

A amelogenese, ou formação de esmalte, é um processo de duas etapas. Inicialmente, quando o esmalte se forma, este mineraliza apenas parcialmente, aproximadamente 30%. Posteriormente, conforme a matriz orgânica se decompõe e é removida, os cristais tornam-se mais largos e densos. Esse processo em que é perdida a matriz orgânica e água, e há formação mineral, acentua-se gradualmente à medida que a espessura total da camada de esmalte é alcançada, ultrapassando os 96% de conteúdo mineral. Os ameloblastos secretam proteínas da matriz e são responsáveis por criar e manter um ambiente extracelular favorável à deposição mineral. Esta célula epitelial, exibe um ciclo de vida único caracterizado por um fenótipo que sofre alterações progressivas. A amelogenese tem sido descrita de diversas formas, algumas enumerando até seis fases, contudo, geralmente é subdividida em três principais estágios funcionais: pré-secretor; secretor; estágio de maturação. Classicamente, os ameloblastos de cada estágio foram retratados como cumprindo funções mais ou menos exclusivas e específicas. Inicialmente, durante o estágio pré-secretor, os ameloblastos diferenciam-se e adquirem o seu fenótipo, alteram também a sua polaridade e desenvolvem um extenso aparelho que lhes possibilita sintetizar proteínas. Ficam então em condições de secretar a matriz orgânica do esmalte. Numa segunda fase, durante o estágio secretor (também chamado de estágio formativo), os ameloblastos produzem e organizam toda a espessura do esmalte, obtendo-se um tecido altamente ordenado. Por fim, durante o estágio de maturação, os ameloblastos modulam e transportam os íons específicos e necessários para que haja uma deposição e acúmulo de minerais. Os ameloblastos nesta fase, são considerados células com capacidade para diversas atividades durante o seu ciclo de vida e que têm ainda a capacidade de se autorregular, de acordo com as necessidades de desenvolvimento. A formação do esmalte começa no estágio inicial do desenvolvimento da coroa dentária e envolve a diferenciação das células do epitélio interno do esmalte, inicialmente nas zonas que formam os contornos das cúspides. Em seguida, o mesmo processo ocorre numa dinâmica que pode ser comparada a um varrimento sequencial até que todas as células do epitélio se diferenciem em células formadoras de esmalte, os ameloblastos<sup>13,14</sup>.

As propriedades físicas do esmalte têm sido estudadas ao longo de várias décadas, tais como a sua dureza, variando de 3 a 5 GPa (Gigapascal), o módulo de elasticidade, variando de 70 a 100 GPa e a capacidade de absorção de energia elástica, que consiste na deformação plástica que pode sofrer antes da fratura, fenómeno denominado de resistência à fratura<sup>14</sup>. No entanto, o esmalte apresenta uma baixa resistência à tração,

pelo que se considera que é um tecido bastante friável e quebradiço. A sua sustentação provém da dentina, esta que é um tecido de grande resiliência. É graças a esta relação dos dois tecidos que a probabilidade de fratura do esmalte durante a mastigação é diminuta<sup>14,15</sup>.

### 1.5.2. Adesão

Segundo a norma ISO/TS 11405:2015<sup>16</sup>, adesão é um “estado em que duas superfícies são mantidas juntas por forças químicas ou físicas, ou ambas, com a ajuda de um adesivo”.

Para considerarmos que o processo de adesão ocorreu, temos de obter a junção de duas superfícies independentes sendo que o seu contacto permanece sem que forças externas sejam necessárias, ficando então à mercê da força de interação molecular entre as duas superfícies em contacto<sup>17</sup>.

Em medicina dentária os substratos mais importantes no que concerne a adesão são o esmalte e dentina, ainda que seja igualmente importante que funcione com substratos dos diversos materiais utilizados em técnicas restauradoras e de reabilitação.

O esmalte e dentina, substratos mineralizados, apresentam morfologias e composições microscópicas distintas, independentemente da zona ou profundidade em que sejam observados. O esmalte tem uma estrutura cristalóide e homogénea, composta sobretudo por uma matriz de hidroxiapatite<sup>13</sup>. A dentina difere do esmalte no sentido em que a sua estrutura é heterogénea, tendo diferentes componentes dentinários, dependendo da zona da coroa em que se encontra.

Muitos dos avanços nos sistemas adesivos aconteceram numa tentativa de ultrapassar os problemas de adesão à dentina, conseguindo restaurações mais duradouras e previsíveis. As duas grandes abordagens em adesão são os sistemas *etch and rinse* e *self etch*, sendo que ambos os sistemas podem ser apresentados em diversas formas e combinações<sup>18</sup> Michael Buonocore, em 1955, descobriu uma forma de criar microporosidades no esmalte e dentina, a técnica de *acid etching* ou “ataque ácido”. Ao utilizar ácido fosfórico em testes *in-vitro*, conseguiu aumentar significativamente a adesão ao esmalte em restaurações utilizando acrílico. O autor concluiu que o incremento na força adesiva se devia ao aumento da área de superfície e molhabilidade da superfície de esmalte. Nesses testes utilizou ácido fosfórico em concentrações de 85% durante 30 segundos<sup>19</sup>. Mais tarde foi demonstrado que diminuir o tempo de exposição do esmalte e

dentina ao ácido para 15 segundos, utilizando ácido fosfórico a 37% apresentava resultados adequados em termos de força de adesão<sup>5,20</sup>. Vários estudos foram realizados e percebeu-se que o ataque ácido remove cerca de 10 µm da camada mais superficial do esmalte e proporciona uma superfície irregular formada por micróporos com profundidades de 5-50 µm<sup>18,20</sup>. Após a polimerização, a resina infiltrada forma *resin tags*, aumentando a retenção e possibilitando uma adesão duradoura<sup>18,21,22</sup>. Na observação por microscópio eletrônico, o efeito do ataque ácido é visível sob a forma de pequenos orifícios que resultam da dissolução do fluído interprismático<sup>23</sup>.

Ao longo dos anos foram introduzidos diversos sistemas adesivos dentários e foram elaboradas formas de os classificar e catalogar para os diferenciar<sup>23</sup>. Uma das classificações foi baseada no mecanismo de condicionamento e no número de passos do protocolo de aplicação. Esta classificação foi construída para classificar os sistemas *self-etch* e *total-etch (etch and rinse)*. Os sistemas *total-etch* dependem principalmente da remoção da camada mais superficial do esmalte, a *smear-layer*. Esta última sendo o resultado da instrumentação da peça dentária. Já os sistemas *self-etch* dissolvem apenas parcialmente esses mesmos componentes<sup>23</sup>.

Pelas suas características já descritas, o esmalte tem sido considerado um substrato relativamente previsível no que se refere a técnicas adesivas. Pelo contrário, a dentina é um substrato vital, com uma matriz orgânica heterogênea e com capacidade de hidratação própria<sup>24,25</sup>, o que torna bastante mais complexos os procedimentos adesivos quando comparados com os realizados no esmalte<sup>20</sup>.

### 1.5.3. Evolução dos sistemas adesivos

A medicina dentária adesiva, por assim dizer, começou em 1955 quando Buonocore<sup>15</sup> descobriu os benefícios da utilização do condicionamento ácido. Com o avanço tecnológico, os sistemas adesivos dentários evoluíram desde a técnica *no-etch* – sem condicionamento ácido, passando pela técnica *total-etch* (4ª e 5ª gerações) – condicionamento ácido em toda a superfície da cavidade resultante do preparo dentário, até à técnica *self-etch* (6ª, 7ª, e 8ª gerações) – o condicionamento ácido é feito indiretamente, recorrendo ao uso de *primers* acídicos, evitando assim, o risco de *over-etching*<sup>18</sup>. Atualmente, a adesão ao substrato dentário tem como base 3 estratégias: *etch-and-rinse*, *self-etch* e o uso de ionómero de vidro modificado por resina, este último por ter a propriedade única de se conseguir auto-aderir aos tecidos dentários. Mais

recentemente foi introduzida uma nova família de sistemas adesivos, os sistemas universais ou *multi-mode*, que podem ser utilizados como *etch-and-rinse* ou *self-etch* <sup>18</sup>.

Assim, as modificações e melhorias dos sistemas adesivos foram as seguintes:

- A primeira geração ocorre em 1956, quando Buonocore e colaboradores sugerem o uso de ácido glicerofosfórico para aderir resina dimetacrilato à dentina <sup>18</sup>.
- A segunda geração surge no final dos anos 70, com algumas alterações e melhorias. A maioria destes sistemas incorporavam ou um diéster derivado do ácido metacrílico e do éter diglicídico do bisfenol A, o bisfenol glicidil dimetacrilato, mais conhecido como “bis-GMA”, ou um hidroxietil metacrilato, também chamado de HEMA. Estes sistemas aderiam à dentina através de ligações iônicas ao cálcio o que lhes conferia uma adesão superior à dos sistemas de 1.<sup>a</sup> geração. Nestes sistemas não era realizado ataque ácido na dentina e o adesivo era colocado sobre a *smear layer* <sup>18</sup>.
- Os sistemas de terceira geração recomendavam ataque ácido na dentina e a modificação da *smear layer* para permitir a adesão e penetração do *primer* nos túbulos dentinários <sup>25</sup>. O *primer* usado continha monómeros resinosos hidrofílicos, que incluíam 4-metacriloxietil trimelítico (4-META) e bisfenol dimetacrilato. Esta geração superou as antecedentes <sup>18,25</sup>.
- Com a quarta geração tiveram início os sistemas *total etch* ou *etch and rinse*. Nestes sistemas a *smear layer* era totalmente removida de modo a facilitar a adesão à dentina. Esmalte e dentina eram condicionados com ácido ortofosfórico a 40%. Foi documentado que concentrações mais altas provocavam o colapso das fibras de colagénio <sup>26</sup>. Em 1982 foi descoberta pela primeira vez a camada híbrida, estrutura formada na dentina devido à desmineralização da superfície, seguida da infiltração de monómeros e subsequente polimerização <sup>27</sup>. A quarta geração utiliza a técnica de *total etch*, em que tanto o esmalte como a dentina são condicionados durante 15 a 20 segundos. A superfície era depois deixada ligeiramente húmida de modo a ser aplicado o monómero hidrofílico e de seguida o adesivo resinoso, para que os túbulos dentinários ficassem completamente selados por meio de *resin tags* <sup>18,28</sup>.
- A quinta geração envolveu a introdução de sistemas *self-etch*, assim como uma combinação de *primer* e adesivo com o sistema *total etch*. O conceito era o de assegurar uma forma fácil e rápida de conseguir adesão a esmalte e a dentina. Nos

sistemas *self-etch*, o ácido e o *primer* encontram-se juntos e o adesivo é armazenado separadamente. Nos sistemas *total-etch*, o *primer* e adesivo estão combinados e são aplicados de uma só vez após condicionamento ácido<sup>29</sup>.

- Os sistemas de sexta e sétima gerações apenas necessitam de um único procedimento para adesão, no qual o condicionamento ácido, o *primer* e o adesivo encontram-se combinados no mesmo recipiente, sendo aplicados simultaneamente, o que simplifica significativamente o protocolo adesivo, podendo evitar erros sem que seja comprometida a força de adesão<sup>28,30,31</sup>. Contudo, armazenar todos os constituintes num só recipiente por períodos longos, parece ainda ser um desafio pois as soluções tendem a hidrolisar pela grande quantidade de água que têm na sua constituição acídica<sup>32</sup>.
- Em 2010 foi introduzido o primeiro sistema adesivo de oitava geração, cujas partículas se enquadram na dimensão nanométrica<sup>33</sup> (o tamanho médio das partículas é de 12 nm). Esta característica facilita a infiltração dos monómeros resinosos no substrato, o que potencia as propriedades mecânicas do sistema adesivo<sup>34,35</sup>.

A tabela 2 apresenta um resumo das diversas gerações de sistemas adesivos, bem como as principais características de cada um:

Tabela 2: Classificação dos sistemas adesivos por geração (Adaptado de Sofan et al.<sup>14</sup>).

Geração	N.º de passos	Pré-tratamento da superfície	Componentes	Força de adesão ao cisalhamento (MPa)
1. <sup>a</sup>	2	Ataque ácido no esmalte	2	2
2. <sup>a</sup>	2	Ataque ácido no esmalte	2	5
3. <sup>a</sup>	3	Ataque ácido na dentina	2 – 3	12 – 15
4. <sup>a</sup>	3	Ataque ácido no esmalte e dentina	3	25
5. <sup>a</sup>	2	Ataque ácido no esmalte e dentina	2	25
6. <sup>a</sup>	1	Ataque ácido através de <i>primer</i> acídico	2	20
7. <sup>a</sup>	1	Ataque ácido através de <i>primer</i> acídico	1	25
8. <sup>a</sup>	1	Ataque ácido através de <i>primer</i> acídico	1	>30

#### 1.5.4. Primeiros passos da adesão em Ortodontia

Inicialmente, quando a utilização de aparatologia ortodôntica fixa começou a ser praticada, esta foi conseguida através de bandas de ouro ou aço inoxidável. Estas bandas

circundavam todo o dente e requeriam, para isso, a existência de espaços interproximais abertos para acomodar a espessura do material que as constituía. A abertura deste espaço era conseguida através da colocação de um arame ou elástico, mas consumia bastante tempo e era desconfortável para o paciente. No final do tratamento estes pequenos diastemas precisavam de ser encerrados novamente. Além disso, a aplicação de bandas desencadeava frequentemente trauma gengival aquando da sua colocação e, ainda durante o tratamento, descalcificação do esmalte que ficava subjacente à banda<sup>36</sup>. Por estas razões, a solução passava por colar *brackets* ortodônticos diretamente no esmalte dentário, eliminando a necessidade das bandas<sup>37</sup>.

No início dos anos 70. Miura<sup>38</sup>, desenvolveu uma técnica para colar *brackets* plásticos ao esmalte após condicionamento ácido do mesmo. O autor descobriu que a força de adesão diminuía ao longo do tempo devido às características do ambiente oral, como humidade e variações no pH. Além disso, as forças mastigatórias e funcionais aplicadas nos arcos ortodônticos metálicos levaram a várias fraturas das aletas plásticas dos *brackets*. Ainda assim, foi este avanço de Miura que impulsionou, até aos dias de hoje, o desenvolvimento da adesão em ortodontia, assim como do *design* dos *brackets*.

Retief et al<sup>39</sup>, desenvolveram um sistema adesivo, à base de resina *epoxy*, capaz de colar eficazmente *brackets* metálicos. Este adesivo não apresentava contração de polimerização significativa durante a tomada de presa e apresentava pouca absorção de água, o que o tornava particularmente útil em meio oral. Estas características produziam forças de adesão suficientes para resistir às forças a que os *brackets* seriam submetidos. O mesmo autor, desenvolveu ainda uma rede em malha que era depois soldada à base do *bracket* para aumento de retenção do adesivo.

No início dos anos 80, foram introduzidos em Medicina Dentária, os materiais restauradores fotopolimerizáveis. Estes materiais viriam a ser muito populares na adesão de todo o tipo de aparatologia ortodôntica. O seu sucesso entre os clínicos deveu-se à possibilidade de obter tempos de trabalho virtualmente ilimitados. Contudo, descobriu-se rapidamente que o comprimento de onda necessário para a polimerização desses adesivos era nocivo à saúde, nomeadamente para a visão e pele. Mais tarde este problema foi resolvido recorrendo a um iniciador novo (canforoquinona), que era sensível a comprimentos de onda no espetro de luz visível e com recurso a uma luz de halogénio-quartzo-tungsténio. Deste modo tornou-se segura a utilização destes adesivos<sup>37,40</sup>.

Em 1996, a 3M Unitek<sup>†</sup> introduziu um sistema de *brackets* metálicos com adesivo fotopolimerizável pré-aplicado. O Ortodontista tinha apenas de fazer ataque ácido, aplicar uma fina camada de *bonding* no esmalte e aplicar os *brackets*<sup>37,41</sup>.

Em 2000, os *primers self-etch*, tornaram-se eficazes no condicionamento da dentina e esmalte. Atualmente existe a possibilidade de utilizar sistemas *etch-and-rinse*, *self-etch*, cimentos de ionómero de vidro ou cimentos de ionómero de vidro modificado por resina, estes dois últimos com menor sensibilidade à humidade, mas com forças adesivas inferiores aos sistemas anteriores<sup>41</sup>.

Uma outra forma de colar *brackets* que tinha sido pensada e desenvolvida, em 1972, por Silverman<sup>42</sup> teve alguns avanços e atualmente existem Ortodontistas que a praticam rotineiramente. Esta técnica, chamada de indireta, tinha como objetivo colar todos os *brackets* necessários ao tratamento num mesmo passo, ou seja, todos os *brackets* eram colados simultaneamente. Na técnica original eram obtidos modelos de estudo em gesso e a superfície vestibular dos dentes era tratada com uma solução líquida que servia de espaçador para que os *brackets* pudessem ser removidos. Podiam ser usados *brackets* plásticos ou metálicos e estes eram colados no modelo com um sistema à base de caramelo e solúvel em água. O caramelo permitia a modificação da posição dos *brackets* pois podia ser aquecido, permitindo o reposicionamento e, com o *bracket* fixo na nova posição era necessário que o caramelo voltasse a solidificar com a diminuição da temperatura. Após todos os *brackets* estarem nas suas posições finais, era feita uma impressão com um composto com viscosidade *light* à base de polivinil siloxano, seguida por uma impressão com baixa viscosidade (*putty*) com a mesma composição, formando uma moldeira que depois era adaptada na boca, alinhando todos os *brackets* simultaneamente nas suas posições.

Os avanços nesta técnica levaram a que, atualmente, sejam utilizados materiais transparentes, geralmente plásticos ou acrílicos também usados em goteiras. Desta forma é possível a utilização de resinas *flowable*, cuja viscosidade é bastante elevada, e a fotopolimerização é conseguida através da moldeira transparente<sup>43</sup>.

Atualmente existem ainda Ortodontistas que preferem posicionar manualmente cada um dos *brackets*, colagem direta, pelo controlo que isso lhes confere no momento exato da colagem, assim como existem clínicos que preferem diminuir o tempo de cadeira e colar todos em simultâneo numa moldeira customizada, colagem indireta<sup>41,43</sup>.

---

<sup>†</sup> 3M Unitek, Monrovia, California, EUA

## **1.5.5. Brackets ortodônticos**

### **1.5.5.1. Brackets metálicos**

Os primeiros *brackets* metálicos eram conseguidos a partir de aço inoxidável deformado a frio e tinham bases perfuradas de forma rudimentar e imperfeita que permitiam que o adesivo fluísse através delas<sup>44</sup>. Os *brackets* de aço inoxidável não formam uma união com o adesivo, mas são retidos num interface base-adesivo por interligações mecânicas<sup>45</sup>. Originalmente as bases continham apenas uma fila de perfurações ao longo da margem e, no centro, a base do *bracket* era composta por uma superfície lisa que em nada contribuía para a retenção. Este desenho foi mais tarde alterado para bases com configuração em rede de malha que aumentaram significativamente a força de adesão<sup>44,45,46</sup>.

### **1.5.5.2. Brackets plásticos**

Os *brackets* em plástico começaram por ser divulgados no início dos anos 70 e inicialmente eram constituídos por acrílico ou policarbonato. Contudo, os ortodontistas não aderiram à sua utilização em alternativa aos metálicos porque vários problemas foram identificados rapidamente como pigmentação e libertação de mau odor, mas acima de tudo, a sua fragilidade e pouca rigidez tornavam-nos pouco eficientes<sup>47</sup>.

Numa simulação do meio intraoral, Harzer *et al.*<sup>48</sup> registaram grandes perdas de torque e momentos de torque inferiores associados a *brackets* em policarbonato, quando comparados com os seus análogos metálicos. De forma a tentar compensar as limitações dos *brackets* em policarbonato, foram introduzidos *brackets* em poliuretano e em policarbonato reforçado por cerâmica ou fibra de vidro. Foram ainda introduzidos *brackets* em policarbonato reforçado por metal, demonstraram maior rigidez, mas os resultados em termos de expressão de torque continuaram bastante inferiores<sup>49</sup>.

### **1.5.5.3. Brackets em cerâmica**

Os *brackets* em cerâmica foram introduzidos em 1980<sup>50</sup>. Estes possuem a vantagem da estética em relação aos metálicos. Atualmente, todos os *brackets* em cerâmica têm composição em óxido de alumínio podendo este estar na sua forma policristalina ou monocristalina, dependendo do método de fabrico. Inicialmente resultavam da maquinação de apenas um cristal de safira com recurso a instrumentos

diamantados<sup>51</sup>. Mais recentemente surgiram os *brackets* em alumina monocristalina (AMC), maquinados a partir de safira sintética<sup>51</sup>. Os *brackets* cerâmicos não possibilitam a ligação química com os agentes adesivos devido às características inertes próprias da composição do óxido de alumínio. Para combater isso, em associação aos *brackets* cerâmicos era utilizado um silano que servia como mediador entre a base do *bracket* e o adesivo resinoso. A retenção química que se conseguia era de tal forma elevada que induzia stress à interface esmalte/adesivo durante a descolagem, o que poderia resultar em danos irreversíveis para o esmalte<sup>52</sup>. Por outro lado, as características estruturais dos *brackets* cerâmicos podem causar problemas no momento em que são descolados, sobretudo pela grande friabilidade e rigidez e ausência de capacidade de deformação que implica que, no momento da descolagem, o material não se deforme, o que pode conduzir o *stress* das forças aplicadas ao esmalte subjacente<sup>53</sup>. A Associação Americana de Ortodontia levou a cabo, em 1988, um inquérito para avaliar a experiência dos seus membros sobre a adesão química de *brackets* cerâmicos. Os resultados levaram à recomendação de que os ortodontistas informassem os seus pacientes dos possíveis efeitos nefastos no esmalte deste tipo de *bracket* e que fosse assinado um consentimento informado nesse sentido<sup>54</sup>.

Alguns autores referem ainda, que os *brackets* cerâmicos apresentavam forças de fricção significativamente superiores aos *brackets* metálicos<sup>50,55</sup>. Birnie<sup>50</sup> recomendou que não fossem utilizados *brackets* cerâmicos para efetuar movimentos de *sliding* e sugeriu a utilização de *brackets* metálicos como alternativa.

A tabela 3 apresenta uma comparação entre as principais propriedades físicas de cada material.

Tabela 3: Propriedades físicas das estruturas em alumina mono e policristalina e aço inoxidável. AMC – Alumina monocristalina; APC – Alumina policristalina. (Adaptado de Birnie<sup>50</sup>)

Propriedade	AMC	APC	Aço inox
Rigidez (Rockwell)	97.5	82.5	5 - 35
Resistência à tração	260	55	30 - 40
Resistência à fratura	2 - 4.5	3 - 5	80 - 95

A sua dureza pode também causar abrasão na dentição e tem sido documentado desgaste significativo no esmalte na zona palatina de incisivos superiores devido ao

contacto com os *brackets* colocados em vestibular dos incisivos inferiores, em apenas seis semanas de uso<sup>56</sup>.

#### 1.5.5.4. *Brackets* cerâmicos reforçados com metal

Numa tentativa de melhorar as características de fricção dos *brackets* em cerâmica policristalina, foram introduzidos os *brackets* cerâmicos com sulcos para o arco ortodôntico em metal para permitir mecânicas de *sliding* mais suaves e com menos fricção, tendo ainda a possibilidade de alcançar forças superiores. Existem ainda *brackets* reforçados por metal com sulcos em ouro de 18 quilates. Estes parecem ser superiores aos de aço inoxidável por conseguirem uma menor fricção gerada pela passagem do arco ortodôntico<sup>49</sup>.

#### 1.5.6. Morfologia da base do bracket

Inicialmente pensou-se que a estrutura e arranjo da base do *bracket* ortodôntico poderia ter influência na forma como a falha de adesão ocorria e, assim, teria um efeito nos danos que a superfície do esmalte sofreria durante a remoção do bracket, por exemplo, indentações ou ressaltos poderiam aumentar a retenção mecânica<sup>45,57</sup>.

O mais comum em *brackets* metálicos, é uma rede soldada à base do *bracket*, formando uma estrutura capaz de exercer retenção mecânica<sup>57</sup>. A força de adesão dos *brackets* com bases constituídas por rede é influenciada pelo diâmetro dos filamentos metálicos que a constituem, e pelo número e tamanho das ranhuras por unidade de área. Isto porque o volume livre disponível afeta a infiltração de resina. A influência destas variáveis foi demonstrada, tendo-se verificado igualmente que uma malha relativamente grossa aumentava a força de adesão<sup>45</sup>. Outros autores, pelo contrário, demonstraram que uma malha de espessura fina entrelaçada obtinha resultados superiores<sup>58</sup>.

Através de microscopia são observáveis zonas da malha do *bracket* que não são preenchidas por adesivo, resultando em lacunas de ar aprisionado na interface adesivo/base, possivelmente resultantes da contração de polimerização ou pela permanência de ar durante a adesão, acabando por ficar aprisionado nas ranhuras<sup>45,58</sup>.

Knox *et al.*<sup>57</sup> investigaram a influência da morfologia da base do *bracket* e do agente adesivo ortodôntico na força de adesão, e concluíram que o adesivo tinha uma influência significativa sobre a força de adesão e que alguns *desenhos da* base dos

*brackets* deveriam aumentar a infiltração adesiva e permitir a passagem da luz fotopolimerizadora.

Bishara et al.<sup>59</sup> testaram a força adesiva de dois tipos de *brackets* metálicos, um com base em rede simples e outro com uma base em rede dupla, ambos com o sistema adesivo Transbond XT<sup>‡</sup>. Os resultados para ambos os *designs* foram semelhantes, e quando comparado o índice de remanescente adesivo (IRA), concluiu-se que ambos os *designs* apresentavam o mesmo tipo de falha<sup>59</sup>.

## 1.5.7. Protocolo de adesão em ortodontia

### 1.5.7.1. Profilaxia

A superfície dentária *in vivo* encontra-se coberta por uma película de biofilme constituído por proteínas que se forma na superfície do esmalte pela ligação seletiva de glicoproteínas da saliva. É recomendado que seja realizada profilaxia da superfície dentária antes do ataque ácido de modo a facilitar o acesso do agente acidificante à superfície de esmalte<sup>60</sup>. Os métodos profiláticos mais habituais são o uso de escovas ou de borrachas profiláticas em contra-ângulo em baixa rotação, acompanhados de um agente abrasivo. Idealmente, uma pasta profilática deverá ser suficientemente abrasiva de modo a remover quaisquer resíduos da superfície do esmalte sem causar abrasão na mesma. Os tipos de abrasivos mais comuns são a pasta de pedra pomes, de sílica e de silicato de zircónia, todos eles apresentando rigidez superior à do esmalte<sup>60,61</sup>. É expectável que ocorra sempre alguma perda de esmalte aquando da utilização destes materiais. A literatura refere que uma profilaxia com escova durante 10 a 15 segundos poderá desgastar até 10 µm da superfície de esmalte<sup>60,61,62</sup>.

### 1.5.7.2. Condicionamento ácido

O trabalho de Buonocore<sup>18</sup> levou à descoberta de que havia uma melhoria da retenção de materiais restauradores acrílicos quando era efetuado tratamento prévio no esmalte com ácido. Em 1974, estudos demonstraram que soluções ácidas de 20-50%, aplicadas durante 1-2 minutos produziam condições retentivas favoráveis, sendo assim recomendadas para uso clínico<sup>63,64</sup>. Foi demonstrada e evidenciada a capacidade dos adesivos dentários penetrarem nas microporosidades criadas no esmalte e a importância

---

<sup>‡</sup> 3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA

deste aspeto para o aumento da adesão<sup>29,65</sup>. O condicionamento do esmalte com ácido ortofosfórico altera a sua superfície de duas formas. Por um lado, o ácido dissolve a camada mais superficial do esmalte e em simultâneo torna a superfície de esmalte porosa ao dissolver apenas parcialmente os seus prismas<sup>17,23</sup>.

Soetopo et al.<sup>66</sup> avaliaram através de testes de tensão e deformação elástica a força adesiva após condicionamento ácido com soluções distintas. O ácido ortofosfórico a 16% produziu a maior força de adesão, já com soluções a 2% e 40% os resultados foram semelhantes entre si, mas inferiores aos obtidos com a concentração de 16%. Zidan<sup>67</sup> documentou também que não existia diferença significativa na força de adesão ao usar soluções ácidas a 2%, 5% e 35%, ainda que a dissolução de esmalte superficial fosse significativamente maior com solução a 35% do que com a solução a 2%. Moin<sup>68</sup> registou aquele que foi o padrão de condicionamento ácido mais consistente, uniforme e adequado utilizando uma solução de ácido ortofosfórico a 30-40%. Rock<sup>69</sup> registou forças de adesão significativamente superiores em dentes condicionados com ácido ortofosfórico a 30% do que a 50%.

Atualmente, a concentração de 37% é a mais comumente utilizada clinicamente uma vez que produz forças adesivas semelhantes às conseguidas com concentrações superiores mas com menos destruição da superfície de esmalte<sup>70,71,72</sup>.

Em termos de duração da aplicação do condicionamento ácido, ainda é um assunto controverso. Britton et al.<sup>73</sup> realizaram testes *in vitro* utilizando pré-molares e efetuando o condicionamento com ácido ortofosfórico a 37% durante 15 a 60 segundos. Os autores registaram um aumento da força adesiva quando o condicionamento ácido era de curta duração. Outros autores testaram tempos de ação diversos desde 5, 15, 60, 90 até 120 segundos e todos referem que com tempos de ação mais curtos não se verifica uma descida da força de adesão<sup>74,75,76</sup>. Cartensen<sup>77</sup> investigou a taxa de falha adesiva de *brackets* metálicos com *design* de base em rede aderidos em 1134 dentes anteriores após condicionamento ácido por 30-35 segundos com ácido fosfórico a 37%. Apenas dez *brackets* foram perdidos durante os 16 meses que durou o estudo. Numa segunda investigação do mesmo autor, foram comparados tempos de condicionamento de 15-20 segundos com tempos de 30-35 segundos. A conclusão a que o autor chegou foi de que 15 segundos de condicionamento eram suficientes para adesão de *brackets* em dentes anteriores, mas que os danos no esmalte não eram significativos com condicionamentos até aos 30 segundos. Em conjunto com os estudos supracitados, um outro estudo realizado

por Osorio<sup>78</sup>, refere as durações de ataque ácido de 15 ou 30 segundos como as mais rotineiramente utilizadas para adesão de *brackets* ortodônticos.

### 1.5.7.3. Adesivos em ortodontia

O sucesso da aplicação de *brackets* está dependente da adequada força de adesão<sup>79</sup>. Após a sua colocação em boca, os *brackets* terão de suportar uma série de forças, o que resulta numa distribuição complexa de *stress* entre os seus intervenientes, neste caso a base do *bracket*, adesivo e esmalte<sup>79,80</sup>.

Idealmente, o adesivo deverá apresentar algumas características para que possa ser parte integrante de um tratamento ortodôntico de sucesso. Deverá assim, ter força de adesão suficiente para se manter aderido até ao final do tratamento, suportando forças mastigatórias assim como ortodônticas. Contudo essa força de adesão não deverá ser demasiado elevada de forma a danificar a superfície do esmalte durante a sua remoção. Deverá ainda ser de fácil utilização para o operador, tendo um tempo de trabalho razoável. Acima de tudo deve possibilitar que o aspeto da superfície de esmalte no final do tratamento seja idêntica aquela encontrada no início<sup>41,79</sup>. Alguns autores referem ainda a importância da obtenção de uma adesão satisfatória tendo em conta as condições húmidas da cavidade oral, sendo também este um ponto importante para que o adesivo possa ser considerado ideal<sup>41,79,80,81</sup>.

Atualmente são comercializados diversos tipos de adesivo para colagem de *brackets*, sendo os mais comuns as resinas compostas, o cimento de ionómero de vidro, o cimento de ionómero de vidro modificado por resina e os compómeros. De entre estes, o adesivo com as características que melhor se enquadram com as consideradas ideias são os adesivos de resina<sup>79</sup>. A formação de *resin tags* parece ser a grande causa da excelente capacidade adesiva das resinas e, além de lhes conferir essa propriedade, permite ainda que a superfície se torne extremamente impermeável, pelo que a infiltração marginal é evitada<sup>80</sup>. Os cimentos de ionómero de vidro modificado por resina têm sido também referenciados como boas alternativas, sobretudo porque juntam o melhor dos dois mundos, uma vez que a sua componente de ionómero de vidro providencia libertação de flúor e, ao contrário das resinas, não é sensível ao ambiente húmido da cavidade oral. Já a componente resinosa providencia uma adesão forte e previsível<sup>41,79,80,81</sup>.

Segundo a literatura, o sistema Transbond™ XT<sup>§</sup> parece ser o mais utilizado em grupos de controlo e, por essa razão, é o mais estudado de todos os sistemas adesivos ortodônticos<sup>82</sup>.

#### 1.5.7.4. Polimerização

Existem essencialmente três tipos de adesivos no que concerne à forma como polimerizam: polimerização química, também chamados de auto-polimerizáveis; sistemas fotopolimerizáveis; sistemas em que a polimerização se dá através dos dois processos já mencionados, também chamados de sistemas *dual*. O processo de polimerização acontece quando pequenas moléculas (monómeros) são transformadas em cadeias longas formadas por polímeros<sup>83</sup>.

Os adesivos auto-polimerizáveis foram os primeiros a surgir para aplicações ortodônticas. A sua polimerização é iniciada logo que os seus constituintes sejam misturados. Uma vez iniciada a mistura, o operador tem um determinado tempo de trabalho em que terá de colocar o *bracket* na posição correta e tirar os excessos de adesivo, tendo extrema cautela para não alterar a posição do *bracket*. Durante todo o processo de colocação do *bracket*, a presa estará a acontecer e as alterações na posição podem enfraquecer a adesão<sup>83</sup>. A possibilidade de que bolhas de ar fiquem aprisionadas durante a mistura, sendo incorporadas na porção de adesivo que irá ser colocada no *bracket* pode levar ao enfraquecimento da força de adesão. Além deste último aspeto, o tempo aumentado requerido para a mistura, que muitas vezes precisa de ser repetida para colocação de *brackets* em ambas as arcadas, representam as duas grandes desvantagens dos sistemas auto-polimerizáveis<sup>83,84</sup>.

Posteriormente, surgiram os adesivos fotopolimerizáveis que vieram permitir que fosse o operador a decidir quando iniciar a polimerização após colocação do *bracket* no local ideal. Assim, o operador passou a ter mais tempo de trabalho e a possibilidade de retirar excessos antes que a polimerização seja iniciada, o que permite uma colocação mais precisa dos dispositivos ortodônticos<sup>84</sup>.

Os primeiros sistemas utilizavam luz ultravioleta (UV) mas necessitavam de grande tempo de exposição por *bracket* (90 segundos) e acarretavam preocupações a nível da segurança na sua utilização. Foram então substituídos pelos sistemas de luz visível que

---

<sup>§</sup> 3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA

são utilizados atualmente. A sua principal desvantagem é a possibilidade de uma polimerização incompleta por exposição insuficiente à luz<sup>83,84</sup>.

Os sistemas *dual*, introduzidos na Medicina Dentária nos anos 80, possuem compostos químicos que se comportam como iniciadores e aceleradores tanto para uma polimerização química, como através da luz, podendo beneficiar de ambos os sistemas. A sua maior desvantagem é que o tempo de trabalho é limitado pelo início da polimerização química, o que além de dificultar o correto posicionamento do dispositivo limita o tempo para retirar excessos<sup>85</sup>. A sua grande vantagem é a polimerização completa nas zonas que a luz poderá não alcançar<sup>84,85</sup>.

Nesse sentido, os adesivos fotopolimerizáveis têm vindo a tornar-se os mais populares para uso ortodôntico, por características como o seu baixo risco de contaminação, a consistência do material que é a ideal para a colocação dos dispositivos e o tempo de trabalho virtualmente ilimitado<sup>86</sup>.

### 1.5.8. Força de adesão

No que respeita a *brackets* ortodônticos, a força de adesão é uma das principais características que é constantemente analisada. Conforme novos produtos são lançados, os níveis de força de adesão frequentemente estão entre as principais vantagens anunciadas, de forma que a determinação *in vitro* dessa força continua a ter grande importância e interesse<sup>87</sup>. O processo de análise das forças adesivas ou do potencial adesivo de determinado sistema é extremamente complexo por estar sujeito a um grande número de variáveis difíceis de replicar e de prever, mas que representam uma grande influência na sobrevivência e longevidade do interface *bracket*-adesivo. A literatura refere com mais frequência dois métodos de teste utilizados como forma de mensurar a força de adesão: testes de tração; testes de cisalhamento, este último sendo o mais utilizado. Para que os testes de cisalhamento funcionem corretamente, é necessário que o vetor da força a aplicar seja paralelo ao longo eixo do dente, e o ponto de aplicação o mais próximo possível do interface *bracket*-adesivo. Geralmente associado a estes testes, grande parte dos autores recorrem ao índice de remanescente de adesivo (IRA), para avaliar a zona do interface em que ocorreu a falha adesiva e, assim, caracterizar essa falha<sup>45,88</sup>.

Existem na literatura valores médios de força de adesão de *brackets* ortodônticos tanto em estado novo como reciclados com diversos métodos de condicionamento. No

entanto, a comparação destes estudos é complexa, no sentido em que os métodos de teste, bem como os materiais utilizados nem sempre são os mesmos<sup>82</sup>.

Fleischman et al<sup>89</sup>, registaram valores médios de força de adesão de 10.12 Mpa e optaram por não utilizar o IRA para registar o local da fratura. Referiram, contudo, a complexidade de utilizar este tipo de resultados para a tomada de decisão clínica, porque os estudos carecem de uma padronização nos seus materiais e métodos.

Romano et al<sup>4</sup> relataram forças médias de adesão em *brackets* novos de 12.96 Mpa com uma prevalência do *score* IRA de 2. Demonstrando uma falha adesiva do tipo misto com predominância na interface adesivo-*bracket*.

Maaithah et al<sup>45</sup>, registaram valores médios de força de adesão em *brackets* novos, reconicionados com brocas de pedra verde e reconicionados com jato de óxido de alumínio de 11.95 Mpa, 11.65 Mpa e 11.56 Mpa, respetivamente. Os autores registaram ainda um *score* do IRA mais prevalente de 3, para todos os métodos. Deste modo a falha ocorreu predominantemente do interface adesivo-*bracket*.

Chacko et al<sup>90</sup>, chegaram a valores médios de força de adesão de 8.33 Mpa para reconicionamento com laser Er:YAG, 6.12 Mpa para o jato de óxido de alumínio, 4.44 Mpa para reconicionamento térmico seguido de electropolimento e, por fim, 3.08 Mpa para reconicionamento com brocas de pedra verde. Não foram coletados dados de IRA.

Brunharo et al<sup>91</sup>, compararam, entre outros métodos de reconicionamento, o jato de óxido de alumínio e o desgaste abrasivo com brocas de pedra verde, obtendo resultados médios de força de adesão de 7.04 Mpa e 9.26 Mpa, respetivamente. Não foi tido em conta o IRA.

Yassaei et al<sup>92</sup>, obtiveram resultados comparativos de força de adesão em *brackets* cerâmicos novos e reciclados. Os valores médios registados para *brackets* novos e reconicionados com jato de óxido de alumínio e através de laser Er:YAG foram de 15.31 Mpa, 16.83 Mpa e 13.40 Mpa, respetivamente. Não foi utilizado o IRA.

Gupta<sup>93</sup> testou também diversas formas de reconicionamento de *brackets* para recolagem. Registou a força de adesão após tratamento com jato de óxido de alumínio, chama direta e também uma combinação de chama direta seguida de jato de óxido de alumínio e um banho em solução ácida contendo ácido hidrocloreídrico a 32% e ácido nítrico a 55%, obtendo valores médios de 5.02 Mpa, 2.05 Mpa e 2.30 Mpa, respetivamente. Não utilizou o IRA.

Como é perceptível, os vários autores supracitados chegaram a resultados bastante diferentes entre si e, por esta razão diversos autores referem também diferentes intervalos

de forças de adesão que consideram ideais aquando da aplicação de *brackets* ortodônticos com sistemas adesivos fotopolimerizáveis. Contudo, o intervalo mais citado na literatura parece ser o de 6 a 8 MPa, descrito por Reynolds<sup>94</sup>.

Bishara<sup>95</sup>, sugeriu também que ultrapassar forças de adesão de 11.1 Mpa aumenta significativamente os riscos de lesar a superfície de esmalte no momento da descolagem dos *brackets*.

Esta força dependente de inúmeras variáveis, desde as características do sistema adesivo, qual o dente utilizado, existência de alterações na estrutura superficial do esmalte, tempo e concentração do ataque ácido, morfologia da base do *bracket*, a distância a que é feita a fotopolimerização e até mesmo o tipo de fotopolimerizador<sup>94,96</sup>.

### 1.5.9. Remoção de *brackets* ortodônticos

A evolução dos sistemas adesivos para colocação de *brackets* e o aumento da sua eficácia poderá acarretar um problema aquando da remoção dos dispositivos ortodônticos.

Bishara et al<sup>59</sup> referiram que se as forças para remoção do *bracket* excederem os 11.3 MPa poder-se-ão verificar fraturas na superfície de esmalte, sendo menos provável que essas fraturas aconteçam se as forças forem de intensidade igual ou inferior a 7.3 MPa.

Com as forças de adesão ao esmalte elevadas que os sistemas adesivos atuais permitem alcançar, é desejável que a fratura aconteça preferencialmente na interface *bracket*-adesivo, ficando o remanescente de adesivo maioritariamente no esmalte e poupando assim a sua superfície de possíveis danos<sup>62,97</sup>.

Num estudo elaborado por Knösel et al.<sup>98</sup>, foram comparadas várias formas de descolamento de *brackets* metálicos. Os autores concluíram que o uso de um alicate de remoção de *brackets*, realizando um movimento de torção, as lesões no esmalte eram mínimas quando comparadas às induzidas por alicates de corte ou alicates de pontas de bico.

### 1.5.10. Índice de Remanescente Adesivo (IRA)

Por definição, a falha adesiva é aquela que ocorre entre dois materiais, já a falha coesiva é aquela que acontece no interior de um material apenas<sup>62</sup>.

Em ortodontia, as falhas adesivas podem ocorrer entre esmalte e adesivo assim como entre o adesivo e o *bracket*. Por outro lado, as falhas coesivas podem acontecer no interior propriamente dito do adesivo, do dente ou do *bracket*, e geralmente refletem valores bastante altos de força de adesão. Nestes casos, as forças de adesão são tão elevadas que a fratura acontece na própria estrutura interna do adesivo, do dente ou do *bracket*, ao contrário das falhas mais comuns que ocorrem num dos dois interfaces adesivos – esmalte/adesivo ou adesivo/*bracket* - <sup>97</sup>. Muitas vezes as falhas ocorrem por combinação de falhas adesivas e coesivas, havendo fratura parcial adesiva na interface esmalte-adesivo e/ou na interface adesivo-*bracket*, em conjunto com uma fratura parcial coesiva no próprio adesivo que faz a ligação entre os dois interfaces que falham simultaneamente<sup>97,99</sup>.

Artun<sup>100</sup> usou o índice IRA, para avaliar a quantidade de adesivo remanescente na superfície do dente após descolagem do *bracket*. Neste sistema é atribuído um valor numa escala de quatro pontos: 0 = não existe remanescente de adesivo no dente, o que indica que a falha de adesão ocorreu na interface esmalte-adesivo; 1 = permaneceu no dente menos de metade do remanescente adesivo, ou seja, a falha de adesão ocorreu predominantemente na interface esmalte-adesivo; 2 = permaneceu no dente mais de metade do remanescente adesivo, isto traduz-se numa falha de adesão ocorrida predominantemente na interface adesivo-*bracket*; 3 = todo o remanescente permaneceu no dente e é bem visível uma impressão da malha do *bracket* no adesivo, indicando que a falha de adesão ocorreu na interface adesivo-*bracket*<sup>97</sup>.

Sem necessidade de equipamento especial, de execução simples e prática, a utilização do IRA foi amplamente disseminada, o que permitiu que os testes de adesão *in vitro* pudessem vir a ser padronizados. Por ser um método qualitativo e subjetivo, o IRA tem vindo a sofrer algumas adaptações, sendo a mais conhecida a que avalia o remanescente de adesivo no *bracket* ao invés de o fazer na face do dente. Contudo, o método original continua a ser o mais utilizado para avaliação de remanescente adesivo<sup>87,101,102</sup>.

### **1.5.11. Diferentes métodos de tratamento da base do *bracket* para recolagem**

Quando deparado com um *bracket* descolado, o médico dentista ortodontista poderá optar por reciclar o *bracket* descolado ou colar um *bracket* novo<sup>11,101</sup>.

Uma questão importante do ponto de vista da gestão de custos, é que, se se optar por colar um *bracket* novo sempre que ocorrem falhas de adesão, a margem de lucro para o clínico diminuirá, especialmente quando os *brackets* são adquiridos em *kit's* específicos para cada paciente, pois para usar um novo *bracket* será necessário abrir um *kit* novo<sup>103</sup>. Contudo, as duas opções são viáveis e existe na literatura alguma inconsistência de resultados no que respeita à força adesiva em *brackets* recolados, quando comparados com novos. Alguns estudos reportaram forças de adesão inferiores após reciclagem recorrendo a métodos como o jato de óxido de alumínio, brocas de pedra verde, banho ácido, chama direta. Pelo contrário, outros autores relatam valores semelhantes ou até superiores ao utilizarem técnicas idênticas, o que demonstra que não existe um consenso em relação aos resultados das técnicas de reciclagem<sup>7,102,104</sup>.

Para que possam ser reciclados, os *brackets* descolados cuja base estará contaminada com remanescente de adesivo em maior ou menor quantidade, dependendo do interface onde aconteceu a falha, é essencial que seja feito algum tipo de tratamento para que a sua base fique recondicionada para nova adesão<sup>7,11,104</sup>. Existem duas formas de proceder esse tratamento, em consultório ou recorrendo a métodos comerciais<sup>10</sup>.

### **1.5.11.1. Métodos em consultório**

#### **1.5.11.1.1. Preparação por desgaste com brocas**

Com broca de pedra verde ou tungsténio, operada em peça de mão ou CA, a 25.000 rotações por minuto, durante aproximadamente 25 segundos. A remoção de adesivo por fricção mecânica é rápida, simples de executar e pode ser realizada durante a consulta. A desvantagem é que em caso de abrasão superficial, a malha do *bracket* fica coberta de adesivo, perdendo-se o efeito de retenção mecânica obtido pelas ranhuras do *bracket*, ou, pelo contrário, em caso de abrasão total o dispositivo poderá perder as suas zonas de retenção que ficam preenchidas por adesivo, deixando apenas a superfície da malha visível e possibilitando a perda de retenção mecânica dada pela malha (Figura 2)<sup>10,105</sup>.

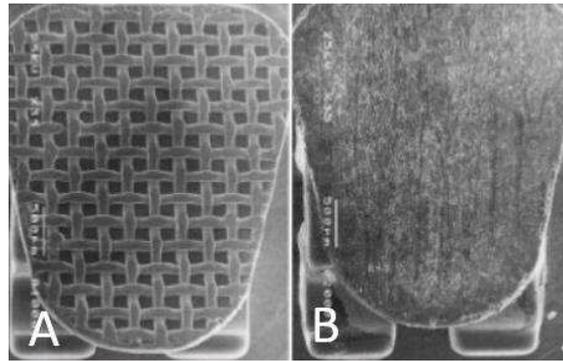


Figura 2: Micrografia da base do bracket por microscopia eletrônica de varrimento. A - Bracket novo; B – Bracket após falha de adesão e preparação superficial com broca de pedra verde. (Adaptado de Basudan et al<sup>106</sup>).

#### 1.5.11.1.2. Jato de óxido de alumínio

O condicionamento do *bracket* poderá ser feito com recurso a um sistema de jato de ar e partículas abrasivas de óxido de alumínio, com tamanho que pode variar de 25  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ , efetuado a uma distância de cerca de 10 mm da base do *bracket*, durante 20 a 40 segundos a uma pressão de 5 bar (72.5 PSI). Com esta técnica é possível deixar a malha perto do seu estado inicial, sobretudo com tamanho de partículas entre os 25 e 30  $\mu\text{m}$  (Figura 3) Foi ainda descrito que a repetição de reciclagem com esta técnica torna as forças de adesão consecutivamente mais baixas, assim como o uso de partículas de tamanho superior aos 100  $\mu\text{m}$ <sup>10,105</sup>.

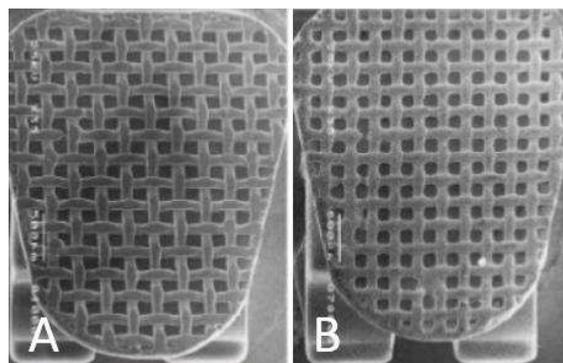


Figura 3: Micrografia da base do *bracket* por microscopia eletrônica de varrimento. A - *Bracket* novo; B – *Bracket* após falha de adesão e preparação com jato de óxido de alumínio. (Adaptado de Basudan et al<sup>106</sup>)

#### 1.5.11.1.3. Aquecimento com chama direta

Com esta técnica, uma chama é diretamente apontada na direção do remanescente adesivo na base do *bracket* durante 3 segundos, sendo visível a sua incandescência. De

imediatamente, o *bracket* é colocado em água à temperatura ambiente e seco com jato de ar. Os *brackets* de aço inoxidável podem suportar temperaturas de 400°C a 500°C sem que sejam perdidas as suas características e propriedades, contudo, acima dos 650°C o *bracket* será danificado irreversivelmente<sup>105</sup>. Apesar de conseguir bons resultados na recuperação e manutenção da malha da base do *bracket* (Figura 4), foram reportadas diminuições na dureza e resistência à tração com este método e resultados superiores são alcançados com recurso apenas a pedra verde. Além disso, a resistência à corrosão dos *brackets* causada pela humidade e pH salivar fica diminuída<sup>86,105,107</sup>.

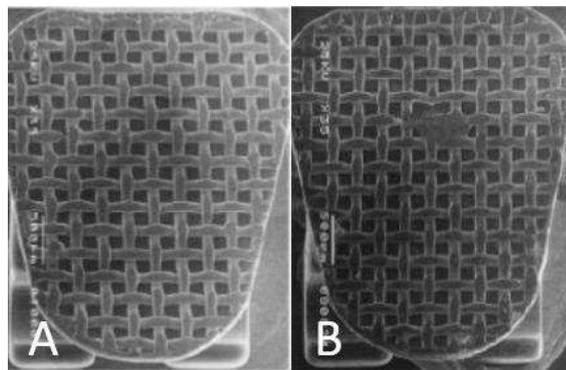


Figura 4: Micrografia da base do *bracket* por microscopia eletrônica de varrimento. A - *Bracket* novo; B - *Bracket* após falha de adesão e preparação com chama direta. (Adaptado de Basudan et al<sup>106</sup>)

#### 1.5.11.1.4. Método “Big Jane”

Com recurso ao equipamento *Esmadent* “Big Jane” E3762 Dental Electropolisher & Furnace\*\*, o *bracket* é colocado durante 60 minutos no forno, pré-aquecido a 454°C, seguidamente é retirado e colocado imediatamente submerso num cimento solvente à temperatura ambiente. Após esse processo o *bracket* é colocado em banho de ultrassons durante 10-15 minutos, seco com jato de ar e é realizado electropolimento, durante 50 segundos, recorrendo ao cimento solvente que faz parte do *kit* do produto. Este método parece conseguir resultados satisfatórios (Figura 5), no entanto, é um processo demorado e envolve a aquisição de equipamentos que não se encontram na generalidade dos consultórios<sup>86</sup>.

---

\*\* ESMA<sup>Inc</sup>, Illinois, EUA.

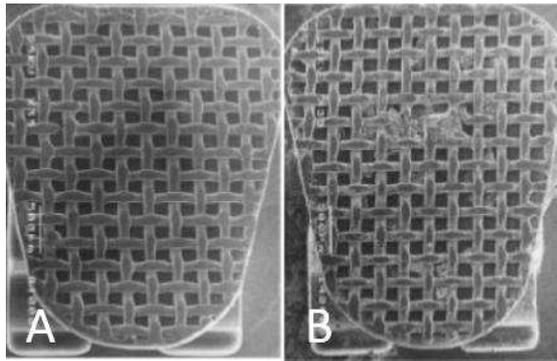


Figura 5: Micrografia da base do *bracket* por microscopia eletrônica de varrimento. A - *Bracket* novo; B – *Bracket* após falha de adesão e preparação pelo método “Big Jane”. (Adaptado de Basudan et al<sup>106</sup>)

#### 1.5.11.1.5. Método Buchman

Um bico de Bunsen é direcionado para a base do *bracket* durante 5-10 segundos ou até o remanescente adesivo se tornar incandescente, momento no qual este deve ser colocado em água à temperatura ambiente. Em seguida, é utilizado jato de óxido de alumínio com partículas de 50  $\mu\text{m}$ , durante 5 segundos, a uma distância de 10 mm e com uma pressão de 5 bar (72.5 PSI). Para terminar é feito electropolimento. Este método é complexo e requer vários passos, o que aumenta o tempo de cadeira, além disso foram registadas alterações à conformação do *bracket* apesar de serem clinicamente irrelevantes (Figura 6)<sup>46</sup>.

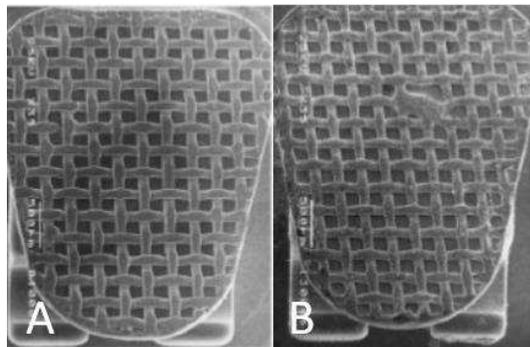


Figura 6: Micrografia da base do *bracket* por microscopia eletrônica de varrimento. A - *Bracket* novo; B – *Bracket* após falha de adesão e preparação pelo método Buchman. (Adaptado de Basudan et al<sup>106</sup>)

#### 1.5.11.1.6. Banho ácido

O adesivo remanescente é retirado com chama direcionada diretamente ao mesmo até que este se torne incandescente e, em seguida, é submerso durante 5-15 segundos

numa solução contendo os ácidos hidroclorídrico a 32% e nítrico a 55%, num rácio de 1:4. Para finalizar, o *bracket* deve ser lavado com água corrente durante 30 a 60 segundos e seco com jato de ar. O autor deste método, Salahudheen<sup>108</sup>, refere que possíveis manchas presentes no *bracket* serão removidas com este acondicionamento e algum remanescente de adesivo que tenha permanecido após a chama, será dissolvido pelo ácido, além de que tem efeito desinfetante. O autor refere ser uma forma simples, rápida e pouco dispendiosa de preparar o *bracket* para nova adesão. No entanto, a solução ácida deve ser manuseada com cautela e é importante que a lavagem a seguir ao banho ácido seja profusa para que não fique remanescente da solução no *bracket*<sup>108</sup>. Ainda poucos estudos foram feitos que avaliem este método, no entanto, parece não haver vantagem significativa em utilizar o banho ácido em termos de força de adesão, além de que foram já descritas alterações na estrutura do *bracket*, nomeadamente na curvatura da base, o que pode afetar a recolagem<sup>93</sup>.

#### 1.5.11.1.7. Preparação a laser

O desenvolvimento do sistema laser *Erbium-Doped Yttrium Aluminum Garnet* (Er:YAG) veio permitir uma ablação de tecidos moles e duros sem quaisquer efeitos secundários térmicos. Uma emissão laser com 250 mJ a 12 Hz, com uma potência de 3 W e comprimento de onda de 2940 nm (radiação infravermelha) é direcionada à base do *bracket* durante 5 segundos. Com este método o adesivo remanescente é removido quase na sua totalidade e a aparência da base do *bracket* é próxima à de um *bracket* novo. Contudo, o equipamento é dispendioso e manuseamento cauteloso, sendo necessário a utilização de proteção ocular<sup>90,109</sup>.

#### 1.5.11.2. Métodos comerciais

##### 1.5.11.2.1. Por ação térmica

Método desenvolvido pela empresa Esmadent<sup>††</sup>, em que os *brackets* são aquecidos a 454°C durante 45 minutos e, em seguida mergulhados em cimento solvente à temperatura ambiente e submetidos a banho de ultrassons durante 10 a 15 minutos. Posteriormente, são lavados com água, secos com jato de ar, electropolidos durante 30 a 45 segundos e colocados numa solução de bicarbonato de sódio. Por fim são lavados com água quente. Além dos custos do equipamento, complexidade e tempo do procedimento

---

†† ESMA<sup>Inc</sup>, Illinois, EUA.

serem significativos, foram descritas alterações da dureza e resistência à tração após este método<sup>86</sup>.

#### 1.5.11.2.2. Por ação química

Método desenvolvido pela empresa Ortho-Cycle<sup>††</sup>, que recorre a processos de desgaste químico em conjunto com vibrações de alta frequência, tudo realizado a temperaturas ligeiramente inferiores a 100°C. Em seguida é feita esterilização por aquecimento a 250°C e um curto electropolimento de cerca de 45 segundos. Não se verificaram alterações na dureza, resistência à tração e microestrutura da base do *bracket*, todavia é um processo complexo e dispendioso<sup>110</sup>.

### 1.5.12. Estudos precedentes comparativos de diferentes métodos de tratamento da base de *brackets* ortodônticos para recolagem

Para que o presente estudo pudesse ser relevante, foi crucial realizar uma pesquisa de estudos precedentes para que os materiais e métodos pudessem ser replicados e, assim, os resultados pudessem ser cruzados e equiparados com os estudos já existentes. Ao efetuar essa pesquisa foi possível perceber que a preparação dos *brackets* para reciclagem é um tópico já amplamente estudado, contudo, pouca literatura foi encontrada cujo objetivo fosse comparar exclusivamente o uso de brocas de pedra verde e óxido de alumínio. Além disso, não foi encontrado nenhum estudo atual que fizesse uso de brocas de pedra verde para tratamento de bases de *brackets* e que tenha recorrido aos dois métodos utilizados no presente estudo, ou seja, remover total e superficialmente o remanescente de adesivo. Apenas foi encontrado um estudo já de 1985 que essa metodologia foi estudada. O autor desse estudo foi Wright<sup>7</sup>, que avaliou os efeitos do acondicionamento dos *brackets* reciclados na força de adesão por cisalhamento através de quatro métodos, dois deles recorrendo ambos a brocas de pedra verde: acondicionamento térmico (Esmadent<sup>§§</sup>); acondicionamento químico (Orthocycle<sup>\*\*\*</sup>); acondicionamento com broca de pedra verde, desgastando superficialmente o remanescente de adesivo; acondicionamento através de broca de pedra verde, desgastando o remanescente de adesivo até alcançar a base do *bracket*. O autor não

---

†† Ortho-Cycle<sup>Inc</sup>, Florida, EUA

§§ ESMA<sup>Inc</sup>, Illinois, EUA.

\*\*\* Ortho-Cycle<sup>Inc</sup>, Florida, EUA

pretendia apenas testar forças de adesão após recondicionamento das bases dos *brackets*, mas também comparar as forças de adesão de *brackets* novos e reciclados utilizando diferentes protocolos adesivos. Para isso não utilizou dentes, mas sim cilindros de plástico para aderir os *brackets* e efetuar testes de cisalhamento. Concluiu que, independentemente do protocolo adesivo, os *brackets* novos apresentavam sempre forças adesivas superiores aos recondicionados, qualquer que fosse o método de recondicionamento. Concluiu ainda que a força de adesão dos *brackets* recondicionados com os dois métodos com recurso a pedra verde dependiam do protocolo adesivo utilizando, sendo que para um determinado protocolo o desgaste parcial com pedra verde apresentou resultados melhores, mas com outro protocolo o desgaste até à base do *bracket* superou o parcial.

Em 1993, Regan<sup>103</sup> analisou várias marcas comerciais de *brackets* e utilizou a abrasão com pedra verde e o método de Buchman como técnicas de reciclagem. Para tal foram utilizados 180 dentes pré-molares hígidos recém extraídos e *brackets* metálicos. O grande objetivo do autor não era exatamente o de avaliar os métodos de reciclagem, mas sim quais as variáveis que mais poderiam influenciar a força de adesão de *brackets* novos e reciclados. Ainda assim, a respeito dos métodos de reciclagem, o autor concluiu que qualquer que seja a técnica usada, as forças de adesão não conseguem igualar as originais. Referiu ainda que não existiram diferenças estatisticamente significativas entre a abrasão com pedra verde e métodos mais dispendiosos e complexos como o de Buchman, que envolve chama direta, jato com óxido de alumínio e electropolimento.

Em 2001, Basudan<sup>106</sup> comparou cinco métodos de recondicionamento de *brackets* para reciclagem em consultório. Para tal, recorreu a diferentes formas de avaliação: analisou, através de microscopia eletrónica de varrimento, distorções na estrutura dos *brackets* efetuando medições da largura e profundidade dos sulcos da malha dos *brackets*. Documentou ainda a presença ou não de *gaps* nas interligações onde os filamentos da malha dos *brackets* se sobrepõem; por fim, efetuou testes de cisalhamento. Inicialmente foram aderidos 125 *brackets*, que foram subdivididos em 5 grupos de 25 elementos cada e submetidos, após descolagem dos *brackets*, aos seguintes métodos de recondicionamento: Grupo 1 através de broca de pedra verde; Grupo 2 recorrendo a jato de óxido de alumínio; Grupo 3 através de chama direta; Grupo 4 usou o equipamento “Big Jane<sup>†††</sup>”; Grupo 5 seguiu o método Buchman. Três elementos de cada um dos

---

<sup>†††</sup> ESMA<sup>Inc</sup>, Illinois, EUA.

subgrupos amostrais foram utilizados para avaliação através de medições de distorção dos *brackets* e microscopia eletrônica de varrimento. Os restantes elementos amostrais foram submetidos a testes de cisalhamento. Os resultados mostraram uma diferença estatística significativa, mas clinicamente irrelevante no Grupo 4, tendo apresentado forças de resistência ao cisalhamento superiores aos outros grupos. No Grupo 2 foi observada uma diminuição significativa da força de resistência ao cisalhamento, apesar de a rede de malha se ter mantido intacta. O autor refere que nenhum dos métodos afeta negativamente a estrutura dos *brackets*, contudo, o condicionamento com pedra verde não foi eficaz, apresentando nos testes de cisalhamento, valores de força de adesão inferiores aos das restantes técnicas. O método com jato com óxido de alumínio, assim como chama direta parecem ser eficazes, rápidos e simples de realizar.

No ano de 2005, Quick<sup>111</sup> utilizou 100 pré-molares para avaliar seis métodos de condicionamento de *brackets* ortodônticos metálicos. Estudou técnicas complexas envolvendo vários passos: chama direta seguida de banho em ultrassons e electropolimento; abrasão com pedra verde; chama direta seguida de banho em ultrassons, electropolimento e aplicação de silano; chama direta seguida de jato de óxido de alumínio e electropolimento; chama direta seguida de electropolimento; jato de óxido de alumínio. Apesar de ter utilizado uma amostra constituída por dentes pré-molares, o autor utilizou brackets metálicos para incisivos inferiores, não referindo a existência de motivos para tal. Concluiu que as forças de adesão alcançadas por *brackets* novos não eram iguais por nenhum dos métodos de reciclagem. Contudo, o método envolvendo chama direta seguido de jato de óxido de alumínio e de electropolimento, obteve forças de adesão muito próximas das encontradas em *brackets* novos, sendo esta a técnica com melhores resultados seguida do método apenas com jato de óxido de alumínio. A pedra verde obteve o 4º melhor resultado, precedida pelo método que utilizou silano e as duas técnicas já citadas (chama direta seguida de jato com óxido de alumínio e electropolimento e apenas jato com óxido de alumínio). Os piores resultados foram obtidos pela chama direta seguida de electropolimento.

Em 2011, Chetan<sup>105</sup> levou a cabo um estudo *in vitro* com o objetivo de avaliar um método simples e eficaz de recondicionar um *bracket* ortodôntico em aço inoxidável em consultório. Um total de 120 *brackets* foram colados, segundo as instruções do fabricante, com recurso a um adesivo fotopolimerizável, a 120 dentes pré-molares humanos hígidos recém extraídos e em seguida foram descolados. O passo seguinte foi dividir os *brackets* em quatro grupos com 30 *brackets* cada, aos quais foi efetuado um tipo de tratamento

diferente: o primeiro grupo foi tratado com broca de pedra verde; o segundo com chama direta; o terceiro com chama direta e banho em ultrassons; o quarto com jato de óxido de alumínio. A superfície de esmalte foi recondicionada e os *brackets* foram recolados, tendo sido avaliada a força de adesão através de testes de cisalhamento. O autor concluiu que o jato com óxido de alumínio apresentou os melhores resultados de força de adesão, sendo então o método mais eficaz para remoção de remanescente adesivo do *bracket*. Os *brackets* que sofreram tratamento com pedra verde e chama direta apresentaram resultados mais baixos em termos de força adesiva quando comparados com o jateamento. O método com piores resultados foi a chama direta conjugada com banho de ultrassons.

Em 2013, Al Maaitah et al<sup>112</sup> avaliaram o efeito de vários métodos de recondicionamento das bases dos *brackets* na força de adesão por testes de cisalhamento. Foram utilizados 80 pré-molares recém extraídos, aos quais foram colados *brackets* com um adesivo fotopolimerizável, seguindo as instruções dos fabricantes. Foram selecionados aleatoriamente 20 dentes que foram então submetidos a testes de cisalhamento para que fossem obtidos valores de controlo, sendo este o Grupo 1. Os 60 *brackets* restantes foram descolados, divididos em três grupos de 20 *brackets* cada e submetidos a diversos métodos de recondicionamento do *bracket*: Grupo 2 através de broca multilaminada de tungsténio com instrumento rotatório a baixa rotação; Grupo 3 através de ponta de ultrassons; Grupo 4 recorrendo a jato de óxido de alumínio. Após este processo os *brackets* foram recolados, seguindo o mesmo protocolo utilizado inicialmente, e foram submetidos a testes de cisalhamento. Foi ainda avaliado o local da falha adesiva através do adesivo remanescente, recorrendo ao IRA. A força de adesão foi superior no Grupo 1, seguida do Grupo 2, do Grupo 4 e do Grupo 3, não sendo identificada diferença estatisticamente significativa entre os grupos. O local da falha adesiva foi maioritariamente na interface adesivo/esmalte, tendo a grande maioria do adesivo ficado retida no *bracket*. O autor concluiu que qualquer um dos métodos poderá ser eficaz como forma de reciclagem de *brackets* em consultório, uma vez que os valores não variaram significativamente entre cada grupo.

Em 2014, Yassaei et al<sup>109</sup> compararam as forças de adesão por testes cisalhamento de *brackets* recondicionados através de quatro métodos diferentes. Para isso utilizaram 100 pré-molares, 20 constituíram o grupo de controlo e os restantes 80 foram subdivididos em quatro grupos constituídos por 20 dentes cada. Os *brackets* foram colados e descolados, sendo depois as suas bases tratadas recorrendo aos métodos seguintes: Grupo 1, com laser Er: YAG; Grupo 2, com jato de óxido de alumínio; Grupo 3, com chama

direta; Grupo 4, com laser de CO<sub>2</sub>. A superfície do esmalte foi recondicionada através de brocas multilaminada de tungstênio e os *brackets* foram recolados segundo as instruções do fabricante para posteriormente serem descolados através de forças de cisalhamento. Posteriormente os *brackets* foram analisados por microscopia eletrônica de varrimento para avaliar a eficácia na remoção do remanescente adesivo. Os resultados do Grupo 3 e 4 foram significativamente mais baixos em termos de força de adesão, quando comparados com os restantes grupos e nas imagens microscópicas foi visível que a remoção de adesivo foi incompleta em ambos os casos. No Grupo 2 os resultados foram superiores aos grupos supracitados, contudo, foram visíveis danos na malha do *bracket*. Já no Grupo 1, a remoção de adesivo foi a mais completa e a malha permaneceu intacta. O autor refere o laser Er:YAG como sendo o método mais eficaz para reciclagem de *brackets* em consultório.

Gupta<sup>93</sup> avaliou e comparou, em 2017, três métodos de reciclagem de *brackets* ortodônticos de aço inoxidável através de testes de cisalhamento. Os métodos estudados foram: jato com óxido de alumínio; jato com óxido de alumínio e posteriormente chama direta; jato de óxido de alumínio seguido de chama direta e banho ácido com uma solução, no rácio 1:4 de ácido hidrocloreídrico a 32% e ácido nítrico a 55%. Foram utilizados 80 pré-molares humanos, aos quais foram aderidos os *brackets* segundo as instruções do fabricante. Em seguida os dentes foram distribuídos por quatro grupos com 20 dentes cada. No primeiro grupo os *brackets* não foram reciclados e não foi feita descolagem inicial, foi, portanto, o grupo de controlo. Nos restantes grupos os *brackets* foram descolados e reciclados através dos três métodos já descritos, sendo todos os quatro grupos submetidos a testes de cisalhamento. O autor registou forças de adesão superiores no primeiro grupo, seguido do segundo (jateamento com oxido de alumínio) e do quarto (jateamento seguido de chama direta e banho ácido). O terceiro grupo apresentou os piores registos de força de adesão. Além disso, o segundo grupo apresentou forças significativamente superiores ao grupo quatro e três, pelo que o autor considera o jato com óxido de alumínio o método mais recomendado, pela sua eficácia e simplicidade.

Na tabela 4 encontram-se resumidos os achados dos estudos descritos anteriormente.

Tabela 4: Resumo comparativo de diferentes estudos sobre a força de adesão por resistência ao cisalhamento de *brackets* ortodônticos reciclados com diferentes técnicas.

	Wright, 1995 <sup>7</sup>	Regan, 1993 <sup>104</sup>	Basudan, 2001 <sup>106</sup>	Quick, 2005 <sup>112</sup>	Chetan, 2011 <sup>106</sup>	Al Maaitah et al, 2013 <sup>113</sup>	Yassaei et al, 2014 <sup>110</sup>	Gupta, 2017 <sup>94</sup>
<b>Tamanho e tipologia da amostra</b>	n= 35 Cilindros plásticos	n=180 1. <sup>o</sup> e 2. <sup>o</sup> PM superiores e inferiores	n= 125 Película de Poluretano	n=100 1. <sup>o</sup> e 2. <sup>o</sup> PM superiores e inferiores	n= 120 1. <sup>o</sup> e 2. <sup>o</sup> PM superiores e inferiores	n= 80 1. <sup>o</sup> e 2. <sup>o</sup> PM superiores e inferiores	n= 100 1. <sup>o</sup> e 2. <sup>o</sup> PM superiores e inferiores	n= 80 1. <sup>o</sup> e 2. <sup>o</sup> PM superiores e inferiores
<b>Protocolo de desinfecção</b>	Não mencionado	Não mencionado	Não mencionado	Não mencionado	Cloramina Trihidratada 1%	Não mencionado	Solução de Timol 0,1%	Não mencionado
<b>Protocolo de armazenamento</b>	Água destilada a 37°C	Água destilada a 37°C	Não mencionado	Solução salina a 0,9%	Água destilada a 37°C	Não mencionado	Não mencionado	Solução salina a 0,9%
<b>Tipo de bracket</b>	Metálico Incisivos superiores	Metálico Pré-molares	Metálico Incisivos inferiores	Metálico Incisivos inferiores	Metálico Pré-molares	Metálico Pré-molares	Metálico Pré-molares	Metálico Pré-molares
<b>Protocolo profilático do esmalte</b>	Não mencionado	Pedra-pomes com escova profilática	Não mencionado	Pedra-pomes com escova profilática	Pedra-pomes com escova profilática	Não mencionado	Pedra-pomes com escova profilática	Pedra-pomes com escova profilática
<b>Condicionamento ácido</b>	Não mencionado	Ácido ortofosfórico a 37% 45s	Não mencionado	Ácido ortofosfórico a 35% 30s	Ácido ortofosfórico a 35% 30s	Ácido ortofosfórico a 37% 30s	Ácido ortofosfórico a 37% 20s	Ácido ortofosfórico a 37% 60s
<b>Técnicas de reciclagem utilizadas</b>	-Térmico (Esmadent) -Químico (Orthocycle) -Broca de pedra verde -superficialmente -Broca de pedra verde totalmente	-Método de Buchman -Broca de pedra verde	-Broca de pedra verde -Jato de óxido de alumínio -Chama direta -“Big Jane” -Buchman	-Chama direta + ultrassons + electropolimento -Broca de pedra verde -Chama direta + ultrassons + electropolimento + silano -Chama direta + óxido de alumínio + electropolimento -Chama direta + electropolimento -Óxido de alumínio	-Broca de pedra verde -Chama direta -Chama direta + Ultrassons -Jato de óxido de alumínio	-Broca multilaminada de tungstênio -Ponta de ultrassons -Jato de óxido de alumínio	-Laser Er: YAG -Jato de óxido de alumínio -Chama direta + Jato de óxido de alumínio -Laser de CO <sub>2</sub>	-Jato de óxido de alumínio -Chama direta + Jato de óxido de alumínio -Chama direta + jato de óxido de alumínio + banho ácido
<b>Grupo de controle Transbond™XT</b>	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim
<b>Termociclagem</b>	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não
<b>Velocidade do teste de cisalhamento</b>	2mm/min	2mm/min	0,5mm/min	1mm/min	1mm/min	1mm/min	0,5mm/min	0,5mm/min

Continua

<p><b>Resultados</b></p>	<p>A força de adesão por cisalhamento foi superior no grupo controle. Técnica com pedra verde, quer de forma superficial ou total, parece ser sensível ao tipo de adesivo utilizado e não apresenta resultados satisfatórios.</p>	<p><i>Brackets</i> recondicionados apresentam forças de adesão sempre inferiores aquelas conseguidas em <i>brackets</i> novos. Não há diferença significativa entre a abrasão com pedra verde e métodos de reciclagem mais complexos como o de Buchman.</p>	<p>"Big Jaré" foi superior, mas clinicamente irrelevante. Procedimento complexo e o dispendioso. Jato de óxido de alumínio e chama direta registaram forças inferiores ao "Big Jaré", mas eficazes. Verificou-se que malha do <i>bracket</i> ficou íntegra. Método de "Buchmann" eficaz, mas complexo e dispendioso. Brocas de pedra verde parecer ser ineficazes.</p>	<p>Os dois métodos que utilizaram óxido de alumínio tiveram os melhores resultados, seguidos do método que utilizou silano e pedra verde. O pior resultado foi obtido pela chama direta + electropolimento</p>	<p>Jato de óxido de alumínio obteve os melhores resultados, seguidos da pedra verde e chama direta. O método menos eficiente foi a chama direta + banho de ultrassons.</p>	<p>Broca multilaminada de tungstênio foi superior, em seguida o óxido de alumínio e por último as pontas de ultrassons. Não foram registadas diferenças significativas entre os três métodos.</p>	<p>Chama direta e Laser d CO<sub>2</sub> apresentaram resultados piores quando comparados com os outros métodos. Óxido de alumínio foi superior aos métodos supracitados, mas registaram-se danos na malha dos <i>brackets</i>. O Laser Er: YAG apresentou os melhores resultados e a malha permaneceu íntegra.</p>	<p>Resultados significativamente superiores foram obtidos pelo óxido de alumínio. Piores resultados através da chama direta + óxido de alumínio. Resultados intermédios através da chama direta + óxido de alumínio + banho ácido.</p>
<p><b>IRA</b></p>	<p>Não mencionado</p>	<p>A falha adesiva do tipo misto foi a predominante, sendo maioritariamente na interface adesivo-<i>bracket</i></p>	<p>Não mencionado</p>	<p>Em todos os grupos a falha com maior prevalência foi do tipo misto com predominância na interface adesivo-<i>bracket</i>.</p>	<p>Não mencionado</p>	<p>Foram registadas falhas maioritariamente de tipo misto ou na interface esmalte-adesivo.</p>	<p>No Laser Er: YAG e no óxido de alumínio houve maior prevalência de falhas do tipo misto, maioritariamente na interface adesivo-<i>bracket</i>. Restantes grupos apresentaram falhas maioritariamente na interface esmalte-adesivo.</p>	<p>Não mencionado</p>

Através desta pesquisa foi possível perceber que não existe um consenso quanto à metodologia usada neste tipo de investigações. Contudo, em 2004, Cal Neto<sup>87</sup> fez uma análise detalhada dos métodos mais recorrentemente utilizados para efetuar testes *in vitro* da força de adesão em ortodontia. Sob a forma de revisão sistemática, o autor avaliou, desde 1993 até 2002, todos os artigos onde havia sido avaliada a força de adesão de *brackets* a diferentes superfícies, através de máquinas universais. Foram incluídos 127 artigos e destes, 86% recorreram a testes de cisalhamento, contrastando com apenas 14% que utilizaram testes de resistência à tração. 68% dos estudos utilizaram dentes humanos e destes, 57% utilizaram pré-molares, sendo que 31% usaram molares. Relativamente à solução de armazenamento, a mais utilizada foi a água destilada, em 43% dos artigos, seguida pela solução de Timol a 0.1% em 28% dos casos e, em apenas 12% dos estudos foi utilizado Cloreto de Sódio a 0.9%. No que concerne a velocidade de operação das máquinas universais: em 25 artigos foi referida a velocidade de 0.5 mm/min; em 43 estudos foi utilizada a velocidade de 1.0 mm/min; em apenas 8 estudos foi utilizada a velocidade de 2.0 mm/min; por fim, a velocidade de 5.0 mm/min foi utilizada em 38 estudos. O autor refere a importância de uma padronização neste tipo de investigações para que os resultados possam ser interrelacionados com estudos precedentes e subsequentes. Por não existir consenso, o autor sugere que estudos futuros se devam guiar pelos métodos mais utilizados até então.



## II. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Métodos de pesquisa bibliográfica

Para a realização da presente investigação e revisão bibliográfica, foi feita uma pesquisa com recurso a motores de busca digital e às bases de dados da SciELO, *b-on*, *Pubmed*, *Cochrane* e *Google académico*. Foram ainda consultadas revistas da especialidade de Ortodontia como o *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *European Journal of Orthodontics* e o *The Angle Orthodontis*. A pesquisa bibliográfica estendeu-se também a livros, tendo-se recorrido à biblioteca do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM).

Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *brackets* e técnicas de remoção, *brackets* e compósito remanescente, remoção de adesivo remanescente, descolagem ortodôntica, força de resistência ao cisalhamento, adesão de *brackets*, força de adesão. Foram analisados artigos científicos em português e inglês.

Durante esta pesquisa verificou-se a existência de diversos estudos comparativos dos diferentes métodos de tratamento das bases dos *brackets* para recolagem, mas nenhum foi encontrado em que fossem comparadas diretamente as formas de preparação que esta investigação comparou. Verificou-se ainda a escassez de estudos relativos à pedra verde como método de tratamento da base dos *brackets* e, na literatura encontrada, não foi feita referência à remoção total ou apenas superficial do remanescente de adesivo.

### 2.2. Considerações éticas

O presente projeto de investigação, intitulado "Força de adesão de *brackets* ortodônticos recolados – comparação de diferentes métodos de preparação da base do *bracket*", foi submetido e teve a aprovação da Comissão de Ética do Instituto Universitário Egas Moniz (Anexo I).

Os dentes permanentes utilizados nesta investigação foram obtidos através do banco de dentes humanos da Clínica Dentária Universitária Egas Moniz ou extraídos no bloco ou nas consultas de cirurgia oral do 4º e 5º anos da Clínica Dentária Egas Moniz, tendo os pacientes ou representante legal assinado o consentimento informado autorizando a doação de dentes para fins de investigação.

### 2.3. Tipo de estudo

A presente investigação é composta por uma introdução teórica realizada através de uma revisão bibliográfica e por uma componente laboratorial que se enquadra num formato de estudo experimental *in vitro*.

### 2.4. Amostra

Para a realização do presente estudo foram utilizados 45 dentes pré-molares hígidos com indicação clínica para exodontia por motivos periodontais ou ortodônticos. A extração dos mesmos tinha de ter sido feita no máximo seis meses antes.

#### 2.4.1. Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão aplicados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Critérios de inclusão e exclusão.

Inclusão	Exclusão
Dentes pré-molares extraídos há menos de 6 meses e em condição hígida	Dentes previamente endodonciados
Face vestibular com esmalte íntegro	Fissuras ou fraturas decorrentes da exodontia
Dentes não expostos a agentes químicos como timol, formol, peróxido de hidrogénio e álcool	Hipoplasias ou outros defeitos do esmalte
Ausência de lesões de cárie	
Sem restaurações na face de adesão	

#### 2.4.2. Caracterização da amostra

Foram utilizados 1<sup>os</sup> e 2<sup>os</sup> pré-molares, superiores e inferiores. A amostra foi constituída por dentes extraídos até no máximo 6 meses antes da sua recolha. Por terem sido extraídos por diversos operadores e pelas variações morfológicas presentes em dentes pré-molares, não foram registados exatamente quantos dentes eram 1<sup>os</sup> ou 2<sup>os</sup> pré-molares nem de que quadrante provinham. Por esta razão, aquando da formação dos grupos amostrais, os dentes foram distribuídos aleatoriamente por três grupos de 15 dentes cada.

### 2.4.3. Desinfecção e conservação da amostra

Imediatamente após a exodontia dos dentes, os vestígios de sangue e tecido foram removidos com água corrente e curetas *gracey 5/6*. A desinfecção foi feita através da conservação das peças dentárias durante uma semana numa solução bacteriostática/bactericida de Cloramina-T Trihidratada a 1%. Finda a primeira semana de desinfecção, os dentes foram transferidos para água destilada a 4°C, sendo esta trocada a cada dois meses para evitar a degradação da amostra (Norma ISO/TS 11405: 2015<sup>16</sup>).

Durante o curso da investigação em fase laboratorial, após a primeira adesão dos *brackets*, os dentes foram armazenados na estufa incubadora universal (Memmert® INE 4002<sup>†††</sup>), a 37°C durante 24h (Norma ISO/TS 11405:2015<sup>16</sup>). Após remoção dos *brackets* e condicionamento das bases, os *brackets* foram recolados, os dentes individualizados em blocos de acrílico e armazenados em água destilada a 6°C até que fossem realizados os testes de cisalhamento, conforme indica a Norma ISO/TS 11405:2015<sup>16,87</sup>.

## 2.5. Metodologia da investigação

### 2.5.1. Colagem, “descolagem” e recolagem dos *brackets* no esmalte

Para este estudo foram utilizados 45 *brackets* metálicos de pré-molares Victory Series™, .022 in, prescrição MBT™<sup>§§§</sup> (Figura 7).



Figura 7: *Brakets* metálicos de pré-molares Victory Series™.

††† Memmert, Schwabach, Germany

§§§ 3M Unitek, Monrovia, California, EUA

Para a colagem dos *brackets* foi utilizado o sistema adesivo fotopolimerizável Transbond™\*\*\*\* segundo as instruções do fabricante (Figura 8).



Figura 8: Instruções de utilização do fabricante do sistema adesivo Transbond™ XT.

O protocolo original foi modificado na primeira colagem dos *brackets*. Nesse caso foi feita a colagem sem condicionamento ácido prévio. O objetivo desta adaptação do protocolo original foi para que o máximo de adesivo remanescente ficasse aderido ao *bracket*, possibilitando assim que todos os 45 brackets estivessem completamente

---

\*\*\*\* Light Cure; 3M Unitek, Monrovia, California, EUA

cobertos de adesivo no momento do seu tratamento (Figura 9). Após o tratamento dos *brackets*, a recolagem foi feita utilizando o protocolo da figura 8 na íntegra.



Figura 9: Esquema ilustrativo do protocolo seguido para adesão inicial dos *brackets*.

A fotopolimerização foi realizada com o fotopolimerizador 3M Ortholux™ Luminous Curing Light<sup>††††</sup> com emissão de luz por diodo (LED, DX), em modo contínuo, com potência de luz de 1600 mW/cm<sup>2</sup> (Figura 10).



Figura 10: Fotopolimerizador 3M Ortholux™ Luminous.

Para que fossem descolados recorreu-se a uma pinça ortodôntica de remoção de *brackets*, procedendo-se de forma cuidadosa para não danificar os *brackets* (Figura 11).



Figura 11: Aspecto do *bracket* logo após remoção. De notar que a maioria do adesivo ficou aderido ao *bracket*, tal como pretendido.

---

<sup>††††</sup> 3M Unitek, Monrovia, EUA

## 2.5.2. Tratamento das bases dos *brackets* e nova colagem

Cada um dos grupos de 15 dentes recebeu um tratamento da base do *bracket* diferente.

No primeiro, o Grupo A, os *brackets* foram jateados com Óxido de Alumínio (Rocatec™ Junior<sup>††††</sup>) com partículas Rocatec™ Soft<sup>§§§§</sup> com 30 µm (Figura 12, A), a 5 bars (72,5 PSI) e a uma distância de 10mm da base do *bracket*, de forma a remover totalmente o remanescente de adesivo (Figura 13, A);

No Grupo B<sub>1</sub>, os *brackets* foram tratados com contra-ângulo e broca de pedra verde Shofu<sup>INC</sup> Dura-Green Stones<sup>\*\*\*\*\*</sup> (Figura 12, B), com uma velocidade de 25.000 rotações por minuto, durante 25 segundos aplicando pressão ligeira para que apenas a camada superficial de adesivo fosse removida (Figura 13, B<sub>1</sub>);

No Grupo B<sub>2</sub>, os *brackets* foram tratados com contra-ângulo e broca de pedra verde Shofu<sup>INC</sup> Dura-Green Stones (Figura 12, B), com uma velocidade de 25.000 rotações por minuto, durante 25 segundos, aplicando pressão moderada para que o adesivo fosse removido na sua totalidade, até ser visível a malha do *bracket* (Figura 13, B<sub>2</sub>).

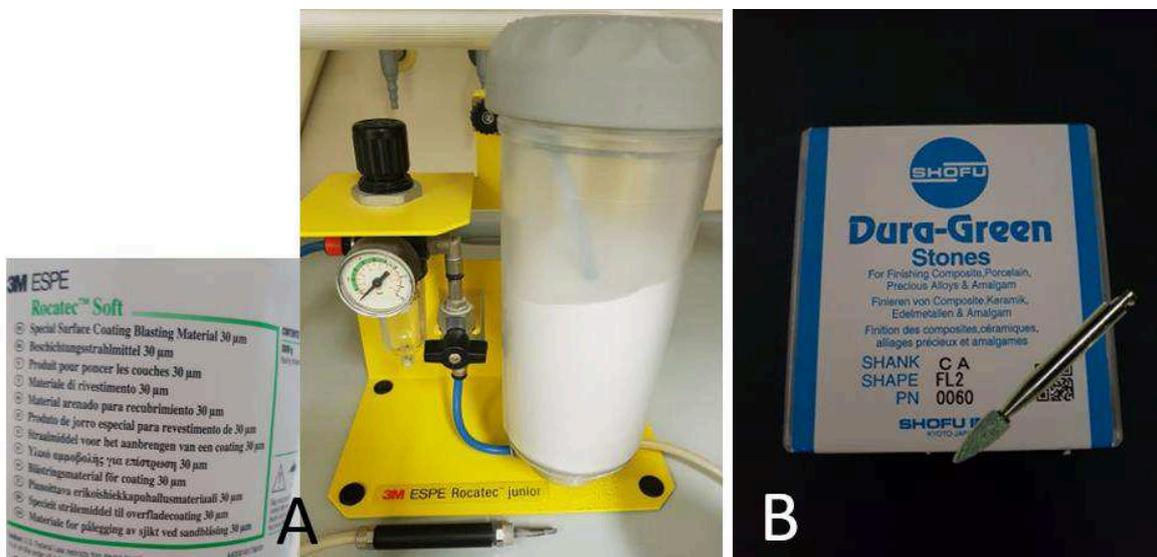


Figura 12- Partículas Rocatec™ Soft com 30 µm e sistema para jato de Óxido de Alumínio Rocatec™ Junior; B - Brocas de Pedra Verde Dura-Green.

†††† 3M ESPE, Monrovia, EUA

§§§§ 3M ESPE, Monrovia, EUA

\*\*\*\*\* Shofu<sup>INC</sup>, Kyoto, Japan

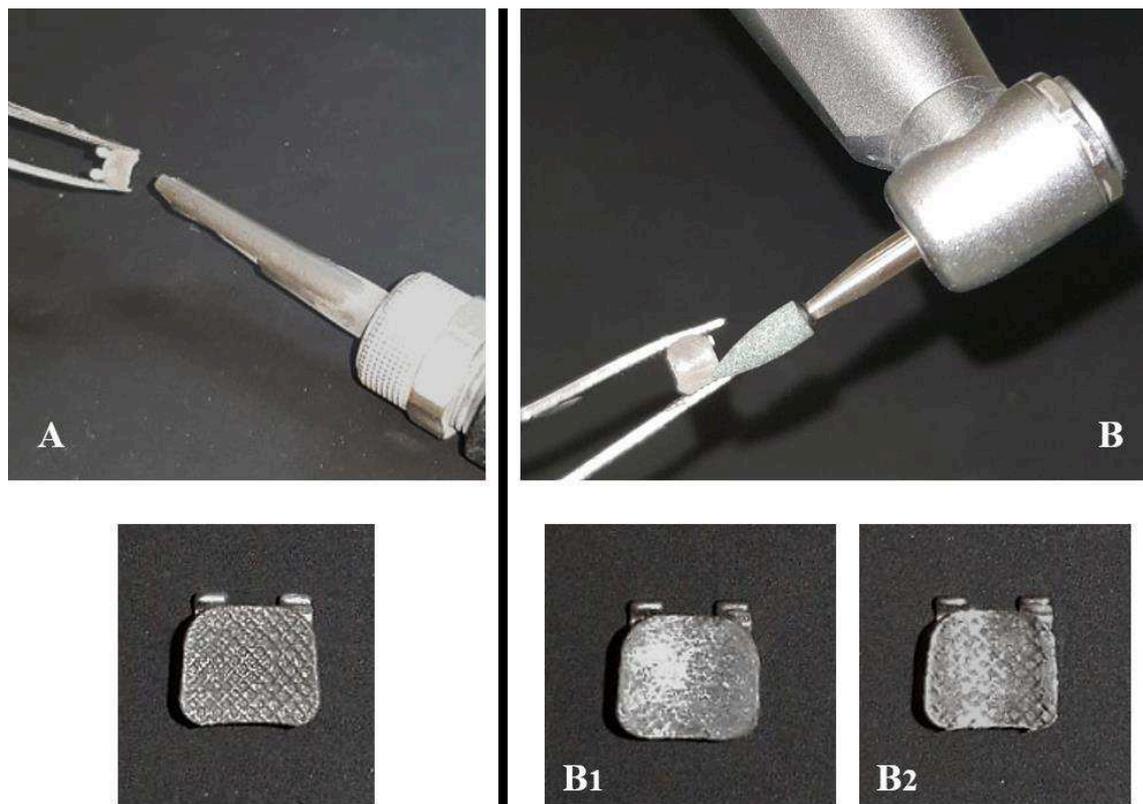


Figura 13: Tratamento das bases dos *brackets*. A - Jato de Óxido de Alumínio e na imagem abaixo o resultado final; B – Tratamento com broca de pedra verde em contra-ângulo sendo que: B<sub>1</sub> - Resultado final da remoção superficial do adesivo; B<sub>2</sub> - Resultado final da remoção total do adesivo.

Após o tratamento das bases dos *brackets* fez-se nova adesão utilizando o sistema adesivo fotopolimerizável Transbond™XT, seguindo as instruções do fabricante, desta vez com condicionamento ácido tal como é preconizado pelo mesmo (Figuras 8 e 9).

O adesivo remanescente na superfície de esmalte, foi removido cautelosamente com broca esférica multilaminada de tungstênio em contra-ângulo (Figura 14).



Figura 14: Remoção do remanescente adesivo no esmalte superficial com broca cilíndrica multilaminada de tungstênio.

A adesão dos *brackets* foi efetuada no mesmo dia e pelo mesmo operador, tendo como base as instruções dos fabricantes (Norma ISO/TS 11405: 2015<sup>16</sup>).

### 2.5.3. Montagem dos dentes em cilindros de resina acrílica

Para que os dentes pudessem ser montados na máquina de Testes Universal Autograph AG-IS<sup>††††</sup>, foi necessário que estes fossem individualizados em blocos de resina acrílica Schütz Futura Self<sup>‡‡‡‡</sup>. Para isso utilizaram-se cilindros metálicos com diâmetro interno de 16.30 mm. Na sua zona interna foi aplicada vaselina para que fosse possível retirar os blocos após tomada de presa. Para garantir a imobilização do dente sem que este afundasse no acrílico enquanto polimerizava, foram utilizados *clips* metálicos apoiados no topo do cilindro e passando pelas aletas gengivais do *bracket*, mantendo o paralelismo entre a base do mesmo e o longo eixo do dente (Figura 15, A). Logo que a polimerização estivesse concluída, os blocos (Figura 15, B) foram armazenados em água destilada a 6°C até que fossem iniciados os testes (Norma ISO/TS 11405:2015<sup>16</sup>).

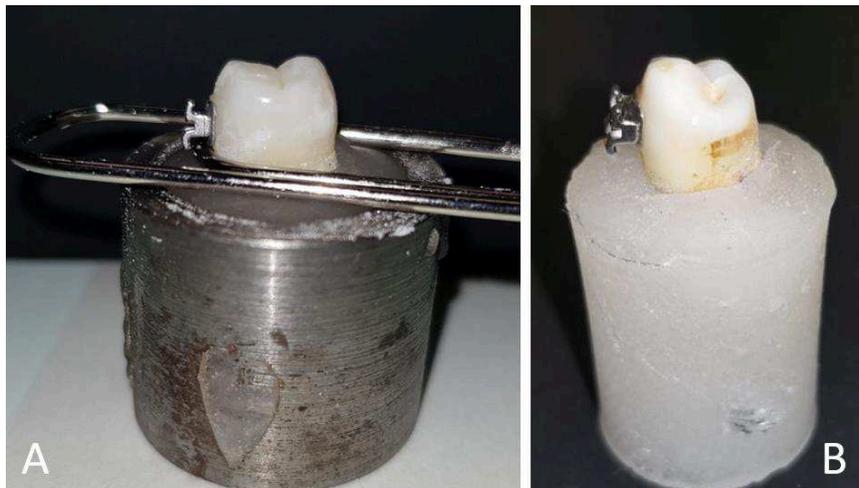


Figura 15: A - Cilindro metálico com diâmetro interno de 16.30 mm preenchido com resina acrílica; B – Resultado final.

Para dar início aos testes, os blocos de acrílico foram colocados na máquina de testes universal de modo a manter o paralelismo entre a face vestibular, a base do *bracket* e a ansa do dispositivo desenhado exclusivamente para este tipo de teste, a qual deveria ocupar a totalidade das aletas gengivais do *bracket* (Figura 16, A e B).

†††† Shimadzu Corporation, Tokyo, Japan

‡‡‡‡ Schütz Dental Group, Rosbach, Germany

Por segurança, foi colocado um saco de plástico transparente para que, ao descolar, o *bracket* ficasse contido no seu interior, evitando que se perdesse (Figura 16, C).

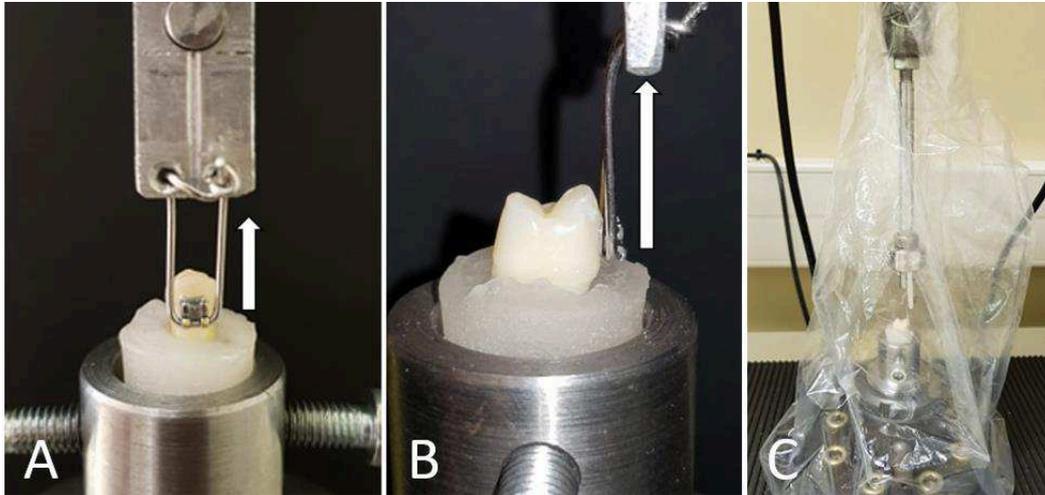


Figura 16: Cilindros montados na máquina de testes universal. A – Vista vestibular; B – Vista interproximal. A seta branca representa a direção da força a ser aplicada. C – Aspecto final do *setup* de testes já com o saco plástico para que não se perdessem os *brackets*.

#### 2.5.4. Determinação da força adesiva

Para determinação da força adesiva foram utilizados testes de resistência ao cisalhamento na máquina de Testes Universal Shimadzu Autograph AG-IS<sup>§§§§§</sup>. O teste foi efetuado com uma velocidade de 1mm/min (Norma ISO/TS 11405:2015<sup>16</sup>). A força necessária à descolagem dos *brackets* é dada em Kilonewtons (KN) e foi convertida e registada em Newtons (N) para que pudesse ser convertida em Megapascal (MPa)<sup>89</sup>.

O resultado em MPa, dá-nos uma relação entre a força necessária à descolagem (em N) e a área da base do *bracket*, para tal foi usada a fórmula:

$$MPa = \frac{N}{mm^2}$$

Contudo, para que pudesse ser utilizada a fórmula, foi necessário determinar a área da base do *bracket*. Para isso foi utilizado um *bracket* novo do mesmo lote que os utilizados para os testes e, com o estereomicroscópio Leica MZ6<sup>\*\*\*\*\*</sup>, com ampliação de 10x foi tirada uma micrografia. Essa imagem foi depois processada, com recurso ao programa informático ImageJ 1.45m<sup>†††††</sup>, com a escala pré-definida de 100 µm e

§§§§§ Shimadzu Corporation, Tokyo, Japan

\*\*\*\*\* Leica Microsystems Limited, Heerbrugg, Suíça

††††† National Institutes of Health, Maryland, EUA

ampliação de 10x. A partir desta medida conhecida, o programa realizou a conversão de  $\mu\text{m}$  para  $\text{mm}$ .

O passo seguinte foi recorrer à ferramenta *wand tracing* para delimitar a base do *bracket*, obtendo -se um valor da área do *bracket* de  $9.669 \text{ mm}^2$  (Figura 17).

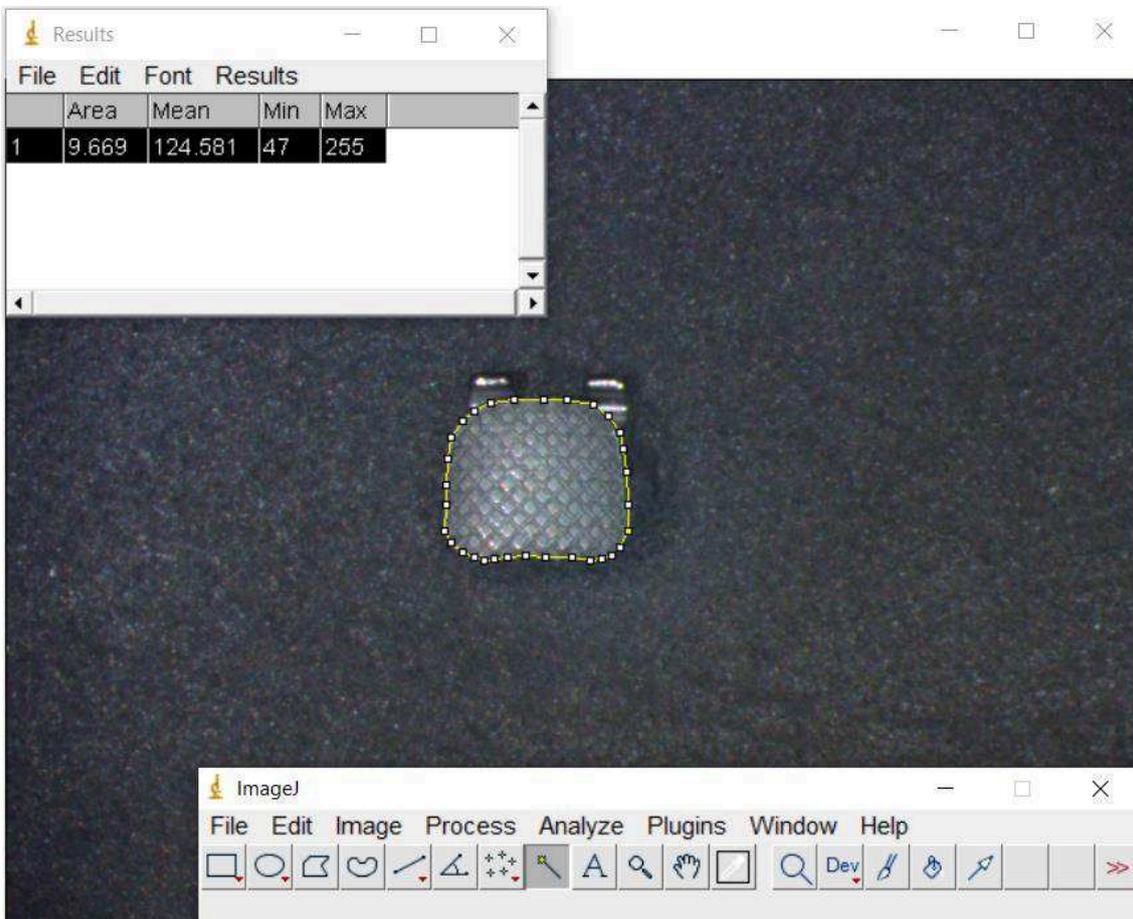


Figura 17: Determinação da área da superfície da base do *bracket* através do programa informático ImageJ 1.45m.

### 2.5.5. Análise da fratura com o Índice de Remanescente Adesivo (IRA)

Uma vez terminados os testes por cisalhamento, as bases dos *brackets* e a superfície de esmalte dentário da qual o *bracket* foi descolado, foram analisados através do estereomicroscópio Leica MZ6 com ampliação de 10x e foram tiradas micrografias, através do programa Leica Application Suite version 3.8.0<sup>\*\*\*\*\*</sup>. Este procedimento foi realizado pelo mesmo operador para toda a amostra (ISO/TS 11405:2015<sup>16</sup>).

\*\*\*\*\* Leica Microsystems Limited, Heerbrugg, Suíça

O objetivo desta análise foi avaliar a quantidade de adesivo remanescente na superfície do esmalte para determinar o local da falha adesiva.

Para quantificação do remanescente adesivo foi utilizado o índice IRA, tal como ilustra a figura 18. Como será explicado mais adiante, em nenhuma das amostras foi obtido o *score* de zero, como tal, após o término da fase laboratorial foi utilizado um dente cujo *score* tinha sido de um e a sua superfície foi limpa com broca multilaminada de tungstênio em contra-ângulo. Este procedimento foi apenas realizado para obtenção de uma fotografia exemplificativa da pontuação de zero no IRA:



Figura 18: Micrografias exemplificativas e respetiva correspondência ao valor de IRA<sup>84</sup>.

## 2.5.6. Metodologia estatística

Os dados foram organizados através de tabelas em Microsoft Excel<sup>§§§§§§</sup> e o tratamento estatístico foi realizado com o recurso ao programa IBM SPSS® Statistics

§§§§§§ Microsoft Corporation, Washington, EUA.

(*Statistical Package for Social Sciences*) versão 2.4<sup>\*\*\*\*\*</sup>. As metodologias de análise estatística utilizadas foram do tipo descritiva e inferencial.

Na análise inferencial foi aplicado o teste ANOVA One-way para comparar os valores médios de força de adesão por cisalhamento dos três grupos, cruzando o tipo de condicionamento feito com os valores de força necessária ao descolamento dos *brackets*. Antes que o teste ANOVA pudesse ser utilizado, foram validados os pressupostos para a sua aplicação (adequação à normalidade e homogeneidade de variâncias). Para que fosse possível saber quais os grupos que diferiam entre si, estes foram comparados entre si através do teste *à posteriori* de Tukey.

A análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis foi também aplicada e, através do teste de comparação entre pares de Grupo, foi avaliada a presença ou não de diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos através do IRA. Por ser uma forma de recolha de dados do tipo qualitativo, os dados foram analisados e comparados utilizando os valores de mediana dos três grupos.

Na análise inferencial o nível de significância aplicado foi de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

---

\*\*\*\*\* IBM, New York, EUA



### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Resistência adesiva

Para este estudo foi utilizada uma amostra de 45 dentes pré-molares humanos que, para responder aos objetivos propostos, foram distribuídos em três grupos de 15 elementos cada. Todos os elementos da amostra foram submetidos ao teste de resistência adesiva por cisalhamento e os resultados obtidos encontram-se abaixo, na tabela 6.

Tabela 6: Valores de Força de adesão registados nos três grupos amostrais (MPa).

N.º da amostra	Grupo A	Grupo B <sub>1</sub>	Grupo B <sub>2</sub>
1	17,11	5,91	12,30
2	7,71	6,11	4,75
3	14,89	6,91	8,25
4	7,70	3,59	12,97
5	6,32	14,24	5,36
6	11,34	4,16	6,55
7	12,19	7,38	2,57
8	11,27	2,95	6,69
9	21,48	5,72	4,91
10	20,74	13,12	7,56
11	11,39	13,21	9,62
12	7,75	6,41	9,60
13	10,29	14,67	8,82
14	6,52	11,62	5,29
15	9,62	7,38	7,83
<b>Valor médio (Mpa)</b>	11,75	8,22	7,54

Na tabela 7 é apresentada a estatística descritiva (média, desvio padrão, valores mínimos e máximos) dos dados obtidos nos ensaios de resistência adesiva ao cisalhamento para cada um dos grupos amostrais.

Tabela 7: Análise descritiva da força de adesão obtida por testes de cisalhamento (Mpa).

Grupo	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A	15	11,75	4,83	6,32	21,48
B <sub>1</sub>	15	8,22	4,01	2,95	14,67
B <sub>2</sub>	15	7,54	2,85	2,57	12,97

Para que o teste ANOVA pudesse ser válido, foi necessário validar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Para o efeito, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov & Shapiro-Wilk e o teste de Levene, respetivamente. Verificou-se uma grande homogeneidade de resultados dentro de cada grupo e também entre os três grupos, não se verificando a existência de quaisquer *outliers* no gráfico *Boxplot* correspondente (Figura 19).

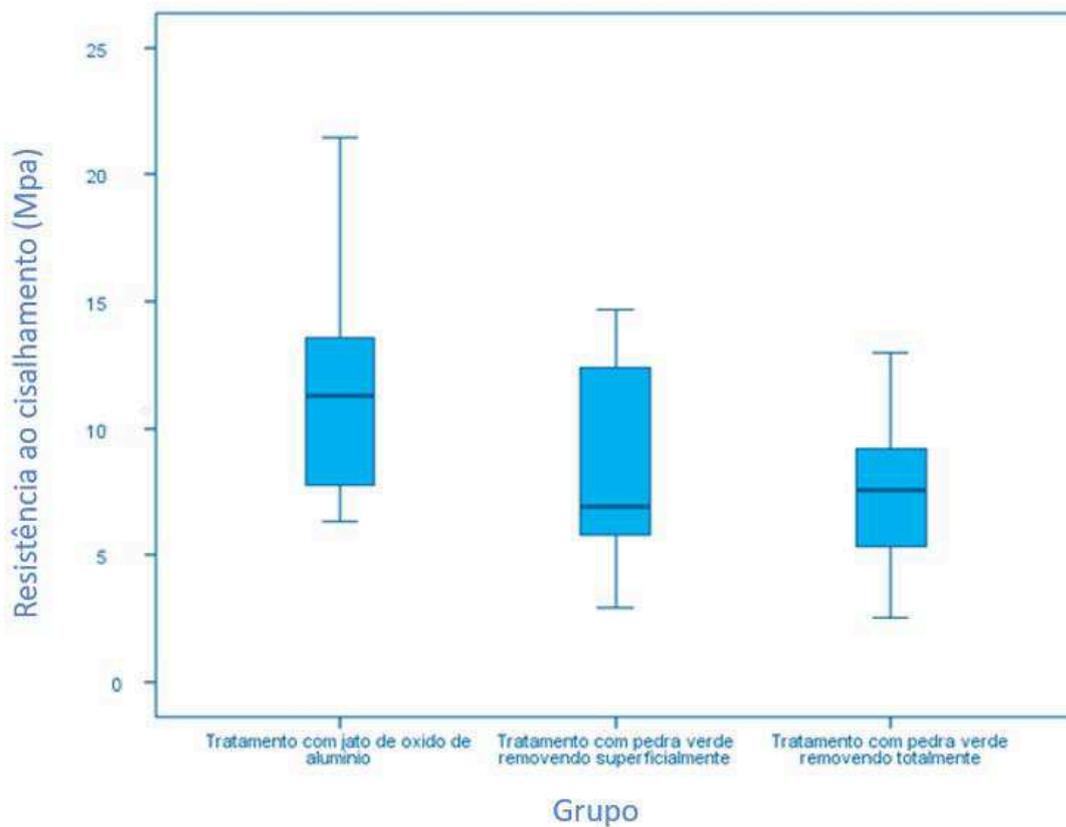


Figura 19: Gráfico *Boxplot* mostrando grande homogeneidade dentro de cada grupo e entre grupos. Não foram registados *outliers*.

Tendo sido verificados os pressupostos já referidos, foi validada a aplicação do teste de análise de variância (ANOVA One-way), cujos resultados estão expostos na tabela 8.

Tabela 8: Resultados da análise de variância (ANOVA One-way).

	Soma dos quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	153,30	2	76,65	4,82	0,013

Verificou-se então, através do teste ANOVA One-way, a presença de diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos testados no que diz respeito à força de adesão ( $p < 0,05$ ). Para que possam ser identificadas as diferenças entre cada um dos grupos, estes foram comparados entre si, através do teste à *posteriori* de comparações múltiplas de Tukey. Os resultados obtidos encontram-se na tabela 9.

Tabela 9: Comparação da força de adesão por testes de cisalhamento entre os três Grupos através do teste de Tukey.

Comparação entre Grupos	Sig. ( <i>p-value</i> )
A - B <sub>1</sub>	0,051
A - B <sub>2</sub>	0,016
B <sub>1</sub> - B <sub>2</sub>	0,885

Através da análise da tabela 8, podemos concluir que existe diferença estatisticamente significativa entre o Grupo A (jato com óxido de alumínio) e o Grupo B<sub>2</sub> (abrasão total com brocas de pedra verde), ( $p < 0,05$ ). Pelo contrário, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas quando comparados os métodos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (abrasão superficial e total com recurso a brocas de pedra verde, respetivamente), ( $p > 0,05$ ). Também a comparação do Grupo A com o Grupo B<sub>1</sub>, demonstra não existirem diferenças estatisticamente significativas entre as duas técnicas, apesar do valor de significância estar próximo do limite ( $p > 0,05$ ).

### 3.1.2. Índice de Remanescente Adesivo e caracterização da falha adesiva

Relativamente à caracterização da falha adesiva, os dados foram agrupados quanto à sua frequência na tabela 10, sendo visível que, no Grupo A não existiu praticamente variação no valor IRA, tendo sido atribuído o valor de dois em 14 das 15 amostras. Já nos Grupos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> os *scores* variaram sobretudo entre os valores de um, dois e três.

Tabela 10: Frequência de atribuição dos scores de IRA por Grupo amostral.

Grupos	Frequência dos scores de IRA				Total
	0	1	2	3	
A	0	0	14	1	15
B <sub>1</sub>	0	10	3	2	15
B <sub>2</sub>	0	1	3	11	15
Total	0	11	21	15	45

O IRA foi também avaliado através da análise de Kruskal-Wallis e o valor de significância obtido foi de  $p < 0,001$ , pelo que se pode inferir que existem diferenças estatisticamente significativas nos *scores* de IRA entre os três grupos, indicando diferentes tipos de falha adesiva. Tal é demonstrado na figura 20, obtida através dos testes não paramétricos com o objetivo de identificar entre quais dos grupos existem diferenças. A linha amarela une os grupos onde foram obtidas diferenças estatisticamente significativas. Neste caso, estas ocorreram entre os Grupos A e B<sub>2</sub> e também entre os Grupos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>. Pelo contrário, os Grupos A e B<sub>1</sub> não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si.

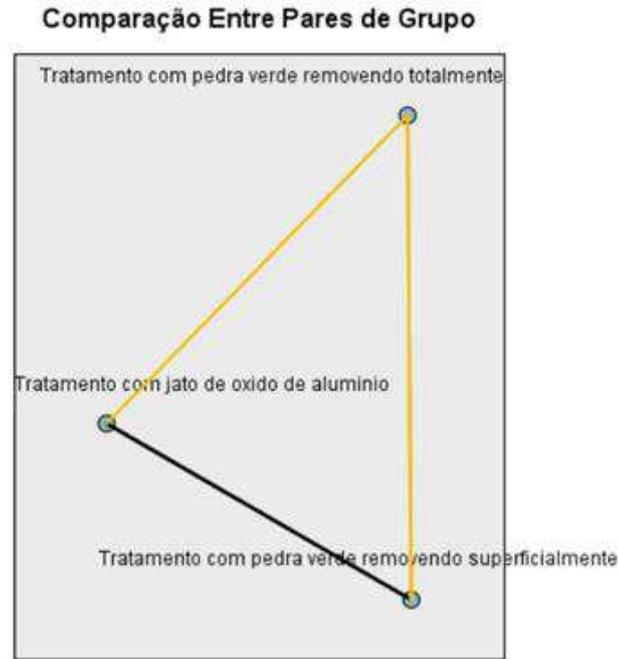


Figura 20: Esquema obtido pela análise não paramétrica dos valores obtidos através do IRA. As linhas amarelas unem os grupos onde se registaram diferenças significativas nas medianas e a linha negra une os grupos onde não se registaram diferenças significativas nas medianas.

O IRA foi ainda utilizado para caracterizar o tipo de falha adesiva. *Scores* de zero, indicando que nenhum remanescente adesivo ficou na superfície de esmalte, sugerem que a falha ocorreu na interface esmalte-adesivo (FIEA). *Scores* de um e dois, indicam que o adesivo ficou retido tanto no *bracket* quanto na superfície de esmalte, sugerindo uma falha mista (FM). *Scores* de três, indicando que todo o adesivo permaneceu na superfície de esmalte, sugerem que a falha aconteceu na interface adesivo-*bracket* (FIAB). A figura 21 ilustra com que frequência aconteceram os diversos tipos de fratura em cada um dos grupos.

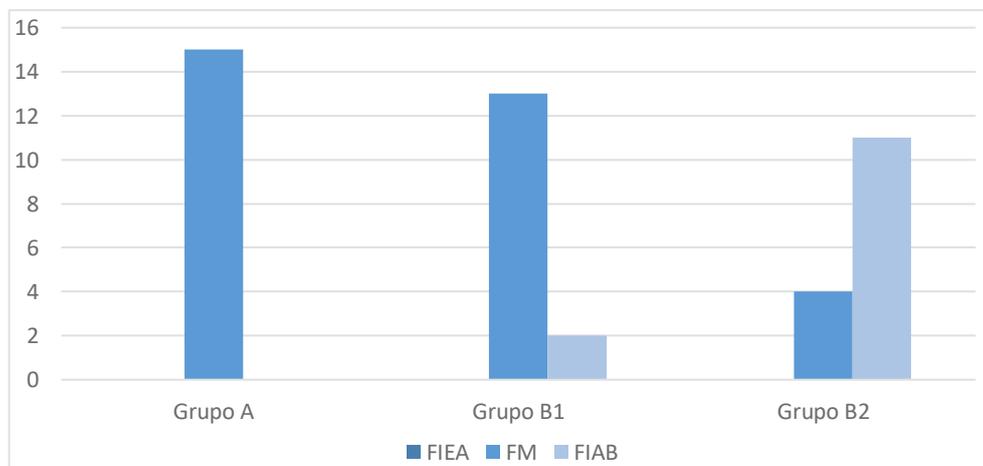


Figura 21: Frequência absoluta, por grupo, do tipo de falha adesiva.

Na figura 22 pode ver-se que no Grupo A, predominantemente as falhas foram do tipo misto, na interface adesivo-bracket (*score* 2), representando 99% dos resultados obtidos. Apenas uma falha com *score* de 3, ainda assim indicando que a fratura aconteceu no mesmo interface.

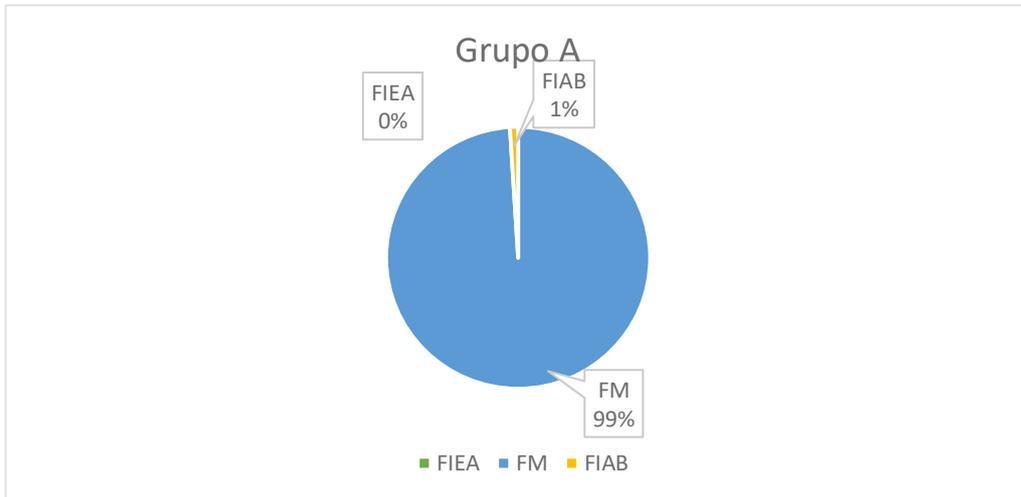


Figura 22: Percentagem de ocorrência dos diversos tipos de falha adesiva registrados no Grupo A.

No Grupo B<sub>1</sub> houve também uma maior prevalência de falhas do tipo misto, cerca de 86,7%, sendo a maioria destas na interface esmalte-adesivo (*score* 1). No entanto também foram registradas falhas na interface adesivo-bracket, com 13,3% de prevalência (Figura 23).

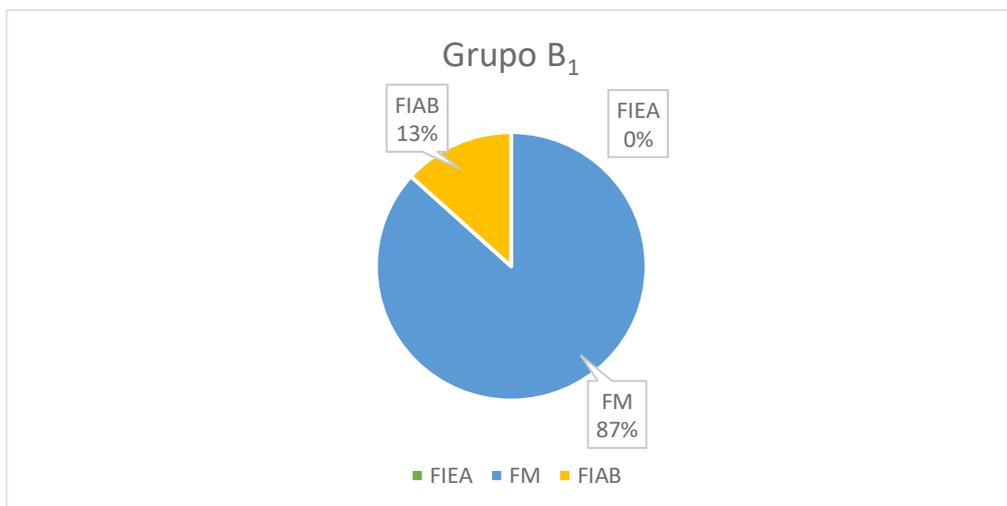


Figura 23: Percentagem de ocorrência dos diversos tipos de falha adesiva registrados no Grupo B<sub>1</sub>.

Por fim, no Grupo B<sub>2</sub> as falhas mais prevalentes foram na interface adesivo-*bracket*, 73,3%, contudo foram documentadas também falhas do tipo misto em 26,7% dos casos. Destas, a maioria foi na interface adesivo-*bracket* (*score* 2), (Figura 24).

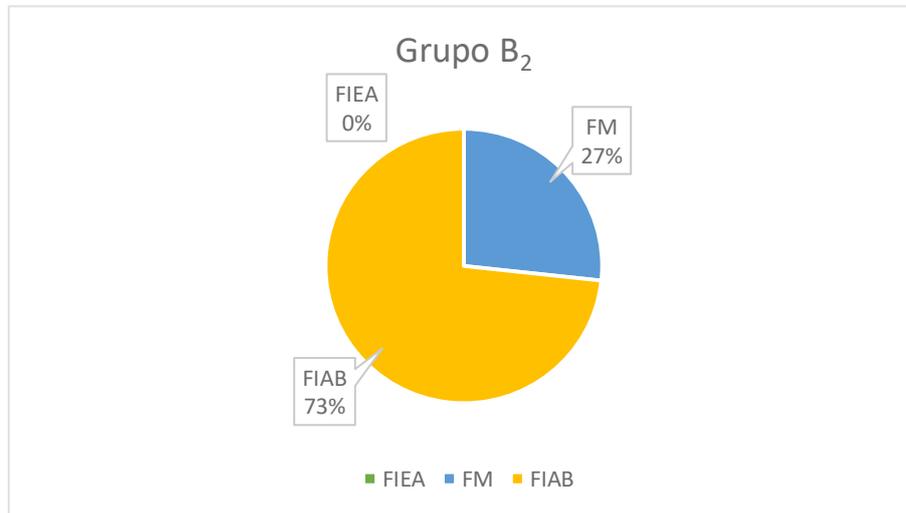


Figura 24: Percentagem de ocorrência dos diversos tipos de falha adesiva registrados no Grupo B<sub>2</sub>.

Estes resultados sugerem que o tipo de recondicionamento da base dos *brackets* tem influência no tipo de falha adesiva que poderá ocorrer. O teste de Kruskal-Wallis, com valor de  $p < 0,001$ , implica também que, no presente estudo, foi registrada uma relação entre a técnica de reciclagem e o local da falha adesiva.

## 3.2. Discussão

### 3.2.1. Escolha da investigação

Um tratamento ortodôntico com recurso a aparatologia fixa depende, em grande parte, de uma força de adesão capaz de resistir às forças funcionais e mastigatórias, bem como ao ambiente húmido e ao pH da cavidade oral e claro, às próprias forças impostas pelo aparelho.<sup>101</sup>

Ainda que os avanços tecnológicos na área da adesão em medicina dentária sejam diversos, as falhas adesivas acontecem com bastante frequência. No caso da ortodontia, do ponto de vista epidemiológico, os valores de descolagem reportados variam de 3.5% a 22%<sup>101,91</sup>.

Neste sentido, um dos grandes problemas com que os Ortodontistas são regularmente confrontados é a descolagem acidental de *brackets* ou a necessidade de os descolar propositadamente por estarem mal posicionados<sup>7, 86, 91, 103</sup>.

Vários estudos têm sido levados a cabo numa tentativa de perceber a viabilidade de reciclar *brackets* através de diferentes tratamentos das suas bases, como já descrito no capítulo 1.5.11 (Estudos precedentes e comparativos de diferentes métodos de tratamento da base de *brackets* ortodônticos para recolagem)<sup>7, 10, 92, 96, 98, 100</sup>. No entanto, poucos foram os estudos encontrados na literatura que comparem diretamente as técnicas que utilizam o jato de óxido de alumínio e brocas de pedra verde. Ainda sobre esta última técnica, foi apenas encontrado um estudo que utiliza diferentes formas de abrasão do remanescente adesivo - abrasão superficial e abrasão total, até ser visível a malha da base do *bracket*<sup>7</sup>.

O objetivo do presente trabalho de investigação foi comparar a força de adesão de *brackets* que, após falha induzida, simulando uma descolagem acidental ou propositada, foram recondicionados com três diferentes técnicas de reciclagem: jato de óxido de alumínio; abrasão superficial do remanescente adesivo com brocas de pedra verde; abrasão total do remanescente adesivo com brocas de pedra verde e, com isso, perceber se existem diferenças significativas que justifiquem que se opte por um dos métodos, em prol dos restantes, ou se, pelo contrário, todos apresentam resultados semelhantes.

### **3.2.2. Escolha do método de investigação e seleção da amostra**

Heintz<sup>14</sup>, sugeriu em 2013, que a grande maioria das alterações que irão tomar lugar nos dentes e que podem alterar a força de adesão aos mesmos, acontecem nos primeiros dias a semanas pós exodontia. Assim, o autor sugeriu que peças dentárias extraídas há menos de seis meses podem ser utilizados em testes de força adesiva. Em 2015, ficou definido exatamente o que Heintz propusera dois anos antes, pela Norma ISO/TS 11405: 2015<sup>16</sup>. Esta norma definiu ainda que a altura ideal para a execução de testes de força adesiva é logo após a exodontia. No presente estudo não foi possível seguir esta última indicação por motivos temporais, materiais e logísticos, além de que, uma das grandes dificuldades da presente investigação foi a obtenção da amostra na sua totalidade, pois a mesma norma indica que todos os testes devem ser realizados no mesmo dia, pelo mesmo operador.

Heintz<sup>114</sup> sugeriu ainda um número ideal por grupo amostral que variava entre dez e 40 amostras por grupo. Seguindo essas diretrizes, a amostra total foi de 45 elementos, tendo sido subdividida em amostras de 15 dentes cada.

Por forma a seleccionar a metodologia de estudo, foi levado em conta o trabalho de Cal Neto et al<sup>87</sup>. Os autores estudaram diversas metodologias para realização de testes *in vitro* de adesão em Ortodontia. Referiram então, que os pré-molares são os dentes que mais comumente são extraídos por razões ortodônticas e que, este facto, deveria justificar a padronização da utilização de pré-molares neste tipo de investigação. Deste modo seria possível o cruzamento de resultados entre os diversos estudos.

Os 45 pré-molares foram seleccionados com base trabalhos de Cal Neto et al<sup>87</sup> e Endo et al<sup>96</sup>, que indicou que a superfície de esmalte da face onde será feita a colagem, preferencialmente a vestibular, deveria estar intacta, ausente de cáries, restaurações ou quaisquer outra alterações para que testes de adesão possam ser bem-sucedidos e válidos.

Para que os dentes pudessem ser armazenados e manuseados em segurança, foi necessário recorrer a uma desinfeção logo após a exodontia. Foi seleccionado o protocolo indicado pela Norma ISO/TS 11405: 2015<sup>16</sup> e corroborado por Cal Neto et al<sup>87</sup>. Inicialmente os dentes foram limpos com curetas de *Gracey 5/6* e água corrente, eliminando vestígios de tecido e sangue. Este passo não deve ser ignorado ou a solução de Cloramina-T não terá o efeito pretendido, uma vez que, em contacto com matéria orgânica, a Cloramina-T degrada-se, resultando em Para-Tolueno-Sulfonamida, um metabolito sem qualquer atividade bactericida ou bacteriostática<sup>115</sup>. Após limpeza, os dentes foram submersos numa solução de Cloramina-T Tri-hidratada a 1% durante uma semana. A Norma ISO/TS 11405: 2015<sup>16</sup> indica também que, finda a semana em solução de Cloramina-T, os dentes devem ser depositados em água destilada a 4°C, que deverá ser trocada de dois em dois meses, no mínimo, por forma a evitar a degradação da amostra. A água destilada serve dois grandes propósitos na conservação da amostra. Um deles é o de converter o remanescente de Cloramina-T fixado nos dentes, no seu metabolito inativo já supracitado, interrompendo e finalizando o processo de desinfeção. O segundo consiste em assegurar que histologicamente não vão existir alterações significativas na estrutura dos dentes, o que poderia influenciar os resultados da força de adesão<sup>16,87,115</sup>.

Tosun et al<sup>116</sup>, investigaram os efeitos de três soluções e duas durações de armazenamento de amostras dentárias. No caso da água destilada, após dois meses de armazenamento não foram registadas alterações histológicas significativas.

Silverstone<sup>117</sup>, já em 1970 tinha chegado a conclusões semelhantes quando, no seu estudo, não foram observadas alterações significativas numa amostra que armazenou durante seis meses em água destilada.

Para a adesão foi selecionado o sistema Transbond™ XT pois parece ser o mais utilizado em grupos de controlo e, por essa razão, é o mais estudado de todos os sistemas adesivos ortodônticos, o que possibilita a comparação de resultados entre estudos<sup>82,87</sup>.

Heymann et al<sup>118</sup> sugeriram que, antes de realizar a adesão propriamente dita, deve ser feita profilaxia da face onde será colado o *bracket*. Este procedimento, quando realizado antes do ataque ácido, auxilia no aumento clínico da energia de superfície, ao mesmo tempo que remove os detritos que contaminam a superfície de esmalte. O método sugerido pela maioria dos fabricantes e utilizado pela maioria dos autores faz uso de pasta de pedra pomes humedecida, aplicada na face do dente através de uma escova profilática em contra-ângulo a baixa velocidade<sup>4,96</sup>.

Os *brackets* foram colados seguindo as instruções dos fabricantes e, após colagem, os dentes foram submersos novamente em água destilada a 37°C, durante 24h. O objetivo deste armazenamento é o de induzir alguma degradação hidrolítica na interface adesivo-esmalte, deste modo, em caso de o adesivo não ser capaz de suportar ambientes húmidos, será detetada a falha<sup>16,87,115</sup>.

Cal Neto et al<sup>87</sup>, não referiram a termociclagem como uma prática importante na padronização de testes *in vitro* de força adesiva. Apesar disso, foram utilizados estudos em cuja metodologia incluía um período de termociclagem.

Uma análise detalhada permitiu concluir que os estudos precedentes e com maior interesse comparativo, por apresentarem grandes semelhanças nos restantes materiais e métodos, não recorreram à termociclagem.

Levando em consideração todos estes fatores e, uma vez que a presente investigação se apoiou bastante, em termos de metodologia, no trabalho de Cal Neto et al<sup>87</sup>, não foi utilizada termociclagem.

A escolha do tipo de teste a aplicar para que pudessem ser obtidas forças de adesão, levou em consideração o trabalho de Millet<sup>119</sup> e Cal Neto et al<sup>87</sup>, que afirmam que o teste de cisalhamento é mais comumente utilizado quando comparado com o teste de tração. Os autores sugerem que isto acontece devido às semelhanças na aplicação das forças entre o teste de cisalhamento e as forças a que os *brackets* são sujeitos no decurso do tratamento ortodôntico e que são responsáveis pelas falhas de adesão. A maioria dos estudos em cujo teste aplicado é o de cisalhamento, referem o uso de uma ansa de aço

inoxidável que é acoplada à máquina de testes universal e ao *bracket*, por meio das aletas gengivais.

Fox<sup>120</sup>, sugeriu a incorporação das amostras em blocos de acrílico. O autor refere que este processo, apesar de reduzir, não elimina totalmente erros na orientação do vetor de força, mas torna todo o processo mais reprodutível e contribui para a padronização deste tipo de teste. O mesmo autor referiu ainda que os resultados seriam mais precisos se as forças fossem exercidas diretamente na interface *bracket*-adesivo. Contudo esta sugestão é muito complexa de executar, sobretudo se se utilizar uma ansa que ficará acoplada nas aletas gengivais do *bracket*. A força tem então de ser aplicada de forma indireta, mas, ainda assim o stress é induzido ao interface supracitado. Na presente investigação colocou-se a ansa orientada paralelamente ao interface *bracket*-adesivo, de forma a que ocupasse totalmente as aletas gengivais, deste modo, a distância entre o ponto de aplicação da força e o interface *bracket*-adesivo foi a mesma em todas as amostras.

Apesar da escassez de estudos sobre a velocidade de cisalhamento esta parece ser de grande valor laboratorial, no sentido em que possibilita que vários estudos possam ser comparados entre si, motivo pelo qual surgiu a Norma ISO 29022: 2013<sup>121</sup>. Com base nessa Norma, e no trabalho de Cal Neto et al<sup>87</sup>, no presente estudo a velocidade de cisalhamento foi de 1mm/min.

Foi ainda obtida uma avaliação qualitativa que possibilita caracterizar o local da falha através do remanescente de adesivo no esmalte. Utilizou-se o Índice de Remanescente Adesivo (IRA) original com uma ampliação de 10x, que, segundo Montasser<sup>122</sup>, parece ser ampliação mais utilizada.

### 3.2.3. Discussão dos resultados

O grande objetivo da presente investigação é comparar a eficácia de três diferentes técnicas de reciclagem de *brackets* ortodônticos no que respeita à força de adesão conferida após esse acondicionamento. Os resultados obtidos permitem inferir que não existem diferenças significativas entre a técnica com jato de óxido de alumínio e a abrasão superficial com pedra verde, aceitando a hipótese nula da problemática 1, porém, existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois métodos supracitados e a abrasão total com pedra verde, o que leva à rejeição das hipóteses nulas e aceitação das hipóteses alternativas das problemáticas 2 e 3. Isto é confirmado na Tabela 8, referente ao teste ANOVA One-way, que nos mostra um valor de significância inferior a 0,05 ( $p=0,013$ ).

Está documentada uma grande variedade de técnicas de reciclagem e observa-se também uma grande variação nos resultados dos diversos estudos descritos.

Wright<sup>7</sup>, registou uma redução estatisticamente significativa na força de adesão de *brackets* reconicionados quer por métodos térmicos, que por métodos químicos, assim como por abrasão superficial com pedra verde e até mesmo por abrasão total com pedra verde. O autor sugeriu ainda que a utilização de brocas de pedra verde parece apresentar resultados insuficientes para a recolagem de *brackets*. Pelo contrário, no presente estudo verificou-se a eficácia deste método tanto fazendo abrasão superficial como total, tendo sido obtidos valores médios de força de adesão de  $8,22 \pm 4,01$  Mpa e  $7,54 \pm 2,85$  Mpa. Forças iguais ou superiores aos valores mínimos recomendados por Reynolds<sup>45</sup> (6 a 8 Mpa) como clinicamente aceitáveis. Isto talvez se deva à sensibilidade da técnica e aos diferentes materiais e métodos utilizados, no caso de Wright<sup>7</sup>, os *brackets* foram colados em cilindros plásticos e não dentes, não foi feito condicionamento ácido, os *brackets* utilizados eram para incisivos e a velocidade do teste de cisalhamento foi de 2mm/min. Todos estes fatores tornam a comparação com o presente estudo sensível e talvez falaciosa.

Regan<sup>103</sup>, analisou várias marcas comerciais de *brackets* e utilizou a abrasão com pedra verde e o método de Buchman como técnicas de reciclagem. O autor concluiu que qualquer que seja a técnica de reciclagem usada, as forças de adesão não conseguem igualar as de um *bracket* novo. Referiu ainda que não existiram diferenças estatisticamente significativas entre a abrasão com pedra verde e métodos mais complexos como o de Buchman, que envolve chama direta, jato com óxido de alumínio e electropolimento. O presente estudo obteve algumas semelhanças com os resultados do autor supramencionado. Apesar de o jato com óxido de alumínio levar às forças de adesão mais elevadas, não foi obtida diferença estatisticamente significativa entre esse método e a abrasão superficial com pedra verde. Além disso, a abrasão total com pedra verde mostrou ser um método suficientemente eficaz para garantir valores aceitáveis de força de adesão.

Quick<sup>111</sup>, analisou seis métodos de reciclagem e sugeriu que o uso de jato de óxido de alumínio parece aumentar a eficácia de qualquer técnica que o contenha. O autor registou forças de adesão em *brackets* novos de 7,78 Mpa. No método de chama direta seguida de jato de óxido de alumínio e electropolimento registou forças muito próximas às oferecidas pelos *brackets* novos (7,37 Mpa). A técnica bastante mais simples em que apenas foi aplicado jato com óxido de alumínio foi também muito eficaz e não existiram

diferenças estatisticamente significativas em relação à técnica anterior e aos *brackets* novos (7,28 Mpa). Por esta razão parece suficiente o uso de jato de óxido de alumínio, eliminando a necessidade de protocolos mais complexos, dispendiosos e morosos. Segundo o autor, a pedra verde obteve resultados aquém dos necessários a uma recolagem eficiente (4,61 Mpa). O presente estudo está em concordância com Quick no que concerne ao jato de óxido de alumínio, no entanto, no que respeita a técnica com pedra verde, foram encontrados resultados que contradizem o mesmo autor, uma vez que Quick, utilizando *brackets* novos, registou valores de forças de adesão de 7,37 Mpa, inferiores aos obtidos no presente trabalho ( $8,22 \pm 4,01$  Mpa com abrasão superficial e  $7,54 \pm 2,85$  Mpa com abrasão total).

Maaitah et al<sup>112</sup>, registaram forças médias de resistência ao cisalhamento em *brackets* novos de 11,95 Mpa. Após reciclagem com jato de óxido de alumínio os valores mantiveram-se próximos dos do grupo de controlo (11,56 Mpa). Porém, os valores mais próximos dos obtidos em *brackets* novos foram através do acondicionamento com broca multilaminada de tungsténio (11,65 Mpa). Os autores referem, contudo, que as diferenças entre grupos não foram estatisticamente significativas, sendo que qualquer um dos métodos é eficaz para que se possam reutilizar os *brackets*. No presente estudo não foram utilizadas brocas multilaminadas de tungsténio, no entanto, a pedra verde parece ser uma alternativa viável pois alcançou valores de força adesiva aceitáveis à recolagem de *brackets*, ainda que inferiores aos registados por Maaitah et al<sup>112</sup>. Em relação ao jato de óxido de alumínio, o presente estudo está em concordância com os autores citados, uma vez que os valores obtidos são extremamente próximos, 11,56 Mpa no estudo de Maaitah et al<sup>112</sup> e  $11,75 \pm 4,83$  Mpa na presente investigação.

Vários autores têm sugerido que o jato de óxido de alumínio é o método recomendado quando se trata de reciclar *brackets*, cuja adesão falhou ou tiveram de ser propositadamente recolocados<sup>93,105,123,124,125</sup>. Esta propriedade parece dever-se à capacidade que as partículas de óxido de alumínio têm de penetrar através do remanescente adesivo, removendo-o gradualmente e sem danificar a malha do *bracket*. Como as partículas são de pequena dimensão (25 a 100µm é o intervalo mais recomendado<sup>93,125,126</sup>), conseguem retirar o adesivo quase totalmente dos próprios espaços da malha do *bracket*. Deste modo a rede da base do *bracket* é restabelecida e a retenção volta a ser próxima à conseguida com *brackets* novos<sup>9,127,128</sup>.

O presente trabalho é também corroborado, em parte, por Chetan<sup>105</sup> O autor demonstrou que o jato com óxido de alumínio foi o método mais simples e eficaz no

recondicionamento de *brackets* ortodônticos. Refere ainda que não considera recomendável a utilização de métodos térmicos, uma vez que o *bracket* poderá sofrer deformação. Ao contrário do presente estudo, Chetan<sup>105</sup>, ao utilizar a pedra verde, registou valores de força adesiva insuficientes a uma colagem apropriada para tratamento ortodôntico.

No presente estudo, tal como na literatura consultada, os valores de força de adesão alcançados pelos métodos com pedra verde foram inferiores aos obtidos pelo jato com óxido de alumínio<sup>7,103,127</sup>. Apesar disso e contrariamente a grande parte dos estudos encontrados, os valores de força resultantes do uso de brocas de pedra verde estão dentro dos valores recomendados para colagem eficiente de *brackets*.

A desvantagem da pedra verde em relação ao óxido de alumínio parece ser a de que a remoção do remanescente adesivo é incompleta e existe o risco de danificar a malha dos *brackets*. As brocas de pedra verde não conseguem penetrar e remover o adesivo contido no interior dos orifícios da malha, isto implica que o novo adesivo irá ser colado a um substrato composto por adesivo com detritos decorrentes da sua falha adesiva. Outro aspeto importante é que a pedra verde pode ser utilizada com diferentes profundidades de abrasão e, na investigação presente, foi possível demonstrar a eficácia aumentada de uma abrasão de cariz superficial, em oposição à remoção total do adesivo até ser visível a malha do *bracket*.

Também para Newman et al<sup>81</sup> e Lunardi et al<sup>128</sup>, o método de eleição para reciclagem é o jato com partículas de óxido de alumínio entre os 20 e os 50 µm, uma vez que, além de limpar eficazmente o *bracket*, cria rugosidades que aumentam a retenção do novo adesivo. Os autores referem que tamanhos de partículas de óxido de alumínio até 100 µm são aceitáveis, contudo, quanto maior a partícula, maior a probabilidade de danificar a estrutura do *bracket*. No presente estudo foram utilizadas partículas com 30 µm e os resultados estão em concordância com os autores supramencionados.

Quanto ao IRA, os resultados seguiram um padrão semelhante aos obtidos para a força de adesão. Não foram registadas diferenças estatisticamente significativas entre o tipo de falha ocorrida após jato com óxido de alumínio e abrasão superficial com pedra verde, tendo sido aceite a hipótese nula da problemática 4. O inverso aconteceu quando comparada a abrasão total com pedra verde e os dois métodos já citados, sendo rejeitadas as hipóteses nulas das problemáticas 5 e 6, com a aceitação das suas hipóteses alternativas.

A falha do tipo misto foi a mais prevalente, tendo acontecido em 99% dos brackets tratados com jato de óxido de alumínio. Contudo, o *score* IRA atribuído com maior prevalência neste grupo foi de 2, o que significa que a falha aconteceu predominantemente na interface adesivo-*bracket*. Foi registado apenas um caso neste grupo em que o *score* não foi de 2 mas sim de 3, indicando uma falha inteiramente na interface adesivo-*bracket*. No grupo tratado superficialmente com pedra verde o tipo de falha mista foi também o mais prevalente, no entanto o *score* mais atribuído foi de 1, tendo a falha acontecido predominantemente na interface esmalte-adesivo. No grupo em que foi feita abrasão total com pedra verde o *score* mais atribuído foi de 3, tendo a falha adesiva ocorrido predominantemente na interface adesivo-*bracket*.

Pignatta et al<sup>129</sup>, sugeriram que, idealmente, a falha não deverá acontecer perto da superfície de esmalte, isto é, deve acontecer na interface adesivo-*bracket*. Deste modo, estando o stress afastado do esmalte, torna-se menos provável que este venha a sofrer algum tipo de dano. Além disso o adesivo remanescente no esmalte poderá ser facilmente removido com instrumentos rotatórios sem que sejam causadas fraturas ou fissuras na sua superfície. Segundo Artun<sup>100</sup> e Bishara et al<sup>104</sup>, algumas fissuras e fraturas de esmalte foram documentadas após a descolagem do *bracket*. Isto aconteceu em casos de falha na interface esmalte-adesivo (*score* de 0). No presente estudo não foi registada nenhuma pontuação de 0. Além disso, o Grupo A demonstrou grande homogeneidade de resultados em termos de falha adesiva, o que permite inferir que talvez seja o método mais reprodutível e previsível dos três.

Em resumo, com a presente investigação foi possível documentar resultados satisfatórios, tanto com o jato de óxido de alumínio, como com a abrasão com brocas de pedra verde. O método mais eficaz e previsível parece ser o jato de óxido de alumínio, tal como consta na literatura consultada. Ainda assim, no presente trabalho, o uso de pedra verde provou ser suficientemente eficaz para recolar *brackets* ortodônticos, ao contrário do que é descrito por grande parte dos autores. Talvez os resultados insatisfatórios reportados se devam ao facto de que a maioria dos autores utiliza a abrasão até à malha como método de remoção do adesivo remanescente. O jato de óxido de alumínio, por ter apresentado fraturas do tipo misto com predominância na interface adesivo-*bracket*, demonstrou um nível de confiabilidade alto no sentido de não lesar o esmalte. A abrasão superficial com pedra verde foi bastante eficaz na limpeza dos *brackets* e apresentou os segundos melhores resultados para a força de adesão, contudo, apesar do tipo de falha associado ser também misto, foi predominantemente na interface esmalte-adesivo. Não é

a zona de fratura ideal, pelo que talvez seja precisa mais cautela na sua utilização. A remoção total com pedra verde foi suficientemente eficaz, segundo as recomendações existentes. Além disso apresentou predominantemente fraturas na interface adesivo-*bracket*, conferindo segurança na sua utilização.

### **3.2.4. Limitações da investigação**

Como é comum a todos os estudos de investigação, no decurso do presente trabalho, algumas limitações foram também surgindo. Reunir uma amostra com elementos suficientes para que o estudo pudesse estar apoiado na literatura, ao mesmo tempo que respeitava os critérios de inclusão, foi talvez a tarefa mais difícil, sobretudo pela necessidade de o fazer em tempo útil. Os dentes pré-molares em estado hígido, na grande maioria dos casos, são apenas extraídos por motivos ortodônticos ou periodontais, pelo que a sua recolha em grande número se previa difícil. Mesmo recorrendo ao banco de dentes do Instituto Universitário Egas Moniz, nem sempre foi possível aceitar dentes por terem sido extraídos há mais de seis meses. Quanto maior a amostra, mais robusto o estudo. Ainda nesse sentido, e intimamente relacionada com esta limitação, está também a impossibilidade de comparar mais métodos de condicionamento da base dos *brackets* ou incluir um grupo controlo. Ainda que o grande objetivo deste estudo fosse comparar o método cuja literatura refere com maior frequência como sendo o mais previsível e com melhores resultados (jato de óxido de alumínio), com a utilização simples e rápida das brocas de pedra verde, seria interessante incluir mais métodos de condicionamento e, acima de tudo, um grupo de controlo ao qual pudessem ser comparados os resultados.

Uma outra condicionante foi a de que, apesar de ter sido encontrada uma razoável quantidade de estudos semelhantes, não existe uma padronização da metodologia laboratorial, o que dificulta no cruzamento dos resultados com estudos precedentes.

### **3.2.5. Sugestões para estudos futuros**

Seria extremamente valioso que, no futuro, investigadores deste tipo de estudo se apoiassem em metodologias, materiais e técnicas idênticas. Isto traria uma maior robustez e tornaria a extrapolação de resultados mais precisa. Nesse sentido, talvez fosse interessante a padronização deste tipo de estudo com um protocolo pré-definido que pudesse ser seguido por qualquer investigador. Assim, os resultados poderiam ser comparados entre si sem as condicionantes encontradas no presente estudo.

Também de fulcral importância seria a inclusão de um grupo amostral de controle. Se a obtenção de uma maior amostra for possível, este aspeto deveria ser considerado pois possibilitaria, além do cruzamento de informação contido neste estudo, uma nova comparação das forças de adesão obtidas após o condicionamento com as forças de um *bracket* novo.



## IV. CONCLUSÃO

Com a elaboração desta investigação foi possível chegar a algumas conclusões:

- O jato com óxido de alumínio foi a técnica com forças de adesão mais elevadas, seguida pela abrasão superficial e, por fim a abrasão total, com pedra verde.
- Não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre a técnica com jato de óxido de alumínio e a abrasão superficial com pedra verde, o que significa que ambas conseguem obter resultados semelhantes.
- Neste estudo, a abrasão total com pedra verde demonstrou ser a técnica com forças de adesão mais baixas e apresentou diferenças estatisticamente significativas quando comparada com os outros dois métodos.
- As técnicas com recurso a pedra verde apresentam forças de adesão iguais ou superiores às referidas como clinicamente eficazes, no entanto, o jato de óxido de alumínio parece levar a forças de adesão acima dos valores recomendados.
- Nos grupos preparados com jato de óxido de alumínio e abrasão superficial com pedra verde, a falha adesiva mais predominante foi do tipo misto. Dentro do padrão misto, no grupo preparado com jato óxido de alumínio as falhas foram predominantemente na interface adesivo-*bracket*. Já no grupo tratado por abrasão superficial com pedra verde, a falha ocorreu predominantemente na interface esmalte-adesivo. Contudo, segundo a literatura, as forças de adesão neste grupo não foram suficientemente altas que pudessem colocar em risco a superfície do esmalte.
- No grupo recondicionado por abrasão total com pedra verde a falha mais predominante foi na interface adesivo-*bracket*.



**BIBLIOGRAFIA**

1. Dewel BF. The Ribbon Arch. *The Angle orthodontist*. 1981;51(4):263-267.
2. Mondelli AL, Feitas MR. Estudo comparativo da resistência adesiva da interface resina/braquete, sob esforços de cisalhamento, empregando três resinas compostas e três tipos de tratamento na base do braquete. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2007;12(3):111–25.
3. Morais E, Romano FL, Sobrinho LC, Correr AB, Magnani MBB. Shear bond strength of composites using an adhesion booster. *Dental Press J Orthod*. 2011;16(5):104–10.
4. Romano FL, Tavares SW, Ramalli EL, Magnani MBB de A, Nouer DF. Análise in vitro da resistência ao cisalhamento de braquetes metálicos colados em incisivos bovinos e humanos. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2010;9(6):63–9.
5. Vinagre AR, Messias AL, Gomes MA, Costa AL, Ramos JC. Effect of time on shear bond strength of four orthodontic adhesive systems. *Rev Port Estomatol Med Dent e Cir Maxilofac*. 2014;55(3):142–51.
6. Reena RK, Gill S, Miglani A. Storage Media: A Neglected Variable for in vitro Studies. *J Indian Orthod Soc*. 2011;46(1):5–8.
7. Wright W. In vitro tensile bond strength of reconditioned brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1985;87(3):247–52.
8. Regan D, LeMasney B, Van Noort R. The tensile bond strength of new and rebonded stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod*. 1993;15(2):125–35.
9. Khosravanifard B, Nemati-Anaraki S, Nili S. Assessing the effects of three resin removal methods and bracket sandblasting on shear bond strength of metallic orthodontic brackets and enamel surface. *Orthod Waves*. 2011;70(1):27–38.
10. Basudan AM, M. Al-Emran SE. The Effects of In-office Reconditioning on the Morphology of Slots and Bases of Stainless Steel Brackets and on the Shear/Peel Bond Strength. *J Orthod*. 2001;28(3):231-236.
11. Egan FR, Alexander SA. Bond strength of rebonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1996;109(1):64–70.
12. Eminkahyagil N, Arman A, Çetinşahin A, Karabulut E. Effect of resin-removal methods on enamel and shear bond strength of rebonded brackets. *Angle Orthod*. 2006;76(2):314–21.

13. Nanci A. Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function. 9th ed. Quebec: Elsevier; 2017.
14. Shabelitz SJ, Marshall GW, Marshall Jr. MB. Mechanical properties of human dental enamel on the nanometre scale. Arch Oral Biolog. 2001;46(2):173–83.
15. Li Hong H. Understanding the mechanical behaviour of human enamel from its structural and compositional characteristics. J Mech Behav Biomed Mater. 2008;1(1):18–29.
16. Norma ISO/TS 11405:2015. (s.d.).
17. Hilton TJ, Ferracane JL, Broome J: Summitt's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. 4<sup>th</sup> Ed. Chicago: Quintessence Publishing; 2013.
18. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of Dental adhesives systes: from the IV generation to the universal type. 2017;8(1):1–17.
19. Sena L, Barbosa H, Caldas S, Ozcan M, Souza R. Effect of different bonding protocols on degree of monomer conversion and bond strength between orthodontic brackets and enamel. Braz Oral Res. 2018;32(0):1–12.
20. Tay WM, Von Fraunhofer JA. Adhesion in dentistry. Surf Technol. 1978;7(2):157–63.
21. Zhang Q-F, Yao H, Li Z-Y, Jin L, Wang H-M. Optimal enamel conditioning strategy for rebonding orthodontic brackets: a laboratory study. Int J Clin Exp Med. 2014;7(9):2705–11.
22. Inoue C, Yoshikawa K, Yamamoto K, Matsumoto N. Study on adhesion of orthodontic brackets on enamel with resin cements. 2015;49(1):115–121.
23. Perdigão J, Swift E. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry: Fundamental Concepts of Enamel and Dentin Adhesion. 6th ed. St. Louis Missouri, Elsevier; 2013.
24. Nanci A. Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure and Function. 7th ed. St. Louis: Elsevier; 2007.
25. Kato G, Nakabayashi N. The durability of adhesion to phosphoric acid etched, wet dentin substrates. Dent Mater. 1998;14(5):52-347.
26. Fusayama A, Kohno A. Marginal closure of composite restorations with the gingival wall in cementum/dentin. J Prosthet Dent. 1989;61(3):6-293.
27. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the

- infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):73-265.
28. Alex G. Direct Composite Restorations. *Oral Health.* 2008;98(4):19-109
  29. Tay FR, Wei SHY, Gwinnett A, Pang KM. Structural Evidence of a Sealed Tissue Interface with a Total-etch Wet-bonding Technique in vivo. *J Dent Res.* 1994;73(3):36-629.
  30. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(0):20-25
  31. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: A systematic review. *Dent Mater.* 2005;21(10):895–910.
  32. Nishiyama N, Tay FR, Fujita K, Pashley DH, Ikemura K, Hiraishi N. Hydrolysis of functional monomers in a single-bottle self-etching primer - Correlation of <sup>13</sup>C NMR and TEM findings. *J Dent Res.* 2006;85(5):6-422.
  33. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives Part II: Etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17(5):44-430.
  34. Kasraei SH, Atai M, Khamverdi Z, Nejad SK. Effect of Nanofiller Addition to an Experimental Dentin Adhesive on Microtensile Bond Strength to Human Dentin. *J Dent Tehran Univ Med Sci Kasraei.* 2009;6(2):36–41.
  35. Basaran G, Ozer T, Devecioglu Kama J. Comparison of a recently developed nanofiller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *Eur J Orthod.* 2009;31(3):5-271.
  36. Hu W, Featherstone JDB. Prevention of enamel demineralization: An in-vitro study using light-cured filled sealant. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;128(5):592–600.
  37. Gange P. The evolution of bonding in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147(4):56-63.
  38. Miura F, Nakagawa K, Masuhara E. New direct bonding system for plastic brackets. *Am J Orthod.* 1971;59(4):350–61.
  39. Retief DH, Dreyer CJ, Gavron G. The direct bonding of orthodontic attachments to teeth by means of an epoxy resin adhesive. *Am J Orthod.* 1970;58(1):21–40.
  40. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. VI. Forces developing in direct-filling materials during hardening. *J Am Dent Assoc.* 1967;74(2):439–45.
  41. Mandall NA, Hickman J, Macfarlane TV, Mattick RCR, Millett WH. Adhesives

- for fixed orthodontic brackets. Cochrane database of systematic reviews 2018;(4):1–23.
42. Silverman E, Cohen M, Demke RS, Silverman M. A new light-cured glass ionomer cement that bonds brackets to teeth without etching in the presence of saliva. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995;108(3):231–6.
  43. Pereira R. Adesão Indirecta De Brackets Ortodônticos: Estudo Clínico E Laboratorial. 2012;1–263.
  44. Sheykhoslam ZBS. Some factors affecting the bonding of orthodontic attachment to tooth surface. *J Clin Ortho.* 1977;11(11):43-734.
  45. Reynolds IR, von Fraunhofer JA. Direct bonding of orthodontic brackets - A comparative study of adhesives. *Br J Orthod.* 1976;3(3):6-143.
  46. Buchman DJL. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 1980;77(6):68-654.
  47. Aird JC, Durning P. Fracture of Polycarbonate Edgewise Brackets: A Clinical and SEM Study. *Br J Orthod.* 2014;14(3):5-191.
  48. Harzer W, Bourauel C, Gmyrek H. Torque capacity of metal and polycarbonate brackets with and without a metal slot. *Eur J Orthod.* 2004;26(4):41-435.
  49. Kusy RP, Whitley JQ. Frictional resistances of metal-lined ceramic brackets versus conventional stainless steel brackets and development of 3-D friction maps. *Angle Orthod.* 2001;71(5):74-364.
  50. Birnie D. Ceramic brackets. *Br J Orthod.* 1990;17(1):4-71.
  51. Swartz ML. Ceramic brackets. *J Clin Orthod.* 1988;22(2):8-82.
  52. Deacon S, Attack NE, Clark S, Mitchell CN. Current Products and Practice. *J Orthod.* 2007;34(2):50-143.
  53. Arici S, Minors C. The force levels required to mechanically debond ceramic brackets: An in vitro comparative study. *Eur J Orthod.* 2000;22(3):34-327.56.
  54. Jeiroudi MT. Enamel fracture caused by ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991;99(2):9-97.
  55. Sobouti F, Arash V, Rabiee M, Rakhshan V, Khorasani S. In vitro evaluation of frictional forces of two ceramic orthodontic brackets versus a stainless steel bracket in combination with two types of archwires. *J Orthod Sci.* 2015;4(2):42.
  56. Viazis AD, DeLong R, Bevis RR, Douglas WH, Speidel TM. Enamel surface abrasion from ceramic orthodontic brackets: a special case report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(6):8-514.

57. Knox J, Hubsch P, Jones ML, Middleton J. The Influence of Bracket Base Design on the Strength of the Bracket–Cement Interface. *J Orthod.* 2014;27(3):54-249.
58. Majjer R, Smith DC. Variables influencing the bond strength of metal orthodontic bracket bases. *Am J Orthod.* 1981;79(1):20–34.
59. Bishara SE, Soliman MMA, Oonsombat C, Laffoon JF, Ajlouni R. The effect of variation in mesh-base design on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2004;74(3):4-400.
60. Kanniyappan P, Kumar SK, Manjula WS. Enamel pretreatment before bonding brackets - A literature review. *Biomedical and Pharmacology Journal.* 2015;8(0):40-631–40.
61. Pus MD, Way DC. Enamel loss due to orthodontic bonding with filled and unfilled resins using various clean-up techniques. *Am J Orthod.* 1980;77(3):83-269.
62. Ryf S, Flury S, Palaniappan S, Lussi A, Van Meerbeek B, Zimmerli B. Enamel loss and adhesive remnants following bracket removal and various clean-up procedures in vitro. *Eur J Orthod.* 2012;34(1):25–32.
63. Silverstone LM. Fissure sealants: Laboratory studies. *Caries Res.* 1974;8(1):2–26.
64. Retief DH. A comparative study of three etching solutions: Effects on contact angle, rate of etching and tensile bond strength. *J Oral Rehabil.* 1974;1(4):90-381.
65. Buonocore MG, Matsui A, Gwinnett AJ. Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding. *Arch Oral Biol.* 1968;13(1):20-61.
66. Soetopo, Beech DR, Hardwick JL. Mechanism of adhesion of polymers to acid-etched enamel: Effect of acid concentration and washing on bond strength. *J Oral Rehabil.* 1978;5(1):69–80.
67. Zidan O, Hil G. Phosphoric acid concentration: Enamel surface loss and bonding strength. *J Prosthet Dent.* 1986;55(3):92-388.
68. Moin K, Dogon IL. An evaluation of shear strength measurements of unfilled and filled resin combinations. *Am J Orthod.* 1978;74(5):6-531.
69. Rock WP. The effect of etching of human enamel upon bond strengths with fissure sealant resins. *Arch Oral Biol.* 1974;19(10):7-873–7.
70. Retief DH, Middleton JC, Jamison HC. Optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part III: Enamel wettability studies. *J Prosthet Dent.* 1985;53(1):6-42.
71. Sadowsky PL, Retief DH, Cox PR, Hernández-Orsini R, Rape WG, Bradley EL. Effects of etchant concentration and duration on the retention of orthodontic

- brackets: An in vivo study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;98(5):21-417.
72. Carstensen W. The effects of different phosphoric acid concentrations on surface enamel. *Angle Orthod.* 1992;62(1):8-51.
73. Britton JC, Mcinnes P, Weinberg R, Ledoux WR, Retief DH. Shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;98(4):53-348.
74. Gorelick L. Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant-composite: A 12-month assessment. *Am J Orthod.* 1977;71(5):53-542.
75. Beech DR, Jalaly T. Bonding of Polymers to Enamel: Influence of Deposits Formed During Etching, Etching Time and Period of Water Immersion. *J Dent Res.* 1980;59(7):62-1156.
76. Rosales JI, Marshall GW, Marshall SJ, Watanabe LG, Toledano M, Cabrerizo MA, Osorio R. Acid-etching and hydration influence on dentin roughness and wettability. *J Dent Res.* 1999;78(9):9-1554.
77. Carstensen W. Clinical results after direct bonding of brackets using shorter etching times. *Am J Orthod.* 1986;89(1):2-70.
78. Osorio R, Toledano M, Garcia-Godoy F. Bracket bonding with 15-or 60-second etching and adhesive remaining on enamel after debonding. *Angle Orthod.* 1999;69(1):8-45.
79. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2001;120(1):45–8.
80. Fonseca D, Costa D, Cimões R, Beatrice L, Araújo A. Adesivos para colagem de braquetes ortodônticos. *RGO.* 2010;58(1):95–102.
81. Newman G, Snyder WH, Wilson CE. Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces. *Angle Orthod.* 1968;38(1):8-12.
82. Sadowsky PL, Jacobson A, Lacefield W, Pickett KL. Orthodontic in Vivo Bond Strength: Comparison with in Vitro Results. *Angle Orthod.* 2001;71(2):8-141.
83. Rachala MR, Yelampalli MR. Comparison of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with light emitting diode (LED). *Int J Orthod Milwaukee.* 2010;21(4):5-31.
84. Sunna S, Rock WP. Clinical performance of orthodontic brackets and adhesive systems: a randomized clinical trial. *Br J Orthod.* 1998;25(4):7-283.
85. Arrais CAG, Rueggeberg FA, Waller JL, de Goes MF, Giannini M. Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement

- systems. *J Dent.* 2008;36(6):26-418.
86. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Melsen B, Scribante A. A 12 month clinical study of bond failures of recycled versus new stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 2004;26(4):54-449.
87. Cal Neto J, Miguel J. Uma análise dos testes in vitro de força de adesão em Ortodontia. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2010;9(4):44-51.
88. Guzman UA, Jerrold L, Vig PS, Abdelkarim A. Comparison of shear bond strength and adhesive remnant index between precoated and conventionally bonded orthodontic brackets. *Prog Orthod.* 2013;14(1):1-5.
89. Fleischmann L, Sobral MC, Santos Júnior GC, Habib F. Estudo comparativo de seis tipos de braquetes ortodônticos quanto à força de adesão. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2008;13(4):16-107.
90. Chacko P, John J, Kodoth J, Kumar K. Recycling stainless steel orthodontic brackets with Er:YAG laser - An environmental scanning electron microscope and shear bond strength study. *J Orthod Sci.* 2013;2(3):87.
91. Brunharo I, Fernandes D, Miranda M, Artese F. Influence of surface treatment on shear bond strength of orthodontic brackets. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(3):54-62.
92. Yassaei S, Aghili H, KhanPayeh E, Goldani Moghadam M. Comparison of shear bond strength of rebonded brackets with four methods of adhesive removal. *Lasers Med Sci.* 2014;29(5):8-1563.
93. Gupta N, Kumar D, Palla A. Evaluation of the effect of three innovative recycling methods on the shear bond strength of stainless steel brackets-an in vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(4):5-550.
94. Fox NA, McCabe JF, Buckley JG. A Critique of Bond Strength Testing in Orthodontics. *Br J Orthod.* 1994;21(1):33-43.
95. Bishara S, Fonseca J, Boyer D. The use of debonding pliers in the removal of ceramic brackets: Force levels and enamel cracks. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995;108(3):8-242.
96. Endo T, Ozoe R, Shinkai K, Shimomura J, Katoh Y, Shimooka S. Comparison of shear bond strengths of orthodontic brackets bonded to deciduous and permanent teeth. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008;134(2):198-202.
97. Proffit W, Fields H, Sarver D. *Ortodontia Contemporânea.* St. Louis Missouri. 5<sup>th</sup> Ed: Elsevier; 2013.

98. Knösel M, Mattysek S, Jung K, Sadat-Khonsari R, Kubein-Meesenburg D, Bauss O. Impulse debracketing compared to conventional debonding: Extent of enamel damage, adhesive residues and the need for postprocessing. *Angle Orthod.* 2010;80(6):44-1036.
99. Vicente A, Toledano M, Bravo LA, Romeo A, de la Higuera B, Osorio R. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal. J Sect Biomater Bioeng Dent.* 2010;15(5):6-820.
100. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984;85(4):40-333.
101. Hossein M, Atashi A, Khosravib S, Mahdi S, Pakdel V. Clinical Survival of Rebonded Brackets with Different ARI Scores. *Adv Biosci Clin Med.* 2015;4(1):6-22.
102. Montasser MA, Drummond JL, Roth JR, Al-Turki L, Evans CA. Rebonding of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2008;78(3):44-537.
103. Regan D, Lemasney B, Noort R Van. The tensile bond strength of new and rebonded stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 1993;15(2):35-125.
104. Bishara SE, Laffoon JF, VonWald L, Warren JJ. The effect of repeated bonding on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;121(5):5-521.
105. Chetan GB. Comparative Evaluation of Four Office Reconditioning Methods for Orthodontic Stainless Steel Brackets on Shear Bond Strength – an Invitro Study. *Ann Essences Dent.* 2011;3(1):6–13.
106. Basudan A, Al-Emran SE. The Effects of In-office Reconditioning on the Morphology of Slots and Bases of Stainless-Steel Brackets and on the Shear/Peel Bond Strength. *Jr Of Orthod.* 2001;28(3):6-231.
107. Sfondrini MF, Fraticelli D, Gandini P, Scribante A. Shear bond strength of orthodontic brackets and disinclusion buttons: Effect of water and saliva contamination. *Biomed Res Int.* 2013;2013(0):1-6.
108. Dawjee S, Gheevarghese O. Recycling debonded brackets with an acid bath. *J Clin Orthod.* 2004;38(11):6-605.
109. Yassaei S, Aghili H, KhanPayeh E, Goldani Moghadam M. Comparison of shear bond strength of rebonded brackets with four methods of adhesive removal. *Lasers Med Sci.* 2014;29(5):8-1563.
110. Postlethwaite KM. Recycling Bands and Brackets. *Br J Orthod.* 2014;19(2):64-157

111. Quick AN, Harris AMP, Joseph VP. Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments. *Eur J Orthod*. 2005;27(3):6-231.
112. Al Maaitah EF, Alomari S, Abu Alhaija ES, Safi AAM. The effect of different bracket base cleaning method on shear bond strength of rebonded brackets. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14(5):70-866.
113. Wright W, Powers J. In vitro tensile bond strength of reconditioned brackets. *Am J Orthod*. 1985;87(3):52-247.
114. Heintze S. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater*. 2013;29(1):59–84.
115. Rolland S, Carrick T, Walls A, McCabe J. Dentin decontamination using chloramine T prior to experiments involving bacteria. *Dent Mater*. 2007;23(12):72-1468.
116. Tosun G, Sener Y, Sengun A. Effect of storage duration/solution on microshear bond strength of composite to enamel. *Dent Mater J*. 2007;26(1):21-116.
117. Silverstone L. The histopathology of enamel lesions produced in vitro in teeth previously exposed to calcifying fluids. *Caries Res*. 1970;4(1):31–48.
118. Heymann H, Swift EJ, Ritter A. Sturdevant’s art and science of operative dentistry: Introduction to Composite Restorations. 6<sup>th</sup>ed. Wisconsin: Elsevier; 2013. 234-246.
119. Millett DT, McCabe JF. Orthodontic bonding with glass ionomer cement-a review. *European Orthodontic Society*; 1996;18:385-399.
120. Fox NA, McCabe JF, Buckley JG. A critique of bond strength testing in orthodontics. *Br J Orthod*. 1994;21(1):33–43.
121. Norma ISO 29022:2013. (s.d.).
122. Montasser MA, Drummond JL. Reliability of the adhesive remnant index score system with different magnifications. *Angle Orthod*. 2009;79(4):6-773.
123. Faltermeier A, Behr M. Effect of bracket base conditioning. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135(1):12.e1-12.e5.
124. Park DM, Romano FL, Santos-Pinto A dos, Martins LP, Nouer DF. Análise da qualidade de adesão de diferentes bases de braquetes metálicos. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2008;10(1):88–93.
125. Guarita MK, Helena A, Moresca K, Maris E, Moro A, Moresca RC, et al. Effect of Different Surface Treatments for Ceramic Bracket Base on Bond Strength of Rebonded Brackets. 2015;26:61–5.

126. Aksu M, Kocadereli I. Influence of two different bracket base cleaning procedures on shear bond strength reliability. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(2):250–4.
129. Rastelli MC, Coelho U, Orellana Jimenez E. Avaliação da resistência ao cisalhamento de braquetes colados com resinas ortodônticas fluoretadas. *Dental Press J Orthod.* 2010;15(3):106-13
128. Lunardi N, Gameiro GH, Borges MB, Magnani A, Darcy, Nouer F, Vieira de Siqueira C, Consani S, Pereira-Neto S, Pereira-Neto J. The effect of repeated bracket recycling on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. 2008;27(7):1648-1652
129. Pignatta L, Lugato I, Bertoz F, Santos E. *Dental Press Ortodon Ortop Facial.* 2009;117(1):117-123.

# ANEXOS

Anexo I - Aprovação da Comissão de Ética do Instituto Universitário Egas Moniz.

Comissão de Ética



Proc. Interno nº 725

Ex.mo Senhor  
**Pedro Miguel dos Santos Matos**

Monte de Caparica, 13 de fevereiro de 2019.

Ex.mo Senhor,

Em resposta ao Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado "**Força de adesão de brackets ortodônticos recolados – Comparação de diferentes métodos de preparação da base do bracket**", foi aprovado por unanimidade.

Com os melhores cumprimentos,

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz

Profª. Doutora Maria Fernanda de Mesquita