



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**DIFERENTES FORMAS DE ADESÃO DE *BRACKETS* A  
SUPERFÍCIES DE AMÁLGAMA**

Trabalho submetido por:

**Andreia Filipa Malhão Ramos dos Santos Silva Nogueira**

Para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**novembro de 2021**





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**DIFERENTES FORMAS DE ADESÃO DE *BRACKETS* A  
SUPERFÍCIES DE AMÁLGAMA**

Trabalho submetido por:

**Andreia Filipa Malhão Ramos dos Santos Silva Nogueira**

Para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por:

**Prof. Doutor Pedro Mariano Pereira**

Coorientado por:

**Prof.<sup>a</sup> Doutora Iman Bugaighis**

novembro de 2021



## **DEDICATÓRIA**

Às minhas filhas, Leonor e Helena, foi por elas e para elas que tive a coragem de me inscrever e a força para concluir este curso.



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador Prof. Doutor Pedro Mariano, que sempre disponível, muito contribuiu durante toda a elaboração deste projeto e que de uma forma clara e objetiva, sempre suportada pela exigência, rigor pedagógico e científico que o caracterizam, me proporcionou um percurso de investigação sempre seguro, apoiado e bem delineado.

Quero agradecer à minha coorientadora, Prof.<sup>a</sup> Doutora Iman Bugaighis, que sempre amável e disponível, me acompanhou de forma próxima, apoiando as necessidades e dificuldades que me foram surgindo ao longo desta investigação.

Ao Instituto Egas Moniz, ao seu ensino de excelência e aos professores por me terem concedido, ao longo destes cinco anos, uma formação de grande qualidade.

Ao Prof. Doutor Proença e Prof. Doutor Alves de Matos pelo apoio estatístico e técnico. Ao Prof. Doutor Grilo pelo apoio e disponibilidade demonstradas.

Ao pessoal técnico e auxiliar, que sempre disponíveis e incansáveis, me concederam uma ajuda fundamental ao longo do tempo de clínica e de realização da tese.

Às minhas companheiras de box, Margarida e Ana Rita, que estiveram incondicionalmente ao meu lado em todas as ocasiões, demonstrando um companheirismo e amizade notáveis, colegas com quem aprendi e evolui muito, e amigas que certamente levarei para a vida. Aos meus “vizinhos de box”, Tatiana e Tiago, que me acompanharam ao longo de todo este percurso, a quem agradeço todo o apoio insubstituível e amizade revelada e que levo no coração. A todos os colegas de curso, que me ajudaram sempre que precisei ao longo desta jornada.

À minha tia Mónica, sem a ajuda dela não teria conseguido entrar nesta aventura com a mesma facilidade. À minha mãe Irene Ramos, que me concedeu a oportunidade e disponibilidade para me dedicar a esta causa ao longo dos cinco anos. À minha família, que me apoiou desde o primeiro minuto, me acompanhou e amparou em todos os momentos desta jornada.

Ao meu marido Pedro que esteve incondicionalmente ao meu lado, me motivou e apoiou em cada momento deste percurso, a quem devo grande parte da força e coragem para seguir com os meus objetivos e consegui-los concretizar, sem nunca questionar ou colocar em causa as minhas convicções. Fez-me seguir em frente, rumo ao meu objetivo acompanhada de um companheirismo, amizade e amor soberanos.



## RESUMO

**Objetivo:** A colagem de *brackets* a uma superfície dentária restaurada com amálgama continua a ser um desafio para os ortodontistas. Este estudo teve como objetivo avaliar e comparar a força de adesão de *brackets* metálicos a amálgama, usando três sistemas adesivos e duas técnicas de preparação de superfície.

**Materiais e métodos:** A 60 dentes pré-molares naturais, foi talhada uma caixa vestibular restaurada com amálgama. Esta amostra foi dividida em seis grupos de 10 amostras cada. Em todos foram colados *brackets* metálicos de pré-molares usando pasta do sistema adesivo Transbond™XT. Aos Grupos 1, 2 e 3, com preparação micromecânica com broca de turbina de grão grosso, foram aplicados os adesivos Transbond™XT, Assure®Plus All e Metal Primer Reliance®+Transbond™XT respectivamente, e os Grupos 4, 5 e 6, preparados com jato de óxido de alumínio, foram sujeitos à mesma sequência de adesivos. Calculou-se a resistência ao cisalhamento através de máquina de testes universal (velocidade de 1mm/min). A falha de adesão determinou-se através do índice de remanescente adesivo. Na análise estatística foi utilizada ANOVA *Two-way* e o teste Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ).

**Resultados:** Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas na resistência ao cisalhamento entre os diferentes sistemas adesivos e tratamentos de superfície ( $p < 0,05$ ). O tratamento com óxido de alumínio aumentou significativamente a força de adesão entre o *bracket* e a amálgama ( $p \leq 0,05$ ). Os maiores valores de resistência de adesão foram observados com o Assure®Plus All e o Metal Primer®+Transbond™XT ( $p \leq 0,05$ ). O índice de remanescente adesivo revelou uma falha mista predominante na interface adesivo-amálgama para todos os grupos, sem diferenças significativas entre os três adesivos examinados.

**Conclusões:** Os resultados obtidos são indicadores que uma maior força de adesão é obtida quando a superfície de amálgama é preparada com óxido de alumínio e são utilizados os sistemas adesivos Assure®Plus All ou Metal Primer®+Transbond™XT.

**Palavras-chave:** amálgama, *bracket* ortodôntico, adesivo, preparação de superfície.



## ABSTRACT

**Aim:** Bonding *brackets* to a tooth surface restored with amalgam continue to be challenging to orthodontists. Therefore, this study aimed to evaluate and compare the shear bond strength of stainless steel *brackets* bonded to amalgam restorations using each of three intermediate adhesives and two surface preparation techniques.

**Materials and Methods:** Sixty extracted natural premolars were restored with amalgam fillings on their vestibular surface. The sample was divided equally to six groups; group 1, 2 and 3, were micro-mechanically treated with a coarse-grained diamond turbine bur, and group 4, 5 and 6 were treated with sandblasting. Metallic premolar *brackets* were bonded onto all teeth using Transbond™XT composite paste. The adhesives applied on group 1, 2 and 3 were; Transbond™XT, Assure®Plus All and Metal Primer Reliance®+Transbond™XT respectively. Group 4, 5 and 6 were exposed to the same former sequence of adhesives separately. The shear bond strength was calculated using Universal test machine, at 1mm/min. Adhesion failure was determined using the Adhesive Remnant Index. Descriptive statistics, *Two-way* ANOVA and the Kruskal-Wallis tests were undertaken at  $p \leq 0.05$ .

**Results:** There were statistically significant differences of shear bond strength among the different adhesives and surface treatment methods ( $p < 0.05$ ). The use of sandblasting treatment significantly increased the shear bond strength between the *bracket* and the amalgam ( $p \leq 0,05$ ). The highest bond strength value was observed with the Assure® and Metal Primer®+Transbond™XT ( $p < 0,05$ ). The adhesive remnant index revealed a predominant mixed failure at the amalgam-adhesive interface for all groups with no significant differences between the three examined adhesives ( $p \leq 0,05$ ).

**Conclusions:** The results obtained are indicators that greater shear bond strength is obtained when the amalgam surface is prepared with aluminum oxide and Assure®Plus All or Metal Primer®+Transbond™XT adhesive systems are used.

**Key words:** amalgam, orthodontic *bracket*, adhesive, surface preparation.



## INDICE GERAL

RESUMO.....	1
ABSTRACT .....	3
INDICE GERAL .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE TABELAS .....	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
I. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Contextualização e justificação do trabalho .....	13
1.2. Objetivos .....	14
1.3. Metodologia da investigação .....	14
1.4. Questões de investigação .....	15
1.5. Revisão bibliográfica .....	17
1.5.1. Adesão .....	17
1.5.2. Fatores condicionantes da força de adesão de <i>brackets</i> à amálgama .....	23
1.5.3. Estudos precedentes de diferentes sistemas adesivos e métodos de preparação micromecânica da amálgama na adesão em ortodontia .....	27
II. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
2.1. Metodologia de pesquisa bibliográfica .....	35
2.2. Tipo de estudo.....	35
2.3. Local de estudo .....	35
2.4. Considerações éticas .....	35
2.5. Amostra.....	35
2.5.1. Etapas de confeção da amostra.....	36
2.5.2. Grupos de estudo .....	38
2.6. Metodologia da investigação .....	39
2.6.1. Envelhecimento inicial da amostra.....	39
2.6.2. Tratamento de superfície da amálgama .....	40
2.6.3. Colagem dos <i>brackets</i> à superfície de amálgama.....	41
2.6.4. Fotopolimerização .....	43
2.6.5. Envelhecimento final da amostra .....	44
2.6.6. Confeção de cilindros de resina acrílica com montagem da amostra.....	44
2.6.7. Determinação da força de adesão .....	45
2.6.8. Determinação da área do <i>bracket</i> .....	46
2.6.9. Análise da falha de adesão com o Índice de Remanescente Adesivo .....	47

2.6.10.    Metodologias de análise estatística.....	48
III.    RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.1.    Resultados.....	49
3.1.1.    Teste de cisalhamento / Resistência adesiva .....	49
3.1.2.    Índice de Remanescente Adesivo (ARI) .....	54
3.2.    Discussão .....	56
3.2.1.    Escolha da investigação.....	56
3.2.2.    Escolha do método de investigação.....	57
3.2.3.    Discussão dos resultados .....	60
3.2.4.    Limitações da investigação.....	64
3.2.5.    Recomendações para futuras investigações.....	64
IV.    CONCLUSÃO.....	67
V.    BIBLIOGRAFIA .....	69
Anexo A – Aprovação da Comissão de Ética do Instituto Superior Egas Moniz .....	73
Anexo B - Protocolo de confeção das amostras .....	75
Anexo C - Protocolo de tratamento de superfície.....	77
Anexo D - Protocolo de adesão de <i>brackets</i> metálicos à superfície de amálgama.....	79
Anexo E - Protocolos de termociclagem .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sequência do procedimento de confecção das amostras – (A) preparo. (B) restauração a amálgama.....	36
Figura 2 - Diagrama ilustrativo das amostras em estudo.....	38
Figura 3 - Estufa incubadora universal Memmert® INE 4002. ....	39
Figura 4 - Máquina termocicladora Julabo Labortech® em termociclagem inicial da amostra.....	40
Figura 5 – (A) Tratamento de superfície da amálgama com broca de turbina de grão grosso. (B) Tratamento de superfície da amálgama com jato de óxido de alumínio. ....	40
Figura 6 - Bracket 0.018in de pré-molar MBT™ Victory Series™.....	41
Figura 7 - Adesivos Transbond™ XT, Assure® Plus All e Metal Primer Reliance® ...	42
Figura 8 - Pasta de compósito adesivo Transbond™ XT .....	42
Figura 9 - Fotopolimerizador Ortholux™ Luminous Curing Light da 3M.....	43
Figura 10 - Máquina termocicladora Julabo Labortech® em termociclagem final da amostra.....	44
Figura 11 - Material para confecção dos blocos de acrílico e resultado final .....	45
Figura 12 - Máquina de testes universal e amostra em cilindro de resina.....	45
Figura 13 - Amostra preparada para iniciar teste protegida com saco transparente.....	45
Figura 14 - Estereomicroscópio Leica MZ6.....	46
Figura 15 - Determinação da área do <i>bracket</i> no programa ImageJ 1.45.....	47
Figura 16 – Gráfico boxplot ilustrando a distribuição dos valores de força (MPa) registrada para cada um dos grupos .....	50
Figura 17 - Preparação de superfície – Adesivo, Valores médios de força (MPa).....	51
Figura 18 - Adesivo - Preparação de superfície, Valores médios de força (MPa) .....	52
Figura 19 - Frequência absoluta dos tipos de falhas adesivas nos diferentes grupos.....	55
Figura 20 - Protocolo de confecção das amostras .....	75
Figura 21 - Protocolo de tratamento de superfície .....	77
Figura 22 - Protocolo de adesão de <i>brackets</i> metálicos à superfície de amálgama.....	79



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela descritiva de três estudos relevantes para este estudo in vitro precedentes. ....	31
Tabela 2 - Protocolo de confecção das amostras (Hilton et al., 2014; Torres & Metha, 2020; Anusavice et al., 2013). ....	37
Tabela 3 – Sistemas adesivos usados: composição e fornecedores.....	39
Tabela 4 - Protocolo de tratamento de superfície da amálgama.....	41
Tabela 5 - Protocolo de adesão de <i>brackets</i> metálicos à superfície de amálgama .....	42
Tabela 6 - Micrografia ilustrativa e respetiva pontuação .....	48
Tabela 7 - Resumo do processamento de casos dos Grupos 1 a 6.....	49
Tabela 8 - Análise descritiva dos valores de força (MPa) – testes de resistência ao cisalhamento .....	49
Tabela 9 – Resultados do teste ANOVA Two-way, na avaliação dos efeitos provocados pelos fatores “preparação de superfície” e “tipo de adesivo”.....	50
Tabela 10 - Análise post-hoc, teste de Tukey - Comparações múltiplas dos valores médios da força (MPa) de adesão entre os diferentes grupos .....	52
Tabela 11 - Comparações múltiplas da força de adesão (Mpa) nos diferentes grupos ..	53
Tabela 12 – Distribuição das pontuações do ARI .....	54
Tabela 13 - Comparações múltiplas da distribuição das pontuações do ARI nos diferentes grupos .....	56
Tabela 14 - Protocolo de termociclagem inicial das amostras .....	81
Tabela 15 - Protocolo de termociclagem final das amostras.....	81



## LISTA DE ABREVIATURAS

ARI – Índice de adesivo remanescente

bis-GMA - dimetacrilato de bisfenol-A-diglicidil éter

h – Horas

HEMA - 2-hidroxietil metacrilato

MDP - metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato

mm - Milímetros

mm<sup>2</sup> – Milímetros quadrados

MPa – Megapascal

N – Newton

*p* - Significância

µm – Micrometros

seg. – Segundos

TEGDMA - trietilenoglicol dimetacrilato

10-MDP – 10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato.



## I. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização e justificação do trabalho

O tratamento ortodôntico tradicionalmente realizado em adolescentes, nos últimos 20 anos alargou a sua procura a adultos e idosos, que também começaram a ambicionar este tipo de tratamento. Sobretudo no que diz respeito aos idosos, é recorrente encontrar restaurações efetuadas com amálgama, realizadas em tratamentos de dentisteria. Estas restaurações são de extensões e complexidades variáveis, normalmente encontradas em molares inferiores, mas também nas fossetas das faces vestibulares, bem como em toda a face vestibular de qualquer dente posterior (Skilton, Tyas & Woods, 2006).

Neste contexto e com o aumento do número de pacientes adultos que atualmente procuram tratamento de correção dentária, torna-se um desafio para médicos dentistas a aplicação de dispositivos ortodônticos fixos em dentes com restaurações a amálgama, uma vez que as técnicas de adesão destes dispositivos estão estudadas e previstas essencialmente para adesão através de métodos convencionais a esmalte dentário (Amirabadi, Shirazi & Shirazi, 2015).

Uma vez que o tratamento ortodôntico frequentemente implica o recurso a aparatologia fixa, esta tem necessariamente de resistir às forças de mastigação e às próprias forças ortodônticas exercidas pelo aparelho, bem como, simultaneamente, ser segura para evitar danos na superfície durante a descolagem e após o final do tratamento, apoiando-se num sistema adesivo eficiente entre a superfície do dente ou da restauração e o cimento de resina que promove a adesão do *bracket* (Alzainal, Majud, Al-Ani & Mageet, 2020).

Hoje em dia, a adesão convencional ao esmalte dentário já não se revela uma questão preocupante, sobretudo, devido ao avançado universo de adesivos existentes no mercado. O mesmo não acontece com os dentes que possuem superfícies restauradas a amálgama, uma vez que não se consegue uma força de adesão adequada através de adesivos convencionais entre a superfície de amálgama e o cimento de resina (Wongsamut, Satrawaha & Wayakanon, 2017).

Assim sendo, para alcançar sucesso na adesão do *bracket*, torna-se necessária a realização de um tratamento de superfície da amálgama bem como a associação de adesivos e resinas intermediárias adequadas.

## 1.2. Objetivos

O presente estudo tem como objetivo principal avaliar a força de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos a superfícies de amálgama, através da utilização de três sistemas adesivos diferentes e dois métodos distintos de preparação micromecânica da superfície de amálgama.

Do objetivo principal decorrem os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar se a força de adesão de *brackets* metálicos a superfícies de amálgama é idêntica quando utilizados os sistemas adesivos Transbond™ XT<sup>1</sup>, Assure® Plus All<sup>2</sup> e Metal Primer Reliance®<sup>3</sup> + Transbond™ XT;
- Avaliar se a força de adesão de *brackets* metálicos a superfícies de amálgama é idêntica com preparação micromecânica de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio
- Avaliar se o local da falha de adesão de *brackets* metálicos colados a superfícies de amálgama é idêntica quando utilizados os sistemas adesivos: Transbond™ XT, Assure® Plus All e Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT;
- Avaliar se o local da falha de adesão de *brackets* metálicos colados a superfícies de amálgama é idêntica com preparação micromecânica de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio.

## 1.3. Metodologia da investigação

No percurso de investigação foram utilizados um total de 60 dentes pré-molares naturais com face vestibular restaurada a amálgama. A amostra total foi posteriormente dividida em seis grupos: Grupos 1, 2 e 3, constituído por 30 dentes que foram submetidos a preparação micromecânica da sua face vestibular restaurada a amálgama, através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso; e os Grupos 4, 5 e 6, constituído pelos restantes 30 dentes submetidos a preparação micromecânica da sua face vestibular restaurada a amálgama, através de abrasão com jato de óxido de alumínio. Aos Grupos 1, 2 e 3 foram colados na superfície de amálgama *brackets* ortodônticos de pré-molares

---

<sup>1</sup> Light Cure; 3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA.

<sup>2</sup> Reliance Orthodontic Products, Itasca, Illinois, EUA.

<sup>3</sup> Reliance Orthodontic Products, Itasca, Illinois, EUA.

0.018in MBT™ Victory Series™<sup>4</sup>, utilizando o sistema adesivo Transbond™ XT, o sistema adesivo Assure® Plus All e o sistema adesivo combinado Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT, respectivamente, o mesmo procedimento foi realizado aos Grupos 4, 5 e 6. Antes e após a restauração a amálgama, as amostras foram mantidas em água destilada durante 24 horas (h) e, posteriormente, sujeitas a 5.000 ciclos de termociclagem em água destilada entre os 5°C e os 55°C. Da mesma forma, após a termociclagem e antes da adesão dos *brackets*, as amostras foram mantidas em água destilada a 37°C durante 24h e, posteriormente à adesão dos *brackets*, submetidas a 10.000 ciclos de termociclagem em água destilada entre os 5°C e os 55°C. Após terminados os ciclos, as amostras voltaram a ser mantidas em água destilada a 37°C durante 24h. 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 de Remanescente Adesivo (ARI).

#### 1.4. Questões de investigação

- **Problema 1:** Será que a força de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies de amálgama com o sistema adesivo Transbond™ XT<sup>3</sup>, Assure® Plus All<sup>5</sup>, e Metal Primer Reliance + Transbond™ XT é idêntica?

**Hipótese nula (H0):** A força de adesão de *brackets* ortodônticos colados a superfícies de amálgama com o sistema adesivo Transbond™ XT, Assure® Plus All, e Metal Primer Reliance + Transbond™ XT é idêntica.

**Hipótese alternativa (H1):** A força de adesão de *brackets* ortodônticos colados a superfícies de amálgama com o sistema adesivo Transbond™ XT, Assure® Plus All, e Metal Primer Reliance + Transbond™ XT não é idêntica.

- **Problema 2:** Será que a força de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies de amálgama com preparação micromecânica através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio é idêntica?

**Hipótese nula (H0):** A força de adesão de *brackets* ortodônticos colados a superfícies de amálgama com preparação micromecânica através de abrasão

---

<sup>4</sup> 3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA.

com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio é idêntica.

**Hipótese alternativa (H1):** A força de adesão de *brackets* ortodônticos colados a superfícies de amálgama com preparação micromecânica através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio não é idêntica.

- **Problema 3:** Será que o local da falha de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies de amálgama com o sistema adesivo Transbond™ XT, Assure® Plus All, e Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT é idêntico?

**Hipótese nula (H0):** O local da falha de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies de amálgama com o sistema adesivo Transbond™ XT<sup>4</sup>, Assure® Plus All, e Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT é idêntico.

**Hipótese alternativa (H1):** O local da falha de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies de amálgama com o sistema adesivo Transbond™ XT, Assure® Plus All, e Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT não é idêntico.

- **Problema 4:** Será que o local da falha de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies amálgama com preparação micromecânica através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio é idêntico?

**Hipótese nula (H0):** O local da falha de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies amálgama com preparação micromecânica através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio é idêntico.

**Hipótese alternativa (H1):** O local da falha de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos colados a superfícies amálgama com preparação micromecânica através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio não é idêntico.

## 1.5. Revisão bibliográfica

### 1.5.1. Adesão

A adesão constitui um conjunto complexo de mecanismos mecânicos, físicos e químicos que permitem a união das superfícies de dois materiais, com substratos diferentes, através de um material adesivo (Hilton, Ferracane & Broome, 2014).

Em Medicina Dentária, os sistemas adesivos têm três funções essenciais: promover a resistência à separação de um substrato (esmalte, dentina, compósito, metal, cerâmica, etc.) a um material restaurador ou de cimentação; distribuir tensão ao longo da superfície de adesão; selar a interface através da adesão entre o substrato e o material restaurador, aumentando a capacidade do seu selamento marginal e diminuindo o risco de infiltração, de sensibilidade pós-operatória, de descolamento, de cárie secundária e de pigmentação marginal (Anusavice, Shen & Rawls, 2013).

O principal desafio para os adesivos dentários é fornecer uma ligação igualmente eficaz para dois tecidos duros de natureza diferente. Para alcançar uma boa técnica adesiva é necessário que esta assente em alguns princípios de adesão fundamentais entre o material restaurador e a estrutura dentária. Neste contexto, é condição essencial a existência de fatores como uma boa energia de superfície e molhabilidade, formação da camada híbrida, retenção micromecânica e adesão química (Anusavice et al., 2013).

O aumento da energia de superfície e conseqüente molhamento é alcançado através da obtenção de microporosidades conferidas pelo condicionamento ácido à estrutura dentária, pelo que se pode afirmar, que a tecnologia adesiva em Medicina Dentária deve a sua maior evolução à introdução da técnica de condicionamento ácido do esmalte introduzida por Buonocore (1955). Esta técnica permite a obtenção de superfícies de esmalte limpas de impurezas e contaminantes, fornecendo microporosidades, aumentando a energia de superfície e a molhabilidade. Desta forma, o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico promove, por si só, uma elevada energia de superfície o que possibilita a penetração de filamentos de resina do adesivo para o interior das microporosidades do esmalte, formando, após a sua polimerização, os *resin tags* (Perdigão, 2007)

O objetivo final da adesão entre duas superfícies de diferentes materiais é a obtenção de uma adaptação íntima do material restaurador com o substrato dentário. Essa tarefa é difícil de realizar, pois o processo de adesão do esmalte é diferente da dentina.

Um marco na tecnologia de adesivo dentário foi a introdução por Nakabayashi em 1982 do termo “camada híbrida”, que se referia à estrutura formada na superfície da dentina por desmineralização prévia da sua superfície através de ácido fosfórico, seguida por infiltração de monômeros constituintes do adesivo e sua subsequente polimerização, promovendo assim uma maior retenção micromecânica (Meerbeek, Yoshihara, Landuyt, Yoshida & Peumans, 2020). Esta camada híbrida é composta por colagénio, resina, hidroxiapatite residual e vestígios de água, razão pela qual, a dentina é mais húmida e mais orgânica do que o esmalte. Enquanto o esmalte é composto por 96% de hidroxiapatita (mineral), a dentina tem uma composição mineral de cerca de 70%, contendo uma quantidade significativa de água e material orgânico, principalmente colagénio tipo I. Esta natureza húmida e orgânica da dentina torna a adesão a este tecido duro extremamente difícil (Perdigão, 2007)

Face ao exposto, a adesão à dentina torna-se mais desafiante, sendo apenas alcançada através de procedimentos de aplicação mais complexos e demorados. Atento à necessidade de um procedimento mais simples e menos sensível às técnicas adesivas, os fabricantes tem incentivado ao desenvolvimento constante de adesivos cada vez mais eficientes (Meerbeek et al., 2011).

Os novos adesivos são constituídos por água e por monómeros acídicos funcionais, como o 10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP), que interagem quimicamente com os cristais de hidroxiapatite, fornecendo uma adesão complementar e adicional à dentina, por forma a promover uma interação química que se torna mais efetiva e estável em água, contribuindo assim para o aumento da resistência mecânica da interface adesiva, prevenindo a degradação por microinfiltração e nanoinfiltração (Sezinando, 2014).

Na investigação em curso, a adesão foi efetuada entre a base metálica do *bracket* e a superfície da restauração a amálgama, condições que tornam a adesão um processo ainda mais desafiante, uma vez que a maioria dos sistemas adesivos foram concebidos para efetuar adesão entre substratos dentários e material restaurador resinoso.

Neste contexto, Zacharisson e Büyükyilmaz (1995) testaram a introdução do tratamento de superfícies de amálgama juntamente com a introdução de diferentes tipos de adesivos metálicos e resinas intermediárias, na adesão de *brackets* a superfícies de dentes restauradas, sendo esta associação de técnicas, ainda hoje, a mais utilizada para adesão em ortodontia.

### 1.5.1.1. Breve evolução da adesão em Ortodontia

Tradicionalmente, a ortodontia baseava-se na correção dentária através *brackets* soldados a bandas metálicas, de aço inoxidável ou ouro, que se encaixavam nos dentes por forma a poderem exercer forças que provocassem o movimento dentário. Estas bandas circundavam a superfície do dente, exigindo a criação de espaço interproximal para acomodar a espessura do material da banda. Este processo de criação de espaço, realizado inicialmente com a colocação de fios cobre e mais tarde com elásticos, era demorado para o ortodontista e desconfortável para o paciente. No final do tratamento, com a remoção das bandas, os espaços criados tinham de ser corrigidos novamente (Gange, 2015). Acresce referir que o procedimento ortodôntico provocava trauma gengival e, frequentemente, desmineralização de esmalte na zona coberta pela banda, decorrente da permanência das bandas, só observadas aquando da sua remoção. A solução passou por criar métodos para fixar o *bracket* diretamente ao esmalte do dente, eliminando assim a necessidade do uso das bandas (Gange, 2015).

Uma vez identificada a necessidade de criação de um procedimento que permitisse uma boa fixação do *bracket* metálico à superfície do dente, em meados da década de 60, o ortodontista George Newman e o professor Fujio Miura, foram pioneiros na colagem de *brackets* ortodônticos ao esmalte. Ambos partilhavam a visão e objetivo de alcançar um método eficaz de colagem de *brackets* ao esmalte dentário, nomeadamente com força suficiente para suportar as forças de oclusão durante o tratamento, da mastigação e a tensão do arco, permitindo o controlo biomecânico e a remoção dos *brackets* sem causar danos ao esmalte. Outra preocupação prendia-se com o fato da sua adesão ser realizada num ambiente húmido devendo resistir à colocação do *bracket*, até à fase final do tratamento (Gange, 2015).

Newman (1968) continuou os seus estudos sobre o desenvolvimento de resinas epóxi, o que possibilitou o desenvolvimento de adesivos para fixar *brackets* metálicos à superfície do esmalte (Retief, Dreyer & Gavron, 1970).

Desde a consolidação da aparatologia fixa em ortodontia que a colagem de *brackets* se tem tornado um desafio para o médico dentista, revelando-se essencial para o sucesso do tratamento. Se a adesão dos *brackets* não for adequada, irão ocorrer problemas de retenção que resultam na sua descolagem (Fonseca, Costa, Cimões, Beatrice & Araújo, 2010). A necessidade de substituir *brackets* durante o tratamento ortodôntico traduz-se em perda de materiais e tempo clínico, com o conseqüente aumento do custo do

tratamento (Mandall et al., 2018). Por regra, a queda de acessórios ortodônticos decorre de erros na técnica de adesão, da retentividade das bases dos *brackets* e da ação das forças mastigatórias ou parafuncionais (Savariz & Mezomo, 2011).

Neste contexto, vários outros fatores devem ser tidos em consideração, por terem sido determinantes na otimização da retenção de *brackets* ao dente. Entre estes releva-se a morfologia da base do *bracket*, uma vez que estas podem ter várias formas, tamanhos e superfícies, nomeadamente, perfuradas, rugosas, em malha simples ou dupla, características que irão ditar qual o melhor e mais adequado cimento a utilizar, por forma a otimizar o sistema, cientes de que determinadas combinações de formatos de bases associadas a adequadas técnicas adesivas representam ótimos despenhos (Knox, Hubsch, Jones & Middleton, 2014).

Outro fator influenciador da força de adesão do *bracket* ao dente, diz respeito ao material de que é constituído o *bracket*. O fator estético tem obrigado à introdução de materiais como a resina ou a cerâmica para confecção das peças ortodônticas, mas o *gold standard* continua a ser o metal. Estes materiais conferem uma maior estética e uma melhor adesão ao esmalte do dente. No entanto, nem tudo são vantagens, uma vez que a força de adesão por vezes é tão elevada que, vários estudos, indicam que a superfície do esmalte pode ficar comprometida, podendo originar *cracks* ou microfraturas na altura da descolagem do *bracket*, com consequências ao nível da degradação estética, maior sensibilidade dentária e suscetibilidade a inflamação pulpar ou cáries (Su et al., 2012).

As diferentes superfícies às quais são colados os *brackets* também conferem diferentes capacidades de adesão. A adesão deste elemento fixo no esmalte, resina, cerâmica ou metal terá diferentes forças de adesão, pelo que cada tipologia de superfície tem adesivos adequados às suas especificidades. A adesão química é feita pelo sistema adesivo, no entanto, tornou-se necessário garantir também uma retenção mecânica, por forma a garantir uma maior durabilidade na adesão das peças e, muito embora a base do *bracket* possua uma malha que permite a infiltração da pasta que promove a sua adesão, apostou-se também na retenção mecânica à superfície do dente promovida pelo condicionamento ácido e pelo tratamento desta superfície.

Como referido anteriormente, a técnica de condicionamento ácido, desenvolvida por Buonocore (1955), introduziu a criação de microporosidades, mas também uma maior eficácia na remoção de *smear layer*, de impurezas e de bactérias depositadas, sendo hoje em dia o *gold standard* para obtenção de microrretenções na superfície do esmalte, através da infiltração de resina na superfície porosa criada pelo ácido fosfórico.

As microporosidades criadas pelo procedimento de microabrasão através de jato de areia tornou-se a preparação mecânica de eleição no campo da restauração no início dos anos 90. Atualmente, o óxido de alumínio é o sistema de eleição para criar microporosidades e rugosidades que aumentam a microrretenção a superfícies artificiais em cerca de 100% (Gange, 2015).

### 1.5.1.2. Força de adesão em Ortodontia

O sucesso da terapia de correção ortodôntica com aparelhos fixos depende da força de adesão adequada e baixa percentagem de falha dos acessórios. O tempo total necessário para colocar um aparelho é um fator importante no custo do tratamento, bem como a necessidade de colar e/ou substituir os *brackets* pode prejudicar gravemente o progresso do tratamento e ter repercussões em termos de custos com materiais e tempo. Os *brackets* são submetidos a um grande número de forças na boca, resultando numa distribuição complexa de tensões dentro do adesivo, e nas junções com o esmalte e com a base do *bracket*. A resistência de união ao esmalte dependerá de um grande número de fatores, incluindo a natureza da superfície do esmalte, os procedimentos de condicionamento do esmalte, os tipos de adesivo usados, e a forma e desenho da base do *bracket* (Sunna & Rock, 1998).

Reynolds (1975), afirma que, é pouco provável que as forças ortodônticas que exercemos nos *brackets* aderidos excedam os 1,5 kg e que uma adesão bem-sucedida regista aproximadamente valores a partir de 5 Mega Pascal (MPa) com valores ideais entre 6-8 MPa.

Desta forma, uma força de adesão de *brackets* ortodônticos ideal, deverá ser suficientemente forte para manter os *brackets* aderidos até ao final do tratamento, que raramente tem uma durabilidade de menos de um ano sendo em média de dois anos, resistindo entretanto às forças ortodônticas, da mastigação e sem dano para a superfície aderida aquando da sua remoção (Mandall et al., 2018).

A necessidade de evolução na área da adesão fez com que os adesivos fossem alvo de variados estudos, desenvolvimento e aperfeiçoamentos ao longo dos anos e, passando por várias fases de evolução, até que, já na era da quarta geração de adesivos, vários *primers* hidrofílicos foram introduzidos. Ortho Solo (Ormco), Assure® (Reliance Orthodontic Products) e MIP (3MUnitek) foram resinas de ligação hidrofílica que aderiram bem ao esmalte, tornando o procedimento de colagem mais eficiente. Além

disso, o Assure® tornou possível a adesão ao esmalte atípico, ao esmalte com flurose, bem como à dentina. A sua composição de bifênol dimetacrilato, que segundo o fabricante permite ao operador colar a ouro, a amálgama, a aço inoxidável, a cerâmica e a restaurações de compósito sem necessidade de *primers* (Gange, 2015).

### **1.5.1.3. Adesão de dispositivos ortodônticos à amálgama**

Os interfaces adesivos são um dos grandes desafios que influenciam o sucesso da Medicina Dentária moderna. Nos dias de hoje ainda se encontram muitos dentes restaurados a amálgama na prática clínica de medicina dentária. No entanto, grande parte dessas restaurações encontram-se em bom estado e sem necessidade de serem substituídas. Quando estes pacientes recorrem ao tratamento ortodôntico, há necessidade de aderir dispositivos ortodônticos a restaurações com amálgama, sobretudo em dentes posteriores, uma vez que a utilização de bandas começou a ser desaconselhada (Amirabadi et al., 2015).

A retenção de dispositivos ortodônticos era tradicionalmente feita através de bandas nos dentes posteriores, no entanto, evidências de que o uso destes dispositivos causava acumulação de placa bacteriana, gengivite, lesões *white spots*, risco de cárie e de doença veio forçar a necessidade de substituição das bandas por tubos aderidos à superfície dentária (Wongsamut et al., 2017).

Neste contexto e uma vez que a adesão eficiente a restaurações antigas em amálgama foi considerada inviável durante muito tempo, tornou-se necessário o desenvolvimento de novos procedimentos e materiais para tornar possível a sua adesão. Assim, a introdução de técnicas como o tratamento de superfície para aumentar a retenção micromecânica e química, a par do uso de diferentes tipos de adesivos específicos e resinas intermediárias que produzem uma ligação química ao metal, vieram tornar possível a adesão de dispositivos ortodônticos a amálgama (Vieira, Saga, Wieler, & Maruo, 2002; Zachrisson, Buyukyilmaz & Zachrisson, 1995).

A aplicação de *primers* acídicos e resinas intermediárias de adesão química têm a vantagem de se ligar quimicamente aos metais da liga de amálgama através dos seus compostos de resina dimetacrilato de bisfenol-A-diglicidil éter (bis-GMA), de fosfato de 10-metacrilóiloxidecil, di-hidrogenado ou 4-META (Germec, Cakan, Ozdemir, Arun & Cakan, 2009).

### **1.5.2. Fatores condicionantes da força de adesão de *brackets* à amálgama**

O maior fator condicionante da força de adesão dos *brackets* metálicos à amálgama é a falta de retenção mecânica desta superfície, uma vez que esta restauração se apresenta polida e brilhante. Assim, uma superfície polida confere uma fraca retenção, enquanto uma superfície com tratamento abrasivo confere rugosidades e microporosidades que aumentam substancialmente o poder do adesivo à superfície da restauração (Skilton et al., 2006).

Um outro fator condicionante à força de adesão pode ser a presença de contaminantes na superfície, sendo que, também aqui, os métodos abrasivos, em especial o jato, se tornam eficientes na eliminação de contaminantes da camada metálica. Este procedimento não compromete a superfície metálica, uma vez que esta pode ser facilmente polida após a descolagem (Vieira, Saga, Wieler & Maruo, 2002).

#### **1.5.2.1. Estrutura e composição da amálgama**

Por definição, a amálgama é uma liga que contém mercúrio com um ou vários metais na sua composição, sendo que a combinação específica entre a prata, o estanho e o mercúrio tem a designação de amálgama dentária. Este é um dos materiais mais antigos usados na restauração dentária, datado desde 659 d.C., e que apesar de estar a cair em desuso, devido à toxicidade comprovada do mercúrio, ainda se encontra em restaurações antigas de uma grande percentagem dos pacientes (Anusavice et al., 2013).

O mercúrio é um metal líquido à temperatura ambiente e que tem capacidade para dissolver diferentes metais, reagindo para formar ligas metálicas. Este tipo de liga metálica é feito através do processo de amalgamação, em que o mercúrio dissolve as partículas metálicas, conferindo-lhes uma consistência plástica, fase na qual se pode moldar através de uma leve pressão, adaptando-se a qualquer formato. Quando esta solubilidade é excedida, formam-se precipitados de mercúrio e a mistura deixa de ser solúvel, pelo que vai endurecendo (Hilton et al., 2014).

Estas ligas de amálgama dentária são hoje em dia comercializadas em cápsulas descartáveis que contêm uma determinada quantidade de pó de liga metálica e de mercúrio, sendo que este vem selado num invólucro, por forma a evitar o contacto e evaporação antes da trituração. Durante este processo o invólucro é destruído, permitindo a mistura de metais. Para ser utilizada, esta cápsula é introduzida num triturador programável de amálgama, que possui um braço vibratório de grande velocidade,

protegido por uma tampa que impede a cápsula de se ejetar acidentalmente. O tempo de trituração é estipulado pelo operador ou escolhido de entre alguns programas já estabelecidos no equipamento, conforme instruções do fabricante da amálgama (Torres, Patil & Batista, 2020).

As ligas metálicas em pó e encapsuladas variam em tamanho médio entre 15-35 µm, podendo ser de três tipos: partículas de limalhas obtidas em processo de fresagem; partículas esféricas obtidas por processo de liquidificação; e atomização, onde adquire formato de gotas ou uma mistura das duas. Estas ligas são classificadas em baixo teor de cobre (o convencional) ou alto teor, contendo como principais constituintes a prata e o estanho, sendo que algumas também contêm zinco (Hilton et al., 2014).

### **1.5.2.2. Desinfecção e armazenamento da amostra**

Com o objetivo de tornar os resultados *in vitro* mais precisos, dentes naturais usados em ensaios laboratoriais devem ser armazenados hidratados de modo a preservar as suas características morfológicas e fisiológicas.

Para sua descontaminação e ao mesmo tempo manter as condições *in vivo* é recomendado, logo após a sua extração, o armazenamento das amostras em solução de Cloramina-T 1% a 4 °C, durante um máximo de uma semana e depois mantidos em solução de água destilada, devidamente limpos e removido todo o tecido aderente. Durante o manuseio dos dentes, ao longo do processo experimental os dentes devem manter-se sempre hidratados em água destilada (International Organization for Standardization, 2015; Armstrong, et al., 2017)

A Cloramina-T 1% é um composto químico que possui excelentes características bacteriostáticas e bactericidas, é ativo contra vírus, fungos, bactérias Gram+ e Gram-, estável a altas ou baixas temperaturas, biodegradável e de manuseio seguro (Torres-Rodríguez, Santiago-Medina & Delgado-Mejía, 2020).

### **1.5.2.3. Envelhecimento da amostra**

As simulações de laboratório clínico são frequentemente realizadas, uma vez que os ensaios clínicos são mais difíceis de realizar, mais dispendiosos e demorados. A termociclagem é um processo *in vitro* frequentemente representado nessas simulações, assim, a padronização das condições é necessária para permitir a comparação de resultados. Vários estudos tentaram medir os limites na rotina da mudança de temperatura

que ocorre na cavidade oral induzida na ingestão de alimentos sólidos e líquidos, no entanto é difícil ser-se preciso sobre tais eventos, pois são hábitos muito erráticos e de grandes variações. Assim, padronizou-se que a termociclagem, por forma a mimetizar as condições e o ambiente da cavidade oral, deve ser efetuada entre as temperaturas de 5°C e 55°C, com transição à temperatura ambiente. É considerado que cada 10.000 ciclos correspondem a aproximadamente um ano (Darvell & Gale, 1999).

#### **1.5.2.4. Profilaxia**

Para realizar a adesão de elementos ortodônticos fixos é necessário garantir que não ocorra qualquer tipo de interferência que prejudique uma boa técnica adesiva, como tal, deve-se seguir, rigorosamente, os procedimentos de profilaxia recomendados.

Apesar da literatura existente não ser conclusiva relativamente à necessidade de profilaxia prévia dos dentes às técnicas de adesão, a maioria dos fabricantes de material ortodôntico defendem a importância da sua realização. Assim, é recomendada a remoção de biofilme, resíduos e gorduras através da profilaxia com pedra-pomes diluída em água com escova durante 10-15 segundos (seg.), com recurso a um micromotor em baixa rotação, enxaguando abundantemente com água e seguida de uma boa secagem antes da adesão dos *brackets* (Ataide, Cardoso, Tiago & Nouer, 2018; Lindauer et al, 1997)

#### **1.5.2.5. Preparação micromecânica da amálgama**

As restaurações a amálgama são sujeitas a acabamento final o que as torna lisas e polidas, assim sendo torna-se um desafio a adesão a estas superfícies.

Estudos asseguram que para uma adesão bem-sucedida de acessórios ortodônticos à amálgama é necessária retenção mecânica, que só é alcançada com o tratamento de superfície desta restauração, que pode ser feito através de abrasão com broca diamantada ou jato intraoral (Harari, Aunni, Gillis & Redlich, 2000).

A adesão mecânica ocorre a partir da modificação desta superfície e, conseqüente, formação de microrretenções que possibilitam a penetração dos monômeros resinosos, obtendo-se desta forma a união dos substratos por ligação mecânica (Lima, Rubio, Rodrigues & Finck, 2021).

O tratamento abrasivo com broca diamantada produz rugosidades na superfície polida das restaurações a amálgama, fornecendo uma maior capacidade de

microrretenção mecânica destas superfícies e permitindo uma maior capacidade de resistência do adesivo (Germec et al., 2009).

A superfície metálica preparada com uma broca diamantada pode parecer muito rugosa a olho nu, no entanto, em alta magnificação na microscopia eletrônica verifica-se que a superfície apresenta-se riscada, mas com zonas intermedias ainda polidas de baixa retenção (Skilton et al., 2006).

Segundo a literatura, uma preparação de superfície efetuada por uma broca diamantada de grão grosso a alta rotação com turbina será suficiente para conferir e aumentar rugosidades criando microrretenções capazes de atribuir a esta superfície a capacidade de aderir mecanicamente o material de adesão (Skilton et al., 2006).

O procedimento de jato veio, por sua vez, permitir um avanço significativo no que concerne às colagens em superfícies artificiais, produzindo a maior mudança na topografia da superfície da amálgama, através da criação de cristas e fissuras microscópicas de forma uniforme em toda a superfície, aumentando a retenção micromecânica (Skilton et al., 2006; Germec et al., 2009; Vieira et al., 2002).

O óxido de alumínio tornou-se assim o método mais comum para a preparação de restaurações metálicas, uma vez que aumenta a área de superfície rugosa de forma regular, incrementando a sua capacidade de microrretenção (Özcan, Koolman, Aladag & Dündar, 2011).

Desta forma, estudos evidenciam que um tratamento eficaz na superfície de amálgama capaz de resistir com sucesso a mecanismos de adesão pode ser feita através de jato de óxido de alumínio a 50 µm em pó por 3 seg., a uma distância de 10 mm com 7 kg / cm<sup>2</sup> de pressão de ar (Wongsamut et al., 2017; Germec et al., 2009; Armstrong et al., 2017).

#### **1.5.2.6. Preparação química da amálgama**

A retenção química baseia-se em processos químicos ou eletrolíticos de oxidação, galvanização ou silanização da interface metal-resina.

Apesar das melhorias alcançadas ao longo dos anos, a união adesiva ainda apresenta algumas fragilidades como degradação hidrolítica, contração de polimerização e permeabilidade. Por tais motivos, os monômeros funcionais foram introduzidos nos sistemas adesivos com intuito de intensificar as forças adesivas através de ligações

químicas e, dessa forma, aumentar a qualidade das restaurações tornando-as mais efetivas e satisfatórias (Lima et al., 2021).

Neste contexto, a demanda por uma melhor adesão à superfície de amálgama impõe que, em adição à obtenção de microrretenções, seja uma mais valia alcançar também uma adesão química ao metal através do uso de adesivos e resinas intermediárias que se ligam quimicamente através de monómeros funcionais (Germec et al., 2009).

Estudos efetuados por Gross et al. (1997), e Büyükyılmaz e Zacharisson (1998) afirmam que adesivos e resinas intermediárias compostos por monómeros is-GMA e 4-META, como agentes que aumentam a adesão a ligas metálicas por ligação química à sua superfície oxidada, são recomendados adicionalmente ao tratamento de superfície da amálgama.

É sabido que o Metal Primer® Reliance é uma resina intermediária composta por 4-META, que fornece ligação química a metais não nobres por monômero funcional de fosfato, indicada para colagem em superfícies artificiais e que a sua aplicação como resinas intermediárias aumentam a resistência de adesão a superfícies de amálgama (Vieira et al., 2002).

O 10-MDP é um monômero funcional eficaz na ligação química a metais não nobres e o metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato (MDP) tem ligações químicas com grupos fosfato em metais não preciosos. No estudo efetuado por Wongsamut et al (2017), os monómeros 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), MDP e 10-MDP que compõem o adesivo Assure Plus® demonstraram eficácia e aumento da resistência ao cisalhamento.

### **1.5.3. Estudos precedentes de diferentes sistemas adesivos e métodos de preparação micromecânica da amálgama na adesão em ortodontia**

Foi sobretudo através de três estudos precedentes que apresentam procedimentos e objetivos idênticos ao pretendido que se baseou a elaboração da presente investigação.

Durante a pesquisa bibliográfica de estudos semelhantes ao pretendido observou-se que, os existentes são em número reduzido, que a maioria tem mais de dez anos e que frequentemente cada estudo é dirigido apenas à avaliação de alguns dos inúmeros aspetos que influenciam a força de adesão de *brackets* a superfícies de amálgama.

A justificação sobre a escassez de bibliografia existente deve-se provavelmente ao fato de, na atualidade em prática clínica, as restaurações a amálgama terem tendência a ser substituídas e praticamente já não se realizarem em novos tratamentos dentários.

Através da análise da bibliografia existente, foi possível concluir que existe uma grande diversidade no desenho destes estudos, que resulta na inexistência de uma padronização dos métodos utilizados, tornando-se, por esse motivo, quase impossível a comparação entre estudos existentes e impossibilitando uma aferição sólida sobre o melhor método a aplicar (Akhoundi & Mojtahedzadeh, 2005).

Na Tabela 1 encontram-se resumidamente, três estudos precedentes sobre os quais esta investigação se baseou, todos objetivam aferir qual o melhor adesivo em combinação com o tratamento de superfície mais adequado para adesão de *brackets* metálicos a amálgama. No entanto, todos usam diferentes materiais e métodos, dificultando a comparação entre eles e a presente investigação, com vista a uma conclusão fiel. Inúmeros fatores influenciam a força de adesão de *brackets* colados a amálgama, para além do tipo de adesivo, também os métodos de preparação mecânica, o tipo de liga metálica composta na amálgama, o tipo de *bracket* e a própria metodologia utilizada são alguns dos fatores influenciadores (Akhoundi & Mojtahedzadeh, 2005).

Neste contexto, seria importante que os diversos estudos existentes seguissem uma metodologia comum, possibilitando, através da sua padronização, uma maior fiabilidade na comparação de dados, com vista a aferir qual o melhor sistema adesivo e tratamento de superfície para a adesão de *brackets* metálicos a amálgama.

Germeç et al. (2009), elaboraram um estudo cujo objetivo foi a determinação da resistência ao cisalhamento de *brackets* metálicos aderidos a amálgama tratada com óxido de alumínio, através de três diferentes resinas intermediárias e dois tipos de sistemas adesivos, e avaliar ainda o local falha de adesão. Trinta dentes bovinos foram usados como grupo de controlo, em que a adesão direta de *brackets* ao esmalte foi realizada sem qualquer tratamento de superfície. Foram efetuadas 45 restaurações a amálgama em incisivos mandibulares humanos, os quais foram encastrados em blocos de acrílico e preparados com cavidades de dimensão 6×7 mm e profundidade de 2 mm, preenchidas a amálgama (ANA 2000). Posteriormente as amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C. Antes da adesão, todas as superfícies das amálgamas foram tratadas com jato de óxido de alumínio de partículas de 50 µm, à pressão de 7 kg/cm<sup>2</sup>, durante 3 seg.

e a uma distância de 10 mm. As amostras foram divididas em três grupos aleatórios. Nos Grupos 1 e 2, os *brackets* (de incisivos mandibulares) foram aderidos com sistema adesivo Metal Primer® (Reliance) e Power Bond (OLC) respectivamente, e ambos usaram pasta adesiva Unite (3M Unitek). O Grupo 3 usou o sistema adesivo One-Step Plus com pasta adesiva Resinomer para adesão dos *brackets*. As amostras sofreram termociclagem entre as temperaturas de 10°C e 50°C, com transição à temperatura ambiente, durante 1.000 ciclos. A força de adesão foi testada através da máquina de testes universal a uma velocidade de 1 mm/min. e a sua rutura medida em N, sendo posteriormente convertida em MPa. Após o seu descolamento, cada *bracket* foi examinado e foi classificado de acordo com o índice ARI. Os valores de adesão a amálgama foram significativamente menores de que os observados nos dentes bovinos (grupo de controlo). A maior força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio, aderida com o sistema adesivo Metal Primer® (Reliance) e pasta adesiva Unite (3M) ( $7,15 \pm 1,44$  MPa). Enquanto, a menor força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio, aderida com o sistema adesivo Power Bond (OLC) e pasta adesiva Unite (3M) ( $5,99 \pm 1,26$  Ma). Ambos os resultados demonstraram ser capazes de aderir *brackets* a superfícies de amálgama de forma eficiente durante correção ortodôntica. Os resultados de ARI registaram falha adesiva entre a interface amálgama-adesivo sem prejuízo para a restauração de amálgama.

Amirabadi et al. (2015), elaboraram um estudo cujo objetivo se prendia com a comparação de resultados de forças de cisalhamento entre *brackets* metálicos aderidos a amálgama e a cerâmica, com dois diferentes sistemas adesivos, a combinação Metal Primer® (Reliance) + Transbond™ XT (3M) e o Assure® Plus (Reliance), para ambos o tratamento de superfície foi efetuado com óxido de alumínio. Este estudo *in vitro*, comparou, não só dois tipos de tratamento de superfície, como também os dois tipos de sistema adesivo em cada tipo de superfície. Analisando resumidamente apenas parte do estudo que nos interessa à presente investigação, neste estudo foi preparada uma amostra de 20 blocos de acrílico, onde foram realizadas cavidades de  $6 \times 7$  mm e 2 mm de profundidade, que foram posteriormente preenchidas com amálgama. Após 24h foi efetuado acabamento final de polimento e as amostras foram armazenadas a 37°C, durante 48 h. Todas as amostras foram submetidas a tratamento de superfície com óxido de alumínio de partículas de 50 µm, à pressão de 7 kg/cm<sup>2</sup>, a uma distância de 10 mm

durante 3 seg. As amostras tratadas foram divididas em dois grupos e os *brackets* aderidos com o sistema adesivo combinado Metal Primer® (Reliance) + Transbond™ XT (3M) e o sistema adesivo Assure® Plus (Reliance). Ambos aderidos com recurso a pasta adesiva Transbond™ XT (3M) e armazenadas à temperatura de 37°C durante uma semana. As amostras foram posteriormente sujeitas a termociclagem, entre as temperaturas de 5°C e 50°C durante 30 seg. cada, com transição de 15 seg. à temperatura ambiente. A análise da força de cisalhamento foi efetuada com recurso a máquina de testes universal à velocidade de 1 mm/min e o registo de falha efetuado em N e posteriormente convertido para MPa. Após o descolamento as *brackets* foram observadas através de estereomicroscópio a 10x de magnificação e calculado o índice ARI. A análise estatística foi efetuada através dos testes ANOVA *Two-way* e os resultados demonstraram melhores resultados de adesão para o sistema adesivo combinado Metal Primer® + Transbond™ XT (10,11±4,9) e valores inferiores para o sistema adesivo Assure® Plus (7,2±1,45). Ambos os resultados demonstraram ser capazes de aderir *brackets* a superfícies de amálgama de forma eficiente durante correção ortodôntica. Os resultados de ARI registaram falha adesiva entre a interface amálgama-adesivo sem prejuízo para a restauração de amálgama.

Wongsamut et al. (2017), efetuaram um estudo comparativo sobre a força de adesão a superfícies de amálgama de *brackets* metálicos aderidos através de cinco diferentes tipos de adesivos, Monobond N® (Ivoclar), Metal Primer® (Reliance), Alloy Primer® (Kuraray Medical), Assure® Plus (Reliance) e Transbond XT primer® (3M), com e sem tratamentos de superfície com óxido de alumínio. Neste estudo foram usadas 300 amostras de restaurações de amálgama preparadas em blocos de acrílico. As cavidades foram efetuadas de dimensões 6 × 7 mm e 2 mm de profundidade, preenchidas e esculpidas com amálgama e armazenadas em água destilada a 37°C, durante 24 h. Seguidamente, as amostras foram divididas em dois grupos, sem e com tratamento de superfície com óxido de alumínio de partículas de 50 µm, a uma pressão de 7 kg/cm<sup>2</sup>, durante 3 seg., à distância de 10 mm. A cada grupo foram aderidos *brackets* de incisivos mandibulares, com os cinco tipos de sistemas adesivos, formando cinco subgrupos cada. O primeiro subgrupo, serviu de controlo e foi efetuado em dentes incisivos mandibulares naturais e os respetivos *brackets* aderidos na superfície de esmalte do dente através do sistema adesivo Transbond™ XT (3M). Aos segundos, terceiros, quartos e quintos subgrupos foi efetuada adesão nas amostras de amálgama através do sistema adesivo Monobond N®, Metal Primer®, Alloy Primer® e Assure Plus All®, respetivamente com

recurso a pasta adesiva Transbond™ XT (3M), exceto no subgrupo Assure Plus All®, onde a pasta adesiva usada foi a Reliance. Todas as amostras após adesão foram armazenadas em água destilada a 37°C durante 24h. Seguidamente as amostras foram sujeitas a 2.000 ciclos termociclagem entre banhos de 5-50°C, durante 15 seg. e 10 seg. de transição à temperatura ambiente. Após termociclagem, as amostras foram sujeitas a testes de cisalhamento em máquina de testes universal, a uma velocidade de 1 mm/min. à descolagem. Os *brackets* foram posteriormente observados em estereomicroscópio com 25× de magnificação e determinado o índice ARI. A análise estatística foi efetuada através testes ANOVA *Two-way* e os resultados revelaram uma força de adesão mais elevada no grupo de controlo (24,59±3,03 MPA). Pode concluir-se que as forças de adesão do grupo com superfície tratada com óxido alumínio são todas superiores às do grupo sem tratamento de superfície. Por sua vez, os subgrupos que obtiveram maiores resultados de força de adesão com superfície tratada com óxido de alumínio foram, o sistema adesivo Alloy Primer® (6,7±1,90 MPa) e o Assure® Plus (7,41±1,60 MPa), ambos com monómero de MDP na sua composição. Por outro lado, o que registou menor força foi o Monobond N® (5,72±1,44 MPa). Todos os resultados demonstraram ser capazes de aderir *brackets* a superfícies de amálgama de forma eficiente durante correção ortodôntica. Os resultados de ARI registaram falha adesiva entre a interface amálgama-adesivo, sem prejuízo para a restauração de amálgama.

**Tabela 1** - Tabela descritiva de três estudos relevantes para este estudo *in vitro* precedentes.

	<b>Germec et al, 2009</b>	<b>Amirabadi et al, 2014</b>	<b>Wongsamut et al, 2017</b>
<b>Amostra</b>	N=45 dentes incisivos mandibulares	N=20 em cavidades de blocos de acrílico	N=300 em cavidades de blocos de acrílico
<b>Amálgama</b>	ANA 2000	SDI	KerrAlloy®
<b>Armazenamento da restauração amálgama</b>	Água destilada a 37°C por 48 h	Água destilada a 37°C por 1 semana	Água destilada a 37°C por 24 h
<b>Termociclagem inicial</b>	Não realizada	Não realizada	Não realizada
<b>Tipo <i>bracket</i></b>	Incisivos mandibulares metálicos	Incisivos centrais superiores metálicos	Incisivos mandibulares metálicos
<b>Tratamento superfície amálgama</b>	Óxido de alumínio 50µm, P=7 kg/cm <sup>2</sup> , t=2 seg. Distanc.=10mm	Óxido de alumínio 50µm, P=7 kg/cm <sup>2</sup> , t=3 seg. Distanc.=10mm	Óxido de alumínio 50µm, P=7 kg/cm <sup>2</sup> , t=3 seg. Distanc.=10mm

*Diferentes formas de adesão de brackets a superfícies de amálgama*

<b>Fotopolimerizador</b>	Starlights, Mectron Spa, por 20 seg.	LED por 20 seg.	Mini LED 420-480 nm, Aceton Merignac a 3 mm por 20 seg. em cada lado int. prox.
<b>Sistema Adesivo</b>	Metal Primer® (Reliance), Power Bond (OLC) e One-Step <sup>+</sup>	Reliance® Metal Primer + Transbond™ XT e Assure® Plus	Transbond™ XT®, Monobond N®, Metal primer®, Alloy Primer® e Assure® Plus
<b>Pasta resina adesiva</b>	Unite (3M) e Resinomer	Transbond™ XT (3M)	Transbond™ XT (3M)
<b>Armazenamento amostra</b>	Água destilada a 37°C por dois dias	Água destilada a 37°C por tempo indeterminado	Água destilada a 37°C por 24 h
<b>Termociclagem amostra</b>	10-50°C, durante 15 seg. e 10 seg. transição à T ambiente, 1.000 ciclos	5-50°C durante 30 seg. e 15 seg. transição à T ambiente, n.º ciclos indeterminado	5-50°C durante 30 seg. e 10 seg. transição à T ambiente, 2.000 ciclos
<b>Velocidade na máquina de testes universal</b>	1 mm/min.	1 mm/min.	1 mm/min.
<b>Resultados</b>	<p>Os grupos de controlo registaram valores de adesão ao esmalte muito superiores aos de adesão à amálgama (Unite: 22,11 e Resinomer + One-Step Plus: 19,46 MPa).</p> <p>A maior força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio e aderida com o sistema adesivo Metal Primer® e pasta adesiva Unite (3M) (7,15±1,44 MPa).</p> <p>A menor força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio e aderida com o sistema adesivo Power Bond</p>	<p>A maior força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio e aderida com o sistema adesivo Transbond™ XT+ Metal Primer® (10,11±4,9 MPa).</p> <p>A menor força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio e aderida com o sistema adesivo Assure® Plus (7,2±1,45 Ma).</p>	<p>O grupo de controlo registou valores de adesão ao esmalte muito superiores aos de adesão à amálgama (24,59±3,03 MPa).</p> <p>A maior força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio e aderida com os sistemas adesivos, Alloy Primer® (6,7±1,90 MPa) e Assure® Plus (7,41±1,60 MPa).</p> <p>A menor força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama sem tratamento de superfície e aderida com o sistema adesivo Monobond N® (3,62±0,76 MPa).</p>

	e pasta adesiva Unite (3M) ( $5,99 \pm 1,26$ Ma).		
<b>ARI</b>	A falha de adesão ocorreu maioritariamente no interface amálgama-sistema adesivo sem dano na restauração de amálgama.	A falha de adesão ocorreu maioritariamente no interface amálgama-sistema adesivo sem dano na restauração de amálgama.	A falha de adesão ocorreu maioritariamente no interface amálgama-sistema adesivo sem dano na restauração de amálgama.



## II. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Metodologia de pesquisa bibliográfica

Para a elaboração da presente investigação recorreu-se à pesquisa em livros digitais consultados *online*, em fontes abertas, e artigos científicos através das bases de dados digitais *ScienceDirect*, *SciELO*, *B-On*, *Pubmed*, *Cochrane* e *Google Académico*. Neste processo utilizaram-se diversas palavras-chave, tais como: *brackets*, amálgama, preparação de superfície, força de resistência ao cisalhamento, força de adesão e adesão de *brackets*.

### 2.2. Tipo de estudo

Este estudo insere-se na categoria de investigação primária aplicada, experimental e de metodologia quantitativa, dividindo-se numa contextualização teórica, realizada através de uma revisão bibliográfica e numa componente laboratorial, enquadrada no formato de estudo experimental *in vitro*.

### 2.3. Local de estudo

Os procedimentos realizados neste estudo foram efetuados no Laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM) e Centro de Microscopia Eletrónica e Histopatologia Egas Moniz – Laboratório de Morfologia.

### 2.4. Considerações éticas

Esta investigação, após aprovação pela Comissão Científica do Mestrado Integrado em Medicina Dentária e do Conselho Científico do Instituto Universitário Egas Moniz, foi submetida à Comissão de Ética do Instituto Superior Egas Moniz, tendo sido aprovada com processo interno número 1003 e que se encontra em Anexo A.

### 2.5. Amostra

Tendo em vista os objetivos da presente investigação e considerando os fatores em análise, foram formados seis grupos de estudo. O cálculo amostral foi efetuado através do *software* G\*Power, tendo por base os resultados obtidos por Wongsamut et al (2017).

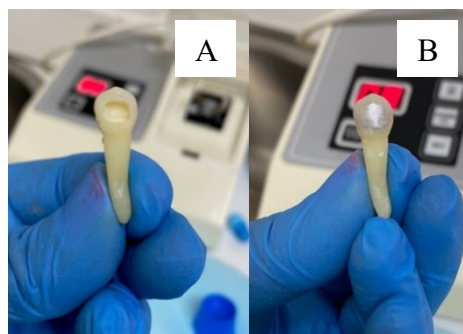
Assim, para um erro alfa de 5% e uma potência de 95%, foi determinado um mínimo de nove amostras por grupo.

Para a realização do presente estudo foram criados seis grupos de dentes pré-molares naturais, cada um composto por dez espécimes, num total de 60 dentes. Em cada amostra foi realizado um preparo em amálgama nas respectivas faces vestibulares.

### **2.5.1. Etapas de confecção da amostra**

Para confecção das amostras usaram-se 60 pré-molares naturais, a cada um dos quais se efetuou uma preparação a 2 mm da cúspide vestibular e a meio da face vestibular, de dimensões  $5 \times 5 \times 2$  mm de largura, altura e profundidade, respetivamente, respeitando a perpendicularidade do longo eixo do dente. De forma a conferir retentividade às paredes do preparo foi necessário realizar um formato convergente para oclusal às paredes do preparo. Este formato foi obtido com o recurso a broca de turbina de cone invertido, criando também uma espessura homogênea e resistência da restauração final. As paredes deveriam ser planas, uniformes e lisas, melhorando desta forma a adaptação do material restaurador (Hilton et al. , 2014; Torres & Metha, 2020).

Em seguida foi realizada a limpeza e desengorduramento do preparo com um detergente aniônico de uso doméstico, seguido de lavagem com *spray* de ar / água e secagem com jato de ar. Este preparo foi então preenchido com amálgama Tytin™ Alloy Regular Set<sup>5</sup>, compactada e esculpida com recurso a calcadores e *carvers*, por forma a adaptar às paredes do preparo e conferir a forma côncava adequada, característica da face vestibular dos pré-molares. Após tomar presa (2-3 min.), o acabamento da restauração a amálgama fez-se com recurso a brunidores. O acabamento final foi efetuado 24 horas depois com recurso a borrachas de polimento verdes e castanhas (Figura 1) (Torres, Patil & Batista, 2020).



**Figura 1** - Sequência do procedimento de confecção das amostras – (A) preparo. (B) restauração a amálgama

---

<sup>5</sup> Kerr Corporation, Romulus, EUA.

Na Tabela 2 descreve-se a sequência do procedimento de confecção das amostras (ilustrado em Anexo B).

**Tabela 2** - Protocolo de confecção das amostras (Hilton et al., 2014; Torres & Metha, 2020; Anusavice et al., 2013).

---

Protocolo de confecção das amostras
1- Efetuar um molde em papel com a forma da caixa a realizar (5 × 5 mm);
2- Medir em cada um dos dentes, com recurso a régua, 2 mm abaixo da ponta de cúspide vestibular e a partir dessa medida delinear a lápis de carvão a forma da caixa, em cada um dos dentes na sua face vestibular, com recurso ao molde em papel, respeitando o paralelismo das paredes do preparo;
3- Abrir a cavidade com recurso a broca de cone invertido diamantada de turbina de grão grosso e efetuar formato das paredes, perpendicularmente à parede axial, com profundidade de 2 mm, deixando-as lisas e planas;
4- Lavar e secar o preparo;
5- Efetuar a limpeza do preparo com detergente aniônico de uso doméstico (desengordurante), seguida de lavagem e secagem com fluxo de ar;
6- Levar a cápsula de amálgama à trituradora a uma velocidade de 4300 rpm durante 8 seg.;
7- Abrir a cápsula com a mão e depositar todo o conteúdo diretamente para um godé de amálgama retirando a membrana;
NOTA: A amálgama deve ser condensada antes do fim do tempo de trabalho de cada cápsula terminar: tempo de condensação = 2 min. e de escultura = 4.25 min.).
8- Levar a amálgama até à cavidade através de um aplicador de amálgama e iniciar de imediato a condensação do material com um condensador, adaptar bem o material às paredes do preparo, começando pelos ângulos cavo-superficiais, as quatro paredes e a parede axial até ao preenchimento total da cavidade;
9- Após o preenchimento da cavidade, remover os excessos e esculpir com recurso uma espátula, de forma a conferir anatomia do dente, que neste caso seguiu a convexidade uniforme da parede vestibular do pré-molar;
10- Aguardar 2-3 min. até a amálgama tomar presa;
11- Alisar para suavizar a superfície da restauração com recurso ao brunidor até ficar brilhante;
12- Após 24h (tempo que a amálgama demora a tomar presa definitiva) voltar a polir a superfície, com borrachas em cone de superfícies de grão decrescente, castanha e verde respetivamente;
13- Lavar com água e secar com jato de ar;
14- Repetir o procedimento para cada um dos dentes.

---

### 2.5.2. Grupos de estudo

As 60 amostras de amálgama foram aleatoriamente divididas e distribuídas em seis grupos de 10 amostras cada, agrupados em função dos diferentes tipos de tratamento de superfície (Figura 2):

- Grupos 1, 2 e 3: preparação de superfície de amálgama efetuada com broca de turbina troncocónica diamantada de grão grosso.
- Grupos 4, 5 e 6: preparação de superfície de amálgama efetuada com jato de óxido de alumínio.

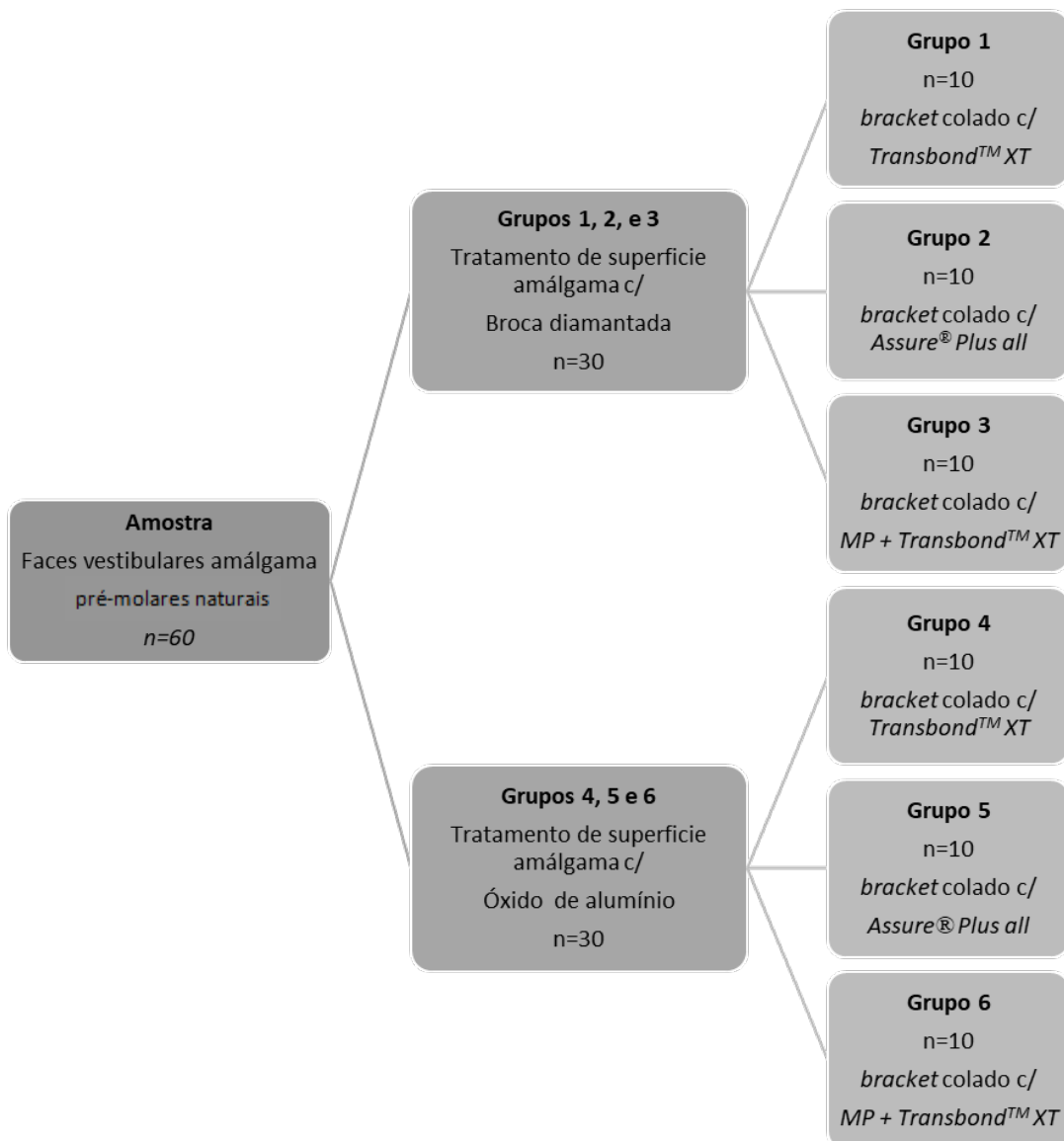


Figura 2 - Diagrama ilustrativo das amostras em estudo

Nos grupos supramencionados foram usados três adesivos par adesão dos *brackets* à superfície de amálgama (Tabela 3):

- Grupo 1 e 4: adesivo Transbond™ XT<sup>6</sup>;
- Grupo 2 e 5: adesivo Assure® Plus All<sup>7</sup>;
- Grupo 3 e 6: adesivo combinado com Metal Primer Reliance®<sup>8</sup> + Transbond™ XT.

**Tabela 3** – Sistemas adesivos usados: composição e fornecedores

Sistema adesivo	Monómero	Fornecedor
Transbond™ XT	TEGDMA, Bis-GMA	3M Unitek (CA, USA)
Assure® Plus All	HEMA, 10-MDP, TEGDMA, Bis-GMA	Reliance orthodontic products (IL, USA)
Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT	Methyl Methacrylate + TEGDMA, Bis-GMA	Reliance orthodontic products (IL, USA), 3M Unitek (CA, USA)

## 2.6. Metodologia da investigação

### 2.6.1. Envelhecimento inicial da amostra

Após a confeção de todas as amostras, os pré-molares com preparo restaurado a amálgama, permaneceram em ambiente idêntico ao da cavidade oral, para tal foram conservados dentro de um recipiente com água destilada, numa Estufa Incubadora Universal Memmert® INE 4002<sup>9</sup>, durante 24 horas a 37°C (Figura 3).



**Figura 3** - Estufa incubadora universal Memmert® INE 4002.

<sup>6</sup> *Light Cure*; 3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA.

<sup>7</sup> *Reliance Orthodontic Products*, Itasca, Illinois, EUA.

<sup>8</sup> *Reliance Orthodontic Products*, Itasca, Illinois, EUA.

<sup>9</sup> Schwabach, Alemanha.

Seguidamente, para prover um envelhecimento das restaurações de amálgama, as amostras foram sujeitas a 5.000 ciclos de termociclagem, em banhos alternados de 5° e 55°C, durante 20 seg. e um tempo de transições de 5 seg. à temperatura ambiente, na termocicladora Julabo Labortech®<sup>10</sup> (Figura 4), simulando o ambiente da cavidade oral (descrito em Anexo E).

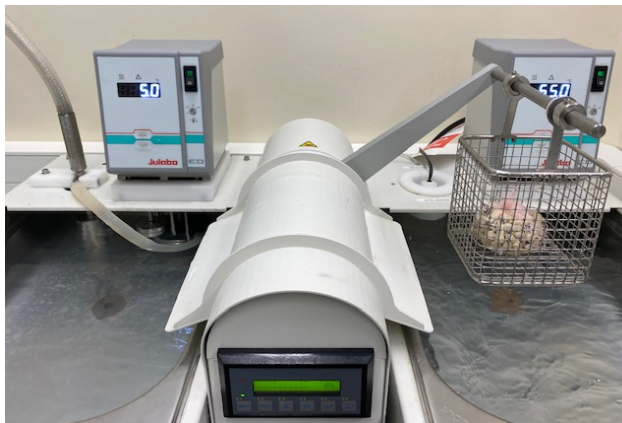


Figura 4 - Máquina termocicladora Julabo Labortech® em termociclagem inicial da amostra.

### 2.6.2. Tratamento de superfície da amálgama

Seguidamente ao tratamento de envelhecimento inicial da amostra procedemos ao tratamento da superfície por forma a otimizar a adesão dos *brackets* à superfície de amálgama com os sistemas adesivos escolhidos.

Desta forma, e como tratamento da superfície de amálgama, foram usados dois diferentes métodos, abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso (Figura 5 – A) e jato de óxido de alumínio EtchMaster®, Reliance<sup>11</sup> de 50 µm (Figura 5 – B), para tal foi elaborado o protocolo descrito na Tabela 4 (ilustrado em Anexo C).

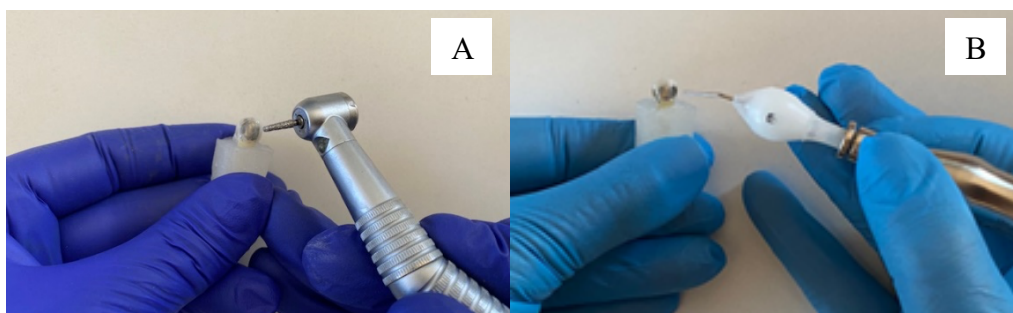


Figura 5 – (A) Tratamento de superfície da amálgama com broca de turbina de grão grosso. (B) Tratamento de superfície da amálgama com jato de óxido de alumínio.

<sup>10</sup> Seelbach, Alemanha.

<sup>11</sup> Reliance Orthodontic Products, Itasca, Illinois, EUA.

**Tabela 4** - Protocolo de tratamento de superfície da amálgama

Protocolo de tratamento de superfície da amálgama	
1-	Grupos 1, 2 e 3 (30 dentes)
a.	Passar suavemente sobre a superfície de amálgama a broca diamantada troncocônica de grão grosso, de modo a conferir uma rugosidade uniforme em toda a superfície;
b.	Lavar e secar com seringa de jato ar/água;
c.	Identificar e armazenar;
2-	Grupo 4, 5 e 6 (30 dentes)
a.	Jatear a superfície de amálgama com óxido de alumínio 50 µm, à pressão de 40 psi, à distância de 1-2 mm, durante 3 seg., de forma a conferir a toda a superfície microporosidades;
b.	Lavar e secar com seringa de jato ar/água;
c.	Identificar e armazenar;

### 2.6.3. Colagem dos *brackets* à superfície de amálgama

Após o tratamento de superfície conferido aos dois grupos de amostras, procedeu-se à colagem dos *brackets* através dos sistemas adesivos escolhidos.

Para a nossa amostra total de 60 dentes, usamos 60 *brackets* metálicos de aço inoxidável de pré-molares (0.018in MBT™ Victory Series™) (Figura 6).



**Figura 6** - Bracket 0.018in de pré-molar MBT™ Victory Series™

Na Figura 7 podemos observar os materiais utilizados para a adesão dos *brackets*, o sistema adesivo Transbond™ XT, Assure® Plus All e Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT e, na Tabela 5, o protocolo detalhado que foi definido para a adesão dos mesmos (ilustrado em Anexo D).



Figura 7 - Adesivos Transbond™ XT, Assure® Plus All e Metal Primer Reliance®

Todos os *brackets* foram colados com recurso à pasta fotopolimerizável Transbond™ XT<sup>12</sup> (Figura 8), tendo sido seguido as instruções do fabricante, de modo a permitir a sua posterior comparação.



Figura 8 - Pasta de compósito adesivo Transbond™ XT

Tabela 5 - Protocolo de adesão de *brackets* metálicos à superfície de amálgama

Protocolo de adesão <i>brackets</i> metálicos	
1-	Profilaxia da superfície da restauração de amálgama com escova e pasta pedra-pomes com água;
2-	Lavar abundantemente com água e secar;
3-	Grupos 1 e 4 <ol style="list-style-type: none"><li>Aplicar uma camada de adesivo Transbond™ XT, sem fotopolimerizar;</li><li>Secar suavemente com seringa de ar para retirar o excesso;</li><li>Aplicar uma pequena quantidade de pasta adesiva Transbond™ XT na base do <i>bracket</i>;</li><li>Logo após a aplicação da pasta adesiva, posicionar o <i>bracket</i> suavemente sobre a superfície ajustando-o com firmeza na sua posição final;</li><li>Retirar cuidadosamente o excesso de adesivo ao redor da base do <i>bracket</i> sem alterar a sua posição;</li><li>Fotopolimerizar 20 seg. por mesial e 20 seg. por distal do <i>bracket</i>;</li><li>Repetir o procedimento para cada uma das amostras</li></ol>
4-	Grupos 2 e 5 <ol style="list-style-type: none"><li>Aplicar uma camada de adesivo Assure® Plus All, sem fotopolimerizar;</li><li>Secar suavemente com seringa de ar para retirar o excesso;</li></ol>

- 
- c. Aplicar uma pequena quantidade de pasta adesiva Transbond™ XT na base do *bracket*;
  - d. Logo após a aplicação da pasta adesiva, posicionar o *bracket* suavemente sobre a superfície ajustando-o com firmeza na sua posição final;
  - e. Retirar cuidadosamente o excesso de adesivo ao redor da base do *bracket* sem alterar a sua posição;
  - f. Fotopolimerizar 20 seg. por mesial e 20 seg. por distal do *bracket*;
  - g. Repetir o procedimento para cada uma das amostras
- 5- Grupos 3 e 6
- a. Aplicar uma camada de adesivo Metal Primer Reliance na superfície de amálgama e aguardar 30 seg., sem fotopolimerizar;
  - b. Aplicar de seguida uma camada de adesivo Transbond™ XT, sem fotopolimerizar;
  - c. Secar suavemente com seringa de ar para retirar o excesso;
  - d. Aplicar uma pequena quantidade de pasta adesiva Transbond™ XT na base do *bracket*;
  - e. Logo após a aplicação da pasta adesiva, posicionar o *bracket* suavemente sobre a superfície ajustando-o com firmeza na sua posição final;
  - f. Retirar cuidadosamente o excesso de adesivo ao redor da base do *bracket* sem alterar a sua posição;
  - g. Fotopolimerizar 20 seg. por mesial e 20 seg. por distal do *bracket*;
  - h. Repetir o procedimento para cada uma das amostras.
- 

#### 2.6.4. Fotopolimerização

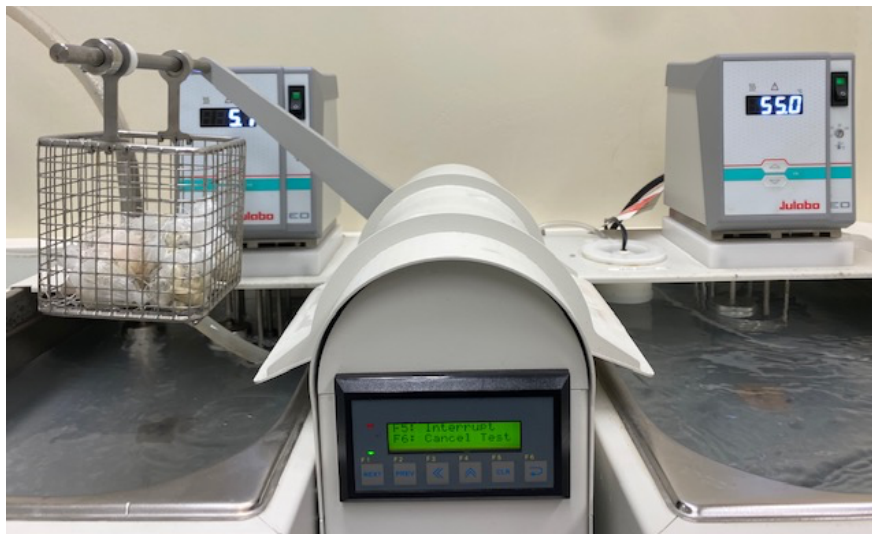
A fotopolimerização dos adesivos foi feita com recurso ao equipamento Ortholux™ Luminous Curing Light (Figura 9), com emissão de luz por diodo (LED, DX), em modo contínuo, com potência de luz de 1600 mW/cm<sup>2</sup>, a mesial e distal do *bracket* por dois ciclos de 20 seg. respetivamente.



**Figura 9** - Fotopolimerizador Ortholux™ Luminous Curing Light da 3M.

### 2.6.5. Envelhecimento final da amostra

Após adesão de *brackets*, todas as amostras foram divididas e individualizadas em seis sacos identificados consoante o seu grupo de amostras. Tal como já havíamos feito aquando da confeção da amostra com a restauração a amálgama, todas as amostras foram novamente sujeitas a um segundo tratamento de envelhecimento. Após armazenamento em água destilada a 37°C por 24h, foi realizada uma termociclagem 10.000 ciclos, em banhos a 5° e 55°C, alternadamente durante 20 seg., com um tempo de transição de 5 seg. (Figura 10) (descrito em Anexo E).



**Figura 10** - Máquina termocicladora Julabo Labortech® em termociclagem final da amostra.

### 2.6.6. Confeção de cilindros de resina acrílica com montagem da amostra

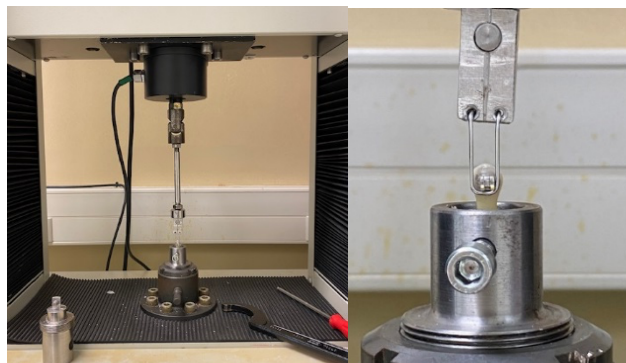
Para ser possível a realização do teste de tração, foi necessária a confeção de cilindros de resina acrílica, onde foram montados os dentes por forma a poderem encaixar e serem seguros no torno integrante na máquina de testes universal. Para esse fim foram usadas formas metálicas cilíndricas de diâmetro interno de 16,30 mm e resina acrílica autopolimerizável. Cada dente foi introduzido na resina, sensivelmente até à altura da junção amelo-cimentária e estabilizados segundo o longo eixo do dente, até a resina tomar presa, de forma a termos a amostra preparada em posição correta para a realização do teste de cisalhamento (Figura 11).



**Figura 11** - Material para confecção dos blocos de acrílico e resultado final

### 2.6.7. Determinação da força de adesão

Para dar início aos testes de resistência ao cisalhamento, os dentes foram colocados no torno da máquina de testes universal de modo a manter o paralelismo entre a base do *bracket* e a ansa do dispositivo (confeccionado exclusivamente para este tipo de teste) (Figura 12). Uma vez que, aquando da falha de adesão do *bracket*, ocorre descolamento do mesmo e para que não se perca, foi usado um saco de plástico a envolver o torno e a ansa da máquina de teste com o propósito de conter a peça, como se exemplifica na Figura 13.



**Figura 12** - Máquina de testes universal e amostra em cilindro de resina



**Figura 13** - Amostra preparada para iniciar teste protegida com saco transparente

Para determinação da força de adesão de cada um dos sistemas adesivos utilizados para colagem dos *brackets*, cada amostra foi submetida a um teste de resistência ao cisalhamento, usando a Máquina de Testes Universal (Shimadzu Autograph AG-IS), a uma velocidade de 1 mm/ minuto até à descolagem do *bracket*.

Terminado o ensaio de tração de todas as amostras, obtemos para cada um dos dentes, um valor de força expresso em Newtons (N) correspondente à falha adesiva. Seguidamente, esse valor foi convertido em Mega Pascal (MPa), usando o valor da área da base do *bracket* – expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>), calculado através da seguinte fórmula:

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

#### **2.6.8. Determinação da área do *bracket***

Para aplicação da fórmula que determina a força por unidade de área necessária à descolagem dos *bracket*, foi necessário determinar a área da base do mesmo. Assim, foi tirada uma micrografia de um *bracket* novo, do mesmo lote, com o estereomicroscópio Leica MZ6<sup>12</sup>, com a ampliação de 10× (Figura 14).

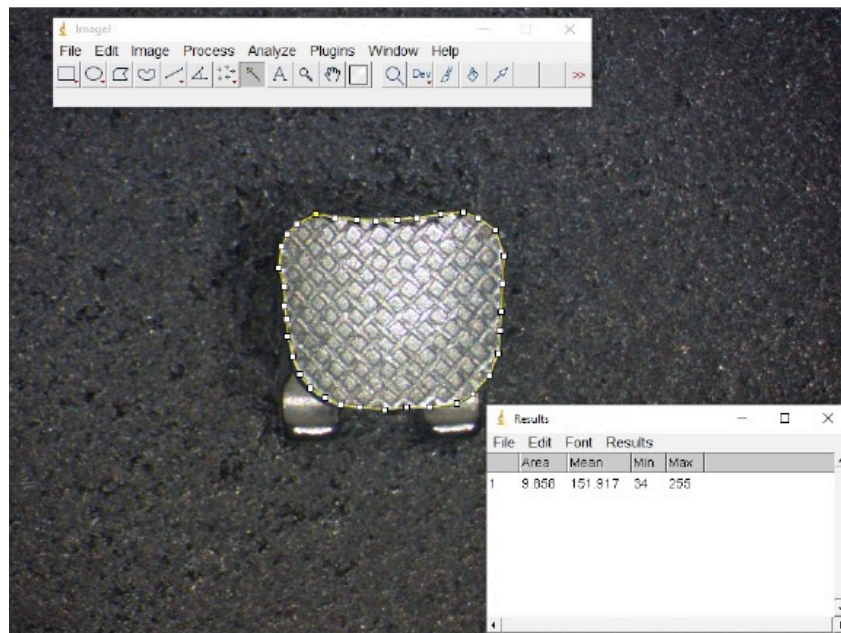


**Figura 14** - Estereomicroscópio Leica MZ6.

---

<sup>12</sup> Leica Microsystems Limitada, Heerbrugg, Suíça.

Posteriormente, a micrografia foi processada através do programa informático *ImageJ 1.45*, com a escala pré-definida de  $100\mu\text{m}$  e uma ampliação de  $10\times$ . De seguida, foram determinadas as unidades de conversão de  $\mu\text{m}$  para  $\text{mm}$ . Através da fotografia, e utilizando a ferramenta *wand tracing*, foi delimitada a base do *bracket*, e assim o programa determinou automaticamente a sua área, obtendo-se o valor de  $9,858\text{ mm}^2$  (Figura 15).

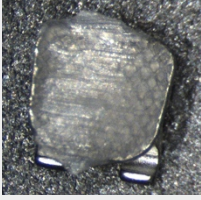





**Figura 15** - Determinação da área do *bracket* no programa ImageJ 1.45

### 2.6.9. Análise da falha de adesão com o Índice de Remanescente Adesivo

Uma vez terminados os testes de resistência ao cisalhamento, as amostras de amálgama e os *brackets* descolados foram analisados no Estereomicroscópio Leica MZ6 com a ampliação de  $10\times$  e, através do programa informático *IC Capture 2.5*, foram registadas micrografias da base de cada *bracket*. Este procedimento teve como objetivo, avaliar a quantidade de adesivo remanescente que permaneceu na superfície da amálgama e na base do *bracket*, permitindo desta forma determinar o local da falha adesiva. Tal como estudado por Ärtun e Bergland (1984), foi aplicado o ARI que classifica a quantidade de adesivo que permaneceu em cada amostra, como ilustra a Tabela 6. O ARI é um dos métodos mais comuns usados para avaliar a qualidade de adesão entre o compósito e a superfície, bem como entre o compósito e o *bracket*. Neste estudo foi utilizado o ARI modificado, que é determinado através da observação das micrografias da base do *bracket* (Yadala et al., 2015).

**Tabela 6** - Micrografia ilustrativa e respetiva pontuação

Micrografia	Pontuação
	<p style="text-align: center;">Score 0</p> <p>Não permaneceu nenhum adesivo na superfície de amálgama, o que significa que a falha de adesão ocorreu na interface amálgama-adesivo</p>
	<p style="text-align: center;">Score 1</p> <p>Menos de metade (&lt;50%) do adesivo permaneceu na superfície de amálgama, o que significa que a falha de adesão ocorreu predominantemente na interface amálgama-adesivo</p>
	<p style="text-align: center;">Score 2</p> <p>Mais de metade (&gt;50%) do adesivo permaneceu na superfície de amálgama, o que significa que a falha de adesão ocorreu predominantemente na interface <i>bracket</i>-adesivo</p>
	<p style="text-align: center;">Score 3</p> <p>Todo o adesivo permaneceu na superfície de amálgama, com a impressão explícita da base do <i>bracket</i>, o que significa que a falha de adesão ocorreu na interface <i>bracket</i>-adesivo</p>

### 2.6.10. Metodologias de análise estatística

A análise estatística dos valores de força de adesão e do ARI foi realizado com recurso ao programa IBM SPSS *Statistics* versão 27. Foram utilizadas metodologias de análise estatística descritiva e inferencial.

Foi utilizado o teste ANOVA *Two-way* na análise comparativa dos valores médios de força de adesão entre os seis grupos. Os pressupostos de aplicação deste teste, nomeadamente a adequação à normalidade e a homogeneidade de variâncias, foram previamente validados. Adicionalmente, de forma a avaliar quais os grupos cujos valores médios de força diferiam significativamente, foi utilizado o teste *post-hoc* de *Tukey*.

Para comparação da distribuição dos valores de ARI, foi utilizado o teste de *Kruskal-Wallis*, seguido de comparações múltiplas *parwise* com correção de *Bonferroni*. Na análise inferencial foi fixado um nível de significância de 5 % ( $p \leq 0,05$ ).

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Teste de cisalhamento / Resistência adesiva

Na Tabela 7 pode observar-se que, em todos os grupos se registam resultados omissos, nos Grupos 1, 2 e 4 ocorreram descolamentos de *brackets* previamente à realização do teste de cisalhamento, enquanto nos Grupos 3, 5 e 6 ocorreram fraturas dos dentes na zona da restauração a amálgama sem ocorrer descolamento do *bracket*. Assim, os casos válidos foram reduzidos, de um universo de 10 amostras para 7 nos Grupos 4 e 6, para 8 amostras nos Grupos 1 e 5, e para 9 amostras no Grupos 2 e 3.

**Tabela 7** - Resumo do processamento de casos dos Grupos 1 a 6

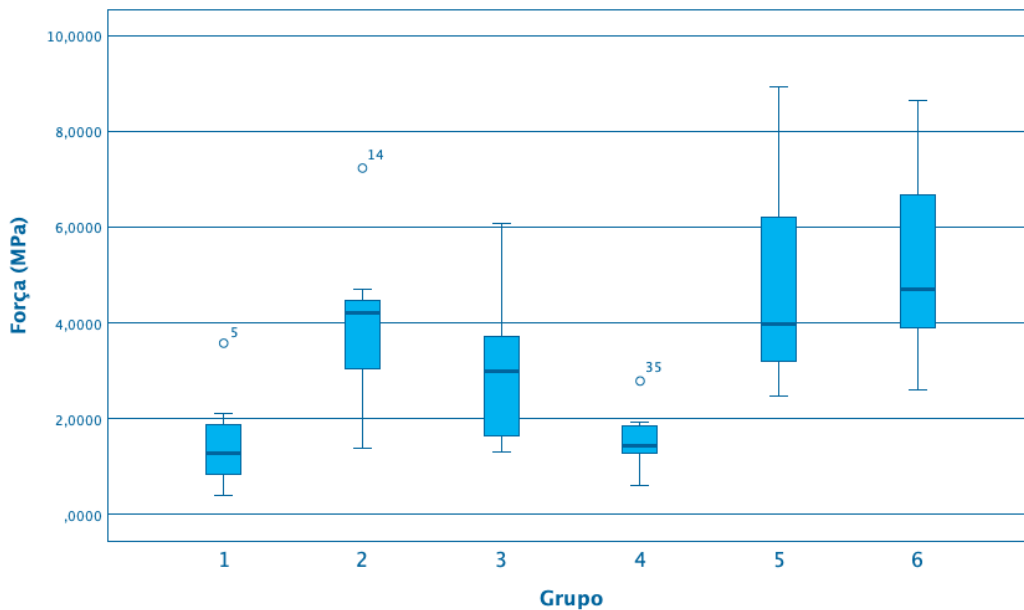
Grupo	Casos					
	Válido		Omisso		Total	
	N	%	N	%	N	%
1	8	80	2	20	10	100
2	9	90	1	10	10	100
3	9	90	1	10	10	100
4	7	70	3	30	10	100
5	8	80	2	20	10	100
6	7	70	3	30	10	100

Na Tabela 8 estão registados os resultados da análise descritiva, nomeadamente a média e o desvio padrão, dos valores obtidos nos testes de resistência ao cisalhamento de cada um dos grupos. São apresentados igualmente os intervalos de confiança a 95%, para estimativa do valor médio de força para cada grupo.

**Tabela 8** - Análise descritiva dos valores de força (MPa) – testes de resistência ao cisalhamento

Grupo	Casos			
	Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95% para a Média	
			Min.	Máx.
1	1,49	1,01	0,40	3,58
2	3,96	1,61	1,37	7,23
3	3,02	1,59	1,30	6,08
4	1,58	0,68	0,61	2,78
5	4,78	2,22	2,46	8,94
6	5,22	2,12	2,60	8,64

Na Figura 16 está representado o gráfico *boxplot* correspondente à distribuição dos valores de força de falha de adesão, para os diferentes grupos.



**Figura 16** – Gráfico *boxplot* ilustrando a distribuição dos valores de força (MPa) registada para cada um dos grupos

Uma vez validados os pressupostos de adequação à normalidade e homogeneidade de variâncias (Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> e Shapiro-Wilk) foi efetuada uma análise inferencial comparativa através da aplicação do teste ANOVA *Two-way*, cujos resultados estão espelhados na Tabela 9.

Nesta análise comparativa foram considerados dois fatores: tipo de adesivo e preparação de superfície, assim como interação entre eles, tendo sido estabelecido um nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 9** – Resultados do teste ANOVA *Two-way*, na avaliação dos efeitos provocados pelos fatores “preparação de superfície” e “tipo de adesivo”

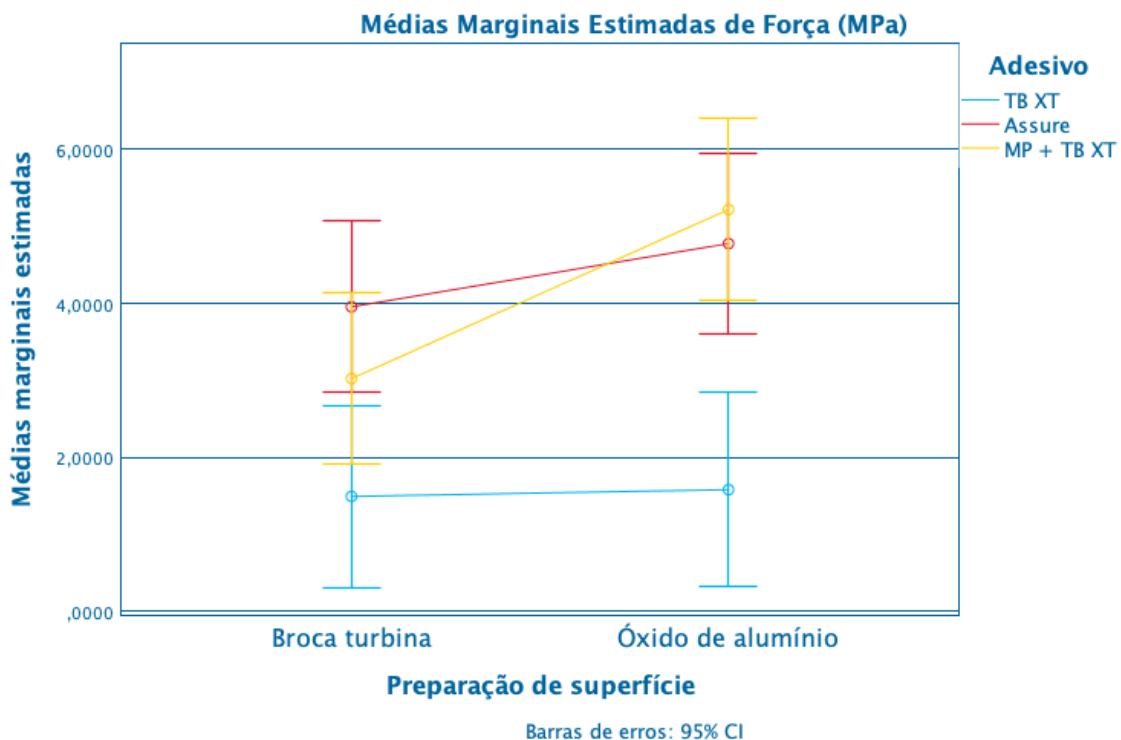
	<i>p</i>	Eta parcial quadrado
<b>Preparação de superfície</b>	0,035	0,100
<b>Tipo de adesivo</b>	<0,001	0,394
<b>Interação Preparação de superfície - Tipo de adesivo</b>	0,197	0,073

Esta análise a dois fatores avalia os efeitos, como resultado da variação da preparação de superfície e do tipo de adesivo. Desta forma, pode concluir-se sobre a eventual existência de diferenças significativas, entre valores médios da força dos grupos, como resultado de cada um dos fatores mencionados.

Tanto o tratamento de superfície ( $p = 0,035$ ) como os tipos de adesivo ( $p < 0,001$ ) foram identificados como fatores estatisticamente significativos. No entanto, não foi identificada existência de uma interação significativa entre aqueles dois fatores ( $p = 0,197$ ).

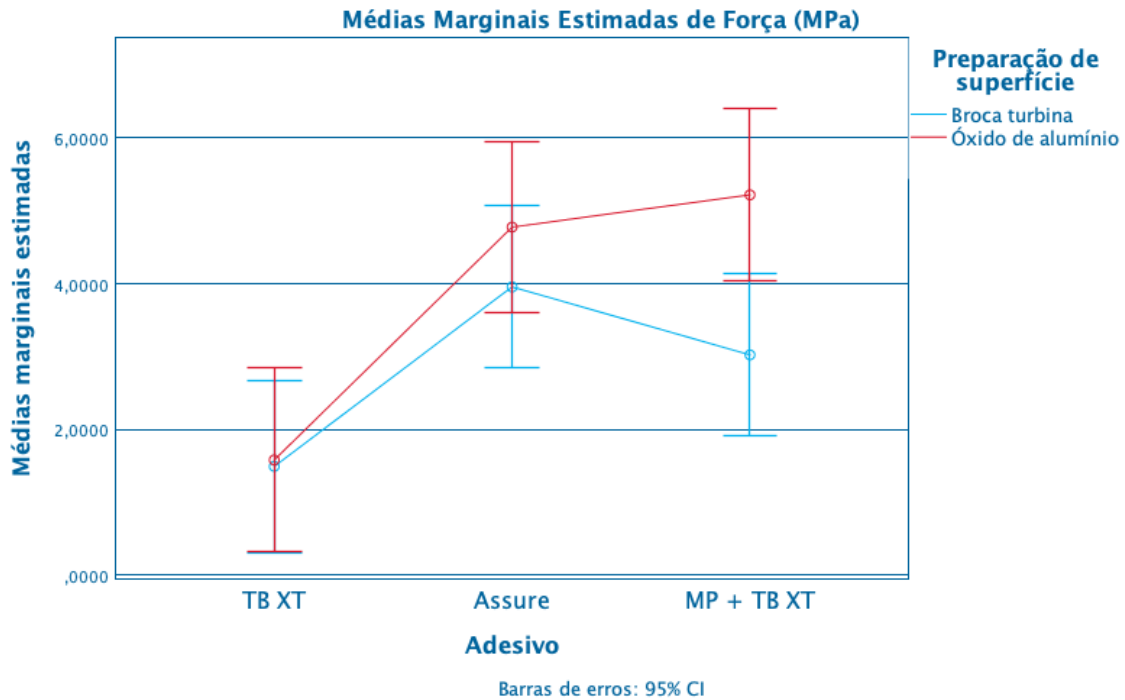
Também pode concluir-se que o tipo de adesivo produz um efeito mais relevante na variação dos valores médios de força do que a preparação de superfície (eta parcial quadrado = 0,394 e 0,100, respetivamente).

No gráfico da Figura 17 pode observar-se um esquema ilustrativo dos dois tipos de tratamento de superfície no efeito do valor médio da força registada para os três diferentes tipos de adesivos.



**Figura 17** - Preparação de superfície – Adesivo, Valores médios de força (MPa)

No gráfico da Figura 18 pode observar-se um esquema ilustrativo do efeito dos três tipos de adesivos nos valores médios de força, tendo em conta os dois tipos de tratamento de superfície.



**Figura 18** - Adesivo - Preparação de superfície, Valores médios de força (MPa)

Para efetuar uma análise comparativa, que permita identificar os grupos que apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si, foi aplicada uma análise *post-hoc*, através do teste de *Tukey*, com resultados resumidos apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10** - Análise *post-hoc*, teste de *Tukey* - Comparações múltiplas dos valores médios da força (MPa) de adesão entre os diferentes grupos

Grupo	Subconjuntos	Subconjuntos		
		1	2	3
1	Transbond™ XT <sup>13</sup>	1,493330		
4	Transbond™ XT	1,581747	1,581747	
3	Metal Primer <sup>14</sup> + Transbond™ XT	3,024053	3,024053	3,024053
2	Assure <sup>15</sup>		3,956403	3,956403
5	Assure			4,776958
6	Metal Primer + Transbond™ XT			5,219619

Através desta análise comparativa, dos valores médios das forças, identificam-se três subconjuntos de valores médios de força estatisticamente não distintos. Assim, pode afirmar-se que, os grupos 1, 4 e 3 pertencentes ao subconjunto 1, possuem valores de

<sup>13</sup> *Light Cure*; 3M Unitek, Monrovia, Califórnia, EUA.

<sup>14</sup> *Reliance Orthodontic Products*, Itasca, Illinois, EUA.

<sup>15</sup> *Reliance Orthodontic Products*, Itasca, Illinois, EUA.

força média não significativamente diferentes. O mesmo se passa para os grupos 4, 3 e 2 pertencentes ao subconjunto 2, e para os grupos 2, 3, 5 e 6. Pode observar-se que o grupo 1 é o que apresenta o valor médio de força mais baixo.

Também podemos concluir através deste quadro resumo que os grupos 2, 3, 5 e 6 são os que apresentam médias de força mais elevadas. Sendo que os grupos 5 e 6 são os grupos que exibiram os maiores valores médios de força, em termos absolutos.

Por forma a avaliar quais os grupos que apresentavam diferenças significativas entre si, foi utilizado o teste de *Tukey* HSD, representado na Tabela 11.

**Tabela 11** - Comparações múltiplas da força de adesão (Mpa) nos diferentes grupos

Comparação entre grupos	<i>p</i>
1-2	0,041*
1-3	0,413
1-4	1,000
1-5	0,003*
1-6	0,001*
2-3	0,836
2-4	0,068
2-5	0,908
2-6	0,621
3-4	0,520
3-5	0,267
3-6	0,089
4-5	0,007*
4-6	0,001*
5-6	0,994

\* $p \leq 0,05$

Através da análise da Tabela 11 podemos concluir que, em termos estatísticos, existem diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) de forças de adesão entre o Grupo 1 (Transbond™ XT e preparação com broca de turbina) e o Grupo 2 (Assure® Plus All e preparação com broca de turbina), o Grupo 5 (Assure® Plus All e preparação com óxido de alumínio) e o Grupo 6 (Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT e preparação com óxido de alumínio). Também entre o Grupo 4 (Transbond™ XT e preparação com broca de turbina), o Grupo 5 (Assure® Plus All e preparação com óxido de alumínio) e o Grupo 6 (Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT e preparação com óxido de alumínio) se apresentam diferenças significativas entre forças de adesão.

Pode observar-se que o sistema adesivo Transbond™ XT demonstrou um resultado de força de adesão menos eficiente comparativamente com os adesivos Assure® Plus All e Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT, com os dois métodos de preparação de superfície de  $p \leq 0,041$  e  $p \leq 0,007$ , respetivamente.

Todos os outros sistemas adesivos não demonstraram resultados estatisticamente significativos com ambas as preparações, observando-se valores de  $p \geq 0,267$  para o Assure® Plus All e Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT.

Entre os restantes grupos não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas quando comparadas as suas forças de adesão à superfície de amálgama.

### 3.1.2. Índice de Remanescente Adesivo (ARI)

Na Tabela 12 observa-se a distribuição das pontuações (*scores*) do ARI nos diferentes grupos. É possível constatar que em nenhum dos grupos foi atribuída a pontuação 2 e 3, e que a pontuação mais frequentemente atribuída foi a 1.

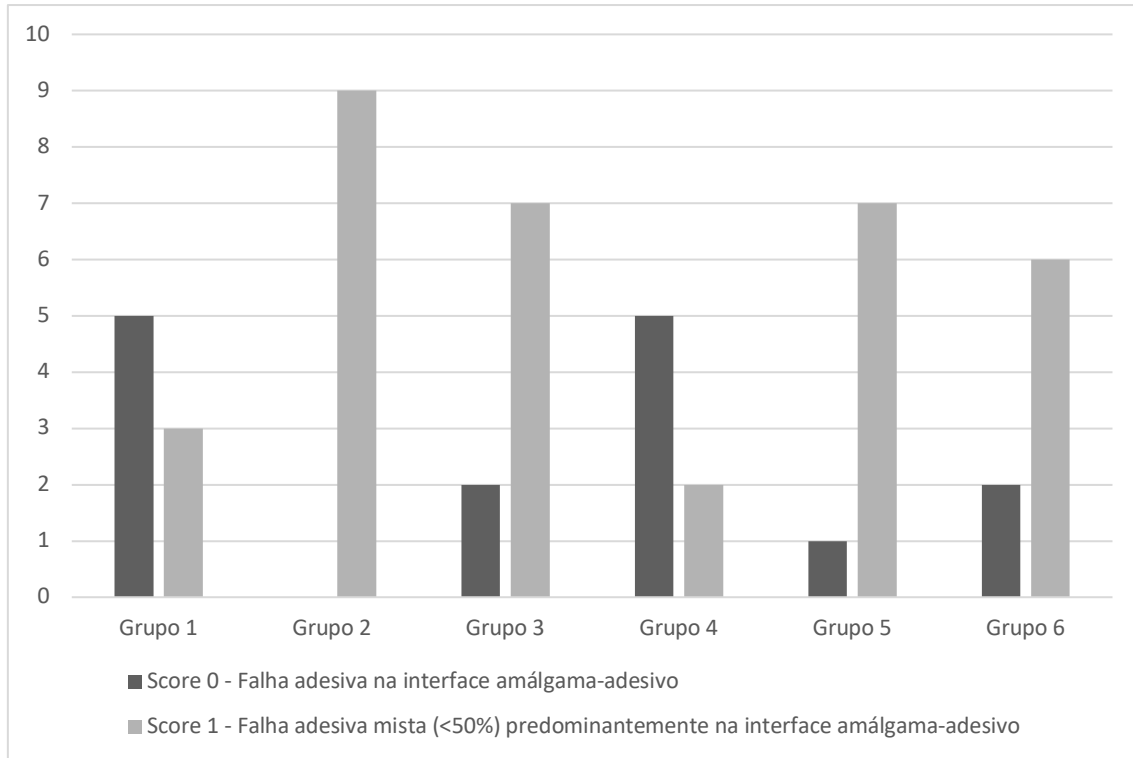
Tabela 12 – Distribuição das pontuações do ARI

	<i>Score 0</i>	<i>Score 1</i>	<i>Score 2</i>	<i>Score 3</i>	N
<b>Grupo 1</b>	5	3	0	0	8
<b>Grupo 2</b>	0	9	0	0	9
<b>Grupo 3</b>	2	7	0	0	9
<b>Grupo 4</b>	5	2	0	0	7
<b>Grupo 5</b>	1	7	0	0	8
<b>Grupo 6</b>	2	5	0	0	7

Através do ARI consegue-se analisar a quantidade de adesivo remanescente após a descolagem dos *brackets*, e caracterizar as respetivas falhas adesivas. A pontuação 0 indica que não permaneceu nenhum adesivo na superfície de amálgama, sugerindo que a falha adesiva tenha ocorrido totalmente na interface amálgama-adesivo. As pontuações 1 e 2 indicam que permaneceu adesivo tanto na superfície de amálgama como na base do *bracket*, sugerindo uma falha adesiva mista. Por último, a pontuação 3 indica que todo o

adesivo permaneceu na superfície de amálgama, sugerindo que a falha adesiva tenha ocorrido na interface adesivo-*bracket*.

A Figura 19 apresenta a frequência absoluta dos tipos de falhas adesivas nos diferentes grupos.



**Figura 19** - Frequência absoluta dos tipos de falhas adesivas nos diferentes grupos

A comparação das pontuações do ARI atribuídas aos diferentes grupos, foi feita através do teste de Kruskal-Wallis, que confirmou a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes grupos.

Para avaliar quais os grupos que apresentavam diferenças significativas entre si, foi utilizado foi efetuada uma comparação *pairwise*, com correção de Bonferroni, onde podemos concluir que, em termos estatísticos, apenas existem diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre o Grupo 2 (Assure® Plus All com preparação com broca de turbina) e o Grupo 4 (Transbond™ XT com preparação com óxido de alumínio) (Tabela 13).

Entre os restantes grupos não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas quando comparada a distribuição das pontuações do ARI.

Tabela 13 - Comparações múltiplas da distribuição das pontuações do ARI nos diferentes grupos

Comparação entre grupos	Adj. <i>p</i>
1-2	0,091
1-3	1,000
1-4	1,000
1-5	0,492
1-6	1,000
2-3	1,000
2-4	0,037*
2-5	1,000
2-6	1,000
3-4	0,557
3-5	1,000
3-6	1,000
4-5	0,226
4-6	1,000
5-6	1,000

\**p* ≤ 0,05

## 3.2. Discussão

### 3.2.1. Escolha da investigação

A escolha da realização desta investigação prende-se com a constante demanda de informação na prática clínica de ortodontia, sobre qual o melhor adesivo e preparação de superfície a usar no caso de necessidade de colocação de aparatologia fixa em dentes com faces restauradas a amálgama.

Neste contexto, o presente estudo tem como principal objetivo, a comparação da força de adesão de *brackets* ortodônticos metálicos a superfícies de amálgama, utilizando diferentes tipos de adesivos, nomeadamente o Transbond™ XT, Assure® Plus All, e o sistema adesivo combinado de Metal Primer Reliance® + Transbond™ XT, bem como a comparação de distintas técnicas de preparação micromecânica da superfície de amálgama, com broca de turbina de grão grosso e com o jato de óxido de alumínio.

O adesivo Transbond™ XT é dos adesivos mais eficazes e estudados, o adesivo Assure® Plus All é indicado para uma variedade de superfícies, nomeadamente para restaurações de amálgama, também o Metal Primer Reliance® é um *primer* recomendado para a adesão a restaurações metálicas como a amálgama. Sendo o Metal Primer Reliance®, um *primer* que deve ser combinado com um sistema adesivo adequado, o

Transbond™ XT foi o escolhido uma vez que como referido anteriormente é um dos adesivos mais estudados.

É conhecido o efeito rugoso, mas pouco uniforme conferido pela broca de turbina a superfícies polidas, uma vez que estas rugosidades potenciam uma maior eficácia na microrretenção adesiva, pretende-se assim conhecer as diferenças deste último sobre o efeito adesivo quando usado jato de óxido de alumínio para criar microporosidades, sendo que diversos estudos afirmam ser esta a forma mais eficaz de aderir a uma superfície metálica.

Os protocolos de adesão que foram preconizados foram os recomendados por cada uma das marcas de produtos usados, por forma a concluir de forma mais rigorosa quais as diferenças na adesão entre estes três sistemas adesivos e se as suas diferenças justifiquem a escolha na utilização de cada um. Assim, o presente estudo objetiva concluir, entre estes três sistemas adesivos, qual o melhor, combinado com a melhor preparação micromecânica de superfície por forma a definir o protocolo mais eficiente na adesão de *brackets* metálicas a uma superfície de amálgama em ortodontia.

### **3.2.2. Escolha do método de investigação**

Na tentativa de corresponder ao objetivo proposto neste trabalho, foi construído o presente estudo experimental de investigação laboratorial *in vitro*, baseado em alguns estudos anteriormente realizados (Wongsamut et al., 2017; Amirabadi et al., 2015; Germec et al., 2009).

Uma vez que a maioria dos tratamentos ortodônticos são bastante demorados e as condições *in vivo* não conseguem seguir um padrão, sendo por isso dependentes de uma enorme diversidade de condições que iriam dificultar a qualidade metodológica do estudo e a comparação dos seus resultados, inviabilizou-se a realização deste estudo em boca. Por sua vez, diz-nos a literatura, que a forma indicada de testar um material será o estudo *in vitro*, uma vez que permite um conjunto de procedimentos padronizados e condições experimentais estandardizadas para testar um sistema adesivo ou um tratamento de superfície específico (Finnema, Özcan, Post, Ren & Dijkstra, 2010).

Heintze (2013) afirma que dependendo do sistema adesivo a ser testado, cada grupo de teste deve conter entre 10 a 40 espécimes para ser estatisticamente significativo. Dada a dificuldade em conseguir dentes naturais e baseado nos estudos anteriormente

descritos, a amostra total do presente estudo foi de 60 unidades, tendo sido dividida em seis grupos de estudo, a cada um deles couberam 10 amostras.

Cal Neto e Miguel (2004), analisaram metodologias empregadas em testes *in vitro* de força de adesão em ortodontia e concluíram que a maioria dos estudos utilizam dentes pré-molares humanos nos seus ensaios e que testam a direção da força aplicada para descolagem com ensaios de cisalhamento a 1 mm/min, tal como fizemos no presente estudo.

As amostras de dentes naturais seguiram as normas de desinfecção e armazenamento, tendo sido limpas, removidos tecidos aderidos e desinfetadas com solução de cloramina-T 1%, e posteriormente armazenadas em água destilada a 37°C (ISO/TS11405, 2015; Armstrong et al., 2017).

Para dar início à preparação das amostras, foi realizado em cada um dos dentes, um preparo de dimensões 5 × 5 × 2 mm de largura, altura e profundidade respetivamente, respeitando a perpendicularidade do longo eixo do dente, com paredes retentivas, planas, uniformes e lisas para o preenchimento a amálgama (Hilton et al., 2014; Torres & Metha, 2020).

A realização da restauração a amálgama para servir de base para a presente investigação, foi feita consultando protocolos da bibliografia existente, compactada e esculpida com a face vestibular seguindo a morfologia do dente pré-molares e efetuado respetivo acabamento e polimento finais (Torres et al., 2020).

De seguida foi efetuado armazenamento em incubadora com água destilada, a 37°C durante 24 horas, e mais tarde efetuada uma termociclagem das amostras, por forma a mimetizar o ambiente da cavidade oral. A termociclagem foi efetuada entre as temperaturas de 5°C e 55°C (de contração e expansão, respetivamente), com transição à temperatura ambiente e durante 5.000 ciclos, que correspondem a cerca de seis meses de condições *in vivo*, tempo considerado suficiente, tal como noutros estudos, para o envelhecimento inicial da amostra prévio à adesão dos *brackets* (Darvell & Gale, 1999).

O tratamento de superfície adotado foi a tradicional abrasão por broca de grão grosso de turbina e o jato de óxido de alumínio, tido na bibliografia como sendo um dos métodos mais eficazes na microrretenção para superfícies atípicas, nomeadamente de metal. Assim sendo, estes métodos foram realizados segundo indicações dos fabricantes para todos os grupos de estudo (Skilton et al., 2006; Vieira et al., 2002).

Sendo o Transbond™ XT um dos sistemas adesivos mais estudados e usados em ortodontia, e o sistema Assure® Plus All um dos mais recomendados para superfícies

metálicas, bem como o Metal Primer Reliance®, foi decidido incluir estes três sistemas adesivos na presente investigação (Linhares et al., 2021; Gange, 2015; Germec et al., 2009).

Previamente à colagem dos *brackets*, é recomendada a remoção de biofilme, resíduos e gorduras através da profilaxia com pedra-pomes diluída em água com escova (Ataide et al., 2018; Lindauer et al., 1997).

A adesão dos *brackets* à superfície de amálgama, realizou-se segundo as indicações dos fabricantes para todos os sistemas adesivos usados, aplicados a todos os grupos de amostras e em ambos os tratamentos de superfície conferidos à superfície de amálgama.

Após adesão dos *brackets*, as amostras foram novamente submetidas a 10.000 ciclos de termociclagem, mimetizando o ambiente da cavidade oral, entre as temperaturas de 5°C e 55°C (de contração e expansão, respetivamente), com transição à temperatura ambiente. Este número de termociclagem foi o escolhido por corresponder a aproximadamente um ano em condições *in vivo*, uma vez que em média um tratamento ortodôntico tem a duração de pelo menos um ano (Darvell & Gale, 1999).

Para se determinar a força de adesão, foi realizado o teste de cisalhamento, que segundo a literatura é dos mais estudados e que demonstra mais semelhanças com o ambiente da cavidade oral a que os *brackets* estão sujeitos, durante o decurso do tratamento ortodôntico (Millett & McCabe, 1996).

Fox, McCabe e Buckley (1994), sugeriram a colocação das amostras em blocos de acrílico por forma a padronizar a realização dos testes na máquina de testes universal, apesar desta técnica não permitir a eliminação total dos erros provocados pela orientação da força, uma vez que a força deve ser aplicada diretamente na interface adesivo-*bracket*, a padronização da técnica torna este processo reproduzível na maioria das investigações desta natureza. Neste contexto, grande parte dos estudos, com este padrão de metodologia, utiliza uma ansa de aço na máquina de teste universal, paralelamente à aplicação da força indiretamente ao local pretendido, que terá como encaixe as aletas gengivais do *bracket*, tornando a aplicação da força indireta ao local pretendido. Assim, a distância da força exercida não é efetuada diretamente ao interface *bracket*-adesivo, mas o seu ponto de aplicação será sempre igual para todas as amostras.

A padronização da velocidade das forças de cisalhamento aplicadas pela máquina de teste universal é fundamental, mas é ainda um tema pouco abordado pela literatura e a utilização de diferentes forças de deslocamento provoca variações nos resultados das

forças de adesão (Cal Neto & Miguel, 2004). A presente investigação seguiu a padronização fornecida pela literatura em que se baseou para realização dos protocolos (Germeç et al., 2009; Amirabadi et al., 2015; Wongsamut et al., 2017).

Por fim, para a avaliação qualitativa do adesivo remanescente, foi utilizado o ARI modificado com uma magnificação de 10×, tal como realizado na maioria dos estudos comparativos, bem como na bibliografia em que a presente investigação se baseou (Yadala et al., 2015).

### **3.2.3. Discussão dos resultados**

O objetivo principal da presente investigação foi a comparação das forças de adesão de *brackets* metálicos ortodônticos com recurso a três diferentes sistemas adesivos, o Transbond™ XT, o sistema adesivo Assure® Plus All, e o sistema adesivo combinado com Metal Primer® + Transbond™ XT, cada um deles sujeitos a dois métodos de preparação micromecânica da superfície de amálgama, de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e jato de óxido de alumínio.

Os resultados obtidos permitem verificar que tanto os diferentes sistemas adesivos, como as distintas preparações de superfície influenciam a força de adesão dos *brackets* colados a superfícies de amálgama. Podemos também observar que a escolha do sistema adesivo produz uma diferença mais significativa na força de adesão do *bracket* a amálgama do que o distinto tratamento de superfície.

De entre os três diferentes sistemas adesivos, é possível constatar que o sistema adesivo Transbond™ XT foi o que menos força adesiva produziu entre a base do *bracket* e a superfície da amálgama, não produzindo força suficiente para uma adesão ortodôntica eficaz. Por outro lado, os sistemas adesivos, Assure® Plus All e combinando o Metal Primer® com o Transbond™ XT revelaram ser os que maior força de adesão proporcionaram, demonstrando poder fornecer uma força adesiva ortodôntica capaz de resistir durante o período da correção ortodôntica.

Também podemos afirmar, segundo a análise de resultados, que o tratamento de superfície de óxido de alumínio tem um incremento no efeito da força de adesão do *bracket* à amálgama quando comparado ao tratamento efetuado com broca de turbina. Nos grupos que usam o tratamento de superfície efetuado com broca de turbina, o sistema adesivo em que se observam forças de adesão mais elevadas é o Assure® Plus All, enquanto no tratamento de superfície com óxido de alumínio o sistema adesivo que

apresenta melhores resultados é o sistema adesivo combinado com Metal Primer® + Transbond™ XT.

Verifica-se ainda que os grupos que apresentaram piores resultados de força de adesão no teste de resistência ao cisalhamento foram os Grupos 1 e 4; ( $1,493330 \pm 1,01$  MPa e  $1,581747 \pm 0,68$  MPa respectivamente), cujos *brackets* foram colados com recurso ao sistema adesivo Transbond™ XT, com tratamento com broca de turbina e óxido de alumínio respectivamente. Estes dois grupos não apresentaram valores de força de adesão significativamente diferentes entre si apesar dos distintos tratamentos de superfície e ambos revelam não fornecer uma força adesiva suficiente para fins ortodônticos.

Os grupos que apresentaram melhores resultados de força de adesão no teste de resistência ao cisalhamento foram os Grupos 5 e 6; ( $4,776958 \pm 2,22$  MPa e  $5,219619 \pm 2,14$  MPa respectivamente), cujos *brackets* foram colados com recurso ao sistema adesivo Assure® Plus All e Metal Primer® + Transbond™ XT respectivamente, ambos com tratamentos de superfície da amálgama efetuados com recurso a jato de óxido de alumínio. Também foram estes dois últimos grupos, os únicos que se aproximaram do valor médio de 5 MPa, valor referido na literatura como o necessário a alcançar para se obter uma adesão bem-sucedida para fins ortodônticos.

Nos grupos com tratamento de superfície com broca de turbina, o sistema adesivo que demonstrou melhores resultados foi o sistema adesivo Assure® Plus All (Grupo 2:  $3,956403 \pm 1,61$  MPa). Por outro lado, nos grupos com tratamento de superfície com óxido de alumínio, foi o sistema adesivo combinado com Metal Primer® + Transbond™ XT (Grupo 6:  $5,219619 \pm 2,14$  MPa), que apresentou os maiores valores de forças adesivas.

O ensaio que demonstrou a melhor força de adesão foi o que utilizou o sistema adesivo Metal Primer® + Transbond™ XT e tratamento de superfície com óxido de alumínio, no entanto não é estatisticamente significativo ( $p \geq 0,089$ ) quando comparado com o mesmo sistema adesivo com tratamento de superfície com broca de turbina.

O mesmo se observa para o sistema adesivo Assure® Plus All com tratamento de superfície efetuado com óxido de alumínio, que demonstrou ser o ensaio com o segundo melhor resultado de força de adesão e que comparado com o mesmo sistema adesivo com preparação de superfície com broca de turbina, as diferenças não se revelaram estatisticamente significativas ( $p \geq 0,267$ ).

Posto isto, os resultados estatísticos demonstram que a força de adesão de *brackets* ortodônticos colados a superfícies de amálgama com os diferentes sistemas adesivos não

é idêntica ( $p \leq 0,05$ ), rejeitando-se a hipótese nula, referente ao Problema 1. Da mesma forma, os resultados demonstram que a força de adesão de *brackets* ortodônticos colados a superfícies de amálgama com preparação micromecânica através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio não é idêntica ( $p \leq 0,05$ ), rejeitando-se igualmente a hipótese nula, relativa ao Problema 2.

O ARI indica que houve maior frequência de falhas adesivas mistas na interface amálgama-adesivo nos grupos preparados com broca de turbina (Grupos 2 e 3), em que foram utilizados os sistemas adesivos Assure® Plus All e Metal Primer® + Transbond™ XT, respectivamente. O mesmo acontece nos Grupos 5 e 6, com os sistemas adesivos Assure® Plus All e Metal Primer® + Transbond™ XT respectivamente, preparados com jato de óxido de alumínio. Nos Grupos 1 e 4, em que foi utilizado o sistema adesivo Transbond™ XT, a falha, apesar de ter ocorrido na interface amálgama-adesivo, foi preponderantemente não mista.

Assim, os resultados obtidos no presente estudo mostram que em todos os grupos a falha de adesão ocorreu na interface amálgama-adesivo, não existem diferenças significativas na falha adesiva entre *brackets* colados entre os diferentes tipos de sistemas adesivos ( $p \geq 0,05$ ), aceitando-se a Hipótese nula, relativa ao Problema 3. O mesmo se pode dizer acerca do tratamento de superfície, aceitando-se a hipótese nula do Problema 4 da investigação. Assim, pode dizer-se que, a falha adesiva de *brackets* ortodônticos colados a superfícies de amálgama, quando preparadas com broca de turbina e jato de óxido de alumínio, é idêntica.

Verificou-se também que após a descolagem do *bracket*, a superfície da amálgama não sofreu danos. No caso de falha mista, o adesivo remanescente é posteriormente removido com instrumentos rotatórios das superfícies de amálgama, que será depois sujeita a polimento. A falha de adesão que ocorre na interface amálgama-adesivo pode estar relacionada com valores de força de adesão mais fracos. No entanto, as pontuações do ARI não representam fielmente as forças de adesão. Assim, as falhas de adesão não podem ser previstas com base nos valores de força de adesão. A análise das falhas de adesão demonstra apenas possíveis efeitos colaterais da descolagem de *brackets* de superfícies de amálgama.

Ainda antes de podermos proceder a uma análise comparativa entre o presente estudo e estudos precedentes, há que ressaltar que a metodologia aplicada em cada um é distinta, dificultando comparações entre resultados.

O sistema adesivo Transbond™ XT, em estudos precedentes é aplicado em grupos controlo ao esmalte natural, enquanto no presente estudo é aplicado na superfície de amálgama e em sistema adesivo combinado com o Metal Primer®. No entanto, podemos afirmar que tal como em estudos precedentes, os grupos aderidos a amálgama com os sistemas adesivos Assure® Plus All e Metal Primer® + Transbond™ XT, foram os que demonstraram melhores resultados em ambas as preparações de superfície.

Germec et al. (2009) concluiu que, nos grupos que testaram a força de adesão a superfícies de amálgama, a maior força de adesão registada foi através do tratamento de superfície de óxido de alumínio e utilizando o sistema adesivo Metal Primer® e pasta adesiva Unite (3M) ( $7,15 \pm 1,44$  MPa), tal como também se observou no presente estudo através da análise comparativa ao grupo 6 ( $5,22 \pm 2,14$  MPa.), ainda que os valores tenham sido ligeiramente inferiores a estes. Quanto aos valores de ARI, pode concluir-se, tal como no presente estudo, que a falha de adesão ocorreu maioritariamente no interface amálgama-sistema adesivo sem dano para a restauração de amálgama.

Amirabadi et al. (2015), concluíram que a maior força de adesão registada foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio e aderida com o sistema adesivo combinado Transbond™ XT + Metal Primer® ( $10,11 \pm 4,9$  MPa), tal também se verificou no presente, ainda que os nossos valores mais uma vez sejam menor ordem de grandeza. Também aqui os valores observados de ARI concluíram que a falha de adesão ocorreu maioritariamente no interface amálgama-sistema adesivo sem dano na restauração de amálgama tal como no presente estudo.

Wongsamut et al. (2017) concluíram no seu estudo que, uma das maiores forças de adesão registadas foi encontrada na superfície de amálgama com tratamento de superfície de óxido de alumínio e aderida com o sistema adesivo, Assure® Plus<sup>16</sup> ( $7,41 \pm 1,60$  MPa). Também este último sistema adesivo pode ser comparável com o nosso Grupo 5 ( $4,78 \pm 2,22$  MPa) que foi dos adesivos que registou maior força adesiva, ainda que se tenham registado forças de menor grandeza. Tal como no presente estudo, os valores observados de ARI concluíram que a falha de adesão ocorreu maioritariamente na interface amálgama-adesivo sem dano na restauração de amálgama.

---

<sup>16</sup> *Reliance Orthodontic Products*, Itasca, Illinois, EUA.

### 3.2.4. Limitações da investigação

Uma das maiores limitações deste estudo prende-se com o fato, da necessidade de recorrer a amostras de dentes naturais, o que não permitiu encontrar um maior universo de amostras bem como uma maior homogeneidade das suas condições morfológicas e fisiológicas. Neste contexto, alguns dentes possuíam fragilidades tais como: pequenas restaurações prévias, tratamentos de canal, *cracks* de esmalte, pequenas cáries e morfologias distintas. Também não foram considerados como variáveis homogêneas das amostras de dentes, o seu tempo de extração, as condições de armazenamento até a data de início da investigação, as condições de hidratação e a idade do paciente, uma vez que não possuíamos essa informação sobre cada um dos dentes.

O fato de ter existido alguma dificuldade na obtenção do universo de dentes naturais necessário, levou a que cada grupo, apenas tivesse dez amostras. Uma vez que em todos os grupos aconteceu o descolamento de *brackets*, antes do ensaio de tração, ou a fratura de dentes durante o ensaio de forças, esses resultados tornaram-se omissos, reduzindo o número total de amostras viáveis para menos de dez em cada um dos grupos. Esta condicionante sobre o número de amostras pode também ser um fator influenciador dos resultados finais.

Adicionalmente às limitações referidas em cima, podemos também dizer que as condições *in vitro* padronizadas, não são as mesmas *in vivo*, dadas as diferenças existentes entre os distintos pacientes. Não podemos esquecer que os *brackets in vivo* estão, não só sujeitos ao ambiente e hábitos distintos de cada paciente, bem como às forças exercidas pelos dispositivos ortodônticos que caracterizam a aparatologia de cada correção, o que dificulta a extrapolação destes resultados para casos reais.

Um outro fator que dificultou a construção desta metodologia de investigação foi o fato da bibliografia existente não ser muito vasta para este tema e de os sistemas adesivos usados para adesão a amálgama serem muito diferenciados em cada estudo, dificultando na decisão de escolha entre os mais recomendados para este fim.

### 3.2.5. Recomendações para futuras investigações

Apesar da existência de um fraco número de investigações debruçadas sobre este tema, a maior dificuldade prende-se com a falta de padronização nas condições *in vitro* efetuadas em cada uma delas, uma vez que as diferenças nos procedimentos durante a

investigação dificultam em larga escala a fiabilidade na comparação dos resultados obtidos. Assim sendo, seria de uma enorme mais-valia, a padronização de métodos para estes tipos de investigações clínicas bem como a realização de outros estudos semelhantes, por forma à obtenção de uma maior fiabilidade na comparação de resultados que levem a conclusões que possam vir a ser seguidas pela generalidade dos profissionais.



#### IV. CONCLUSÃO

Atendendo a que na prática clínica de ortodontia ainda surgem diversos pacientes que possuem restaurações a amálgama na face vestibular de dentes posteriores, apresentando necessidade de aderir aparatologia fixa a estas superfícies, foi elaborado o presente estudo que objetiva encontrar o melhor sistema adesivo para este fim.

Neste contexto foi elaborada uma metodologia de investigação e definido como objetivo principal deste estudo, a avaliação da força de adesão de *brackets* ortodômicos metálicos a superfícies de amálgama, através da utilização de três diferentes sistemas adesivos, com a associação de dois métodos distintos de preparação micromecânica da superfície de amálgama.

Com base nos resultados obtidos na presente investigação foi possível chegar a algumas conclusões decorrentes dos objetivos específicos, derivadas do objetivo principal, a que este estudo se propôs e que respondem às questões de investigação iniciais:

- A força de adesão de *brackets* metálicos a superfícies de amálgama não é idêntica quando utilizados os sistemas adesivos Transbond™ XT, Assure® Plus All, e a combinação Metal Primer® + Transbond™ XT, sendo que os mais eficientes demonstraram ser os sistemas adesivos, Assure® Plus All, e Metal Primer® + Transbond™ XT.
- A força de adesão do sistema adesivo Transbond™ XT com os dois métodos distintos de preparação de superfície aplicados à amálgama observou-se ser semelhante e a mais fraca, demonstrando não ser suficiente para uma adesão ortodômica duradoura.
- A força de adesão de *brackets* ortodômicos metálicos colados a superfícies de amálgama com preparação micromecânica através de abrasão com broca diamantada de turbina de grão grosso e com jato de óxido de alumínio não é idêntica.
- A preparação de superfície efetuada com jato de óxido de alumínio demonstrou ser a mais eficaz no efeito da força de adesão com os sistemas adesivos, Assure Plus All® e Metal Primer® + Transbond™ XT.
- A falha de adesão ocorreu majoritariamente no interface amálgama-sistema adesivo sem dano para a restauração de amálgama.



## V. BIBLIOGRAFIA

- Akhoundi, M., & Mojtahedzadeh, F. (2005). Problems in Standardization of Orthodontic Shear Bond Strength Tests; A Brief Review. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences*, 2 (1), 36-40.
- Alzainal, A. H., Majud, A., Al-Ani, A., & Mageet, A. (2020). Orthodontic Bonding: Review of the Literature. *Hindawi International Journal of Dentistry*, 2020, 1-10.
- Amirabadi, G., Shirazi, M., & Shirazi, Z. (2015). Microshear Bond Strength of Transbond XT and Assure Universal Bonding Resin to Stainless Steel Brackets, Amalgam and Porcelain. 27 (1), 1-5.
- Anusavice, K., Shen, C., & Rawls, H. (2013). *Science of dental materials* (12 ed.). St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders.
- Armstrong, S., Breschi, L., Özcan, M., Pfeifferkor, F., Ferrari, M., & Meerbeek, B. V. (2017). Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin/enamel using micro-tensile bond strength (TBS) approach. *Dental Materials*, 33, 133-143.
- Ärtun, J., & Bergland, S. (1984). Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to aci-etch enamel pretreatment. *American Journal of Orthodontics*, 85 (4), 333-340.
- Ataide, Z., Cardoso, W., Tiago, C., & Nouer, P. (2018). Resistência ao cisalhamento de braquetes ortodônticos empregados nas técnicas de colagem direta e indireta. *Journal of Orofacial Investigation*, 6 (2), 5-8.
- Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Eastman Dental Dispensary*, 849-853.
- Büyükyılmaz, T., & Zacharisson, B. (1998). Improved orthodontic bonding to silver amalgam. Part 2. Lathe-cut, admixed, and spherical amalgams with different intermediate resins. *The Angle Orthodontist*, 68 (4), 337-344.
- Cal Neto, J., & Miguel, J. (2004). Uma análise dos testes in vitro de força de adesão em Ortodontia. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 9 (4), 44-51.
- Cernavin, I., & Hogan, S. (1999). The effects of the NdY AG laser on amalgam dental restorative material. *Australian Dental Journal*, 44 (2), 98-102.
- Darvell, B. W., & Gale, M. S. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27 (2), 89-99.
- Finnema, K. J., Özcan, M., Post, W. J., Ren, Y., & Dijkstra, P. U. (2010). In-vitro orthodontic bond strength testing: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137 (5), 615-622.
- Fonseca, D., Costa, D., Cimões, R., Beatrice, L., & Araújo, A. (2010). Adesivos para colagem de braquetes ortodônticos. *Revista Gaúcha de Odontologia*, 58 (1), 95-102.
- Fox, N., McCabe, J., & Buckley, J. (1994). A Critique of Bond Strength Testing in Orthodontics. *British Journal of Orthodontics*, 21 (1), 33-43.

- Gange, P. (2015). The evolution of bonding in orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial*, 147 (4), 56-63.
- Germeç, D., Cakan, U., Ozdemir, F. I., Arun, T., & Cakan, M. (2009). Shear bond strength of brackets bonded to amalgam with different intermediate resins and adhesives. *European Journal of Orthodontics*, 31 (2), 207-212.
- Gross, M., Foley, T., & Mamandras, A. (1997). Direct bonding to Adlloy-treated amalgam. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial*, 112 (3), 252-258.
- Harari, D., Aunni, E., Gillis, I., & Redlich, M. (2000). A new multipurpose dental adhesive for orthodontic use: An in vitro bond-strength study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial*, 118 (3), 307-310.
- Heintze, S. D. (2013). Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaption. *Academy of Dental Materials*, 29 (1), 59-84.
- Hilton, T., Ferracane, J., & Broome, J. (2014). Amalgam Restorations. Em *Summitt's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach* (4 ed.). Portland, Oregon: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Hosseini, M., Hassanpour, M., Etemadi, A., Omrani, L., Darvishpour, H., & Chiniforush, N. (2015). Amalgam Surface Treatment by Different Output Powers of Er:YAG Laser:SEM Evaluation. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 6 (4), 171-173.
- International Organization for Standardization. (2015). *Dentistry — Testing of adhesion to tooth structure, (ISO/TS11405) (3)*, ISO.
- Knox, J., Hubsch, P., Jones, M., & Middleton, J. (2000). The influence of bracket base design on the strength of the bracket-cement interface. *Journal of Orthodontics*, 27 (3), 249–254.
- Lima, A., Rubio, G., Rodrigues, L., & Finck, N. (2021). O papel do 10-MDP no processo da adesão. *Reaodonto - Revista Eletrônica Acervo Odontológico/ Electronic Journal Dental Collection*, 3, 1-6.
- Lindauer, S. J., Browning, H., Shroff, B., Marshall, F., Anderson, R., & Moon, P. C. (1997). Effect of pumice prophylaxis on the bond strength of orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics*, 111, 599-605.
- Linhares, L., Medeiros, I., Almeida, G., Nogueira, P., Dantas, M., Rocha, J., . . . Medeiros, L. (2021). Avaliação do padrão de descolagem de dispositivos ortodônticos fixados com adesivo hidrofílico e hidrofóbico: Uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, 10 (6), e58910616012.
- Mandall, N., Hickman, J., Macfarlane, T., Mattick, R., Millett, D., & Worthington, H. (2018). Adesives for fixed orthodontic brackets (review). *Cochrane Database of Systematic Review*, 4, 1-18.
- Meerbeek, B., Yoshihara, K., Landuyt, K., Yoshida, Y., & Peumans, M. (2020). From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22 (1), 7–34.
- Meerbeek, V., K., Y., Y., A., M., J., D., & K.L., V. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27 (1), 17-28.
- Millett, D. T., & McCabe, J. F. (1996). Orthodontic bonding with glass ionomer cement—a review. *European Journal of Orthodontics*, 18 (1), 385-399.

- Miura, F., Nakagawa, K., & Masuhara, E. (1971). New direct bonding system for plastic brackets. *American Journal of Orthodontics*, 59 (4), 350-361.
- Newman, G. V., Snyder, W. H., & Wilson, C. E. (1968). Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces. *The Angle Orthodontist*, 38 (1), 12-18.
- Oskoe, P., Kachoei, M., Rikhtegaran, S., Fathalizadeh, F., & Navimipour, E. (March de 2012). Effect of surface treatment with sandblasting and Er,CrYSGG laser on bonding of stainless steel orthodontic brackets to silver amalgam. *Medicina Oral Patologia Oral & Cirurgia Bucal*, 17 (2), 292-296.
- Özcan, M., & Vallittu, P. K. (2002). Efeito dos métodos de condicionamento de superfície na resistência de união de cimentação de cimento para cerâmica. *Dental Materials*, 19 (8), 725-731.
- Özcan, M., Koolman, C., Aladag, A., & Dündar, M. (2011). Effects of Different Surface Conditioning Methods on the Bond Strength of Composite Resin to Amalgam. *Operative Dentistry*, 36 (3), 318-325.
- Perdigão, J. (2007). New Developments in Dental Adhesion. *The dental clinics of north america*, 51 (2), 333–357.
- Pioch, T., & Matthias, J. (1998). Mercury vapor release from dental amalgam after laser treatment. *European Journal of Oral Sciences*, 106 (1), 600-602.
- Retief, D. H., Dreyer, C. J., & Gavron, G. (1970). The direct bonding of orthodontic attachments to teeth by means of an epoxy resin adhesive. *American Journal of Orthodontists*, 58 (1), 21-40.
- Reynolds, I. R. (1975). A Review of Direct Orthodontic bonding. *British Journal of Orthodontics*, 2 (3), 171-178.
- Savariz, A., & Mezomo, M. (2011). Colagem de brackets em ortodontia: Uma revisão. *Disciplinarum Scientia*, 12 (1), 147-158.
- Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive – A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 55 (4), 194-206.
- Skilton, J., Tyas, M., & Woods, M. (2006). Effects of surface treatment on orthodontic bonding to amalgam. *Australian Orthodontic Journal*, 22 (1), 59-66.
- Sperber, R., Orthodont, D., Watson, P., Rossouw, P., & Sectakof, P. (1999). Adhesion of bonded orthodontic attachments to dental amalgam: In vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116 (5), 506-513.
- Sperber, R., Watson, P., Rossouw, P., & Sectakof, P. (1999). Adhesion of bonded orthodontic attachments to dental amalgam: In vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116 (5), 506-513.
- Su, M.-Z., Lai, E. H.-H., Chang, J. Z.-C., Chen, H.-J., Chang, F. H.-F., Chiang, Y.-C., & Lin, C.-P. (2012). Effect of simulated debracketing on enamel damage. *Journal of the Formosan Medical Association*, 111 (10), 560-566.
- Sunna, S., & Rock, W. P. (1998). Clinical Performance of Orthodontic Brackets and Adhesive Systems: A Randomized Clinical Trial. *British Journal of Orthodontics*, 25 (4), 283-287.
- Suresh, M., Abraham, T., Venkatachalam, P., Venkatesh, A., Malarvizhi, D., & Vivekanandhan, P. (2019). Bonding System for Restorative Materials – A

- Review. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 10 (8), 1558-1561.
- Torres, C., & Metha, D. (2020). *Modern operative dentistry*. Switzerland: Springer.
- Torres-Rodríguez, C., Santiago-Medina, A. M., & Delgado-Mejía, E. (2020). Medios de almacenamiento de dientes para estudios de color. *CES Odontologia*, 33 (2), 136-146.
- Vieira, S., Saga, A., Wieler, W., & Maruo, H. (2002). Adesão em Ortodontia – Parte 2. Colagem em superfícies de amálgama, ouro e porcelana. *Jornal Brasileiro Ortodontia e Ortopedia Facial*, 7 (41), 415-424.
- Wongsamut, W., Satrawaha, S., & Wayakanon, K. (2017). Surface modification for bonding between amalgam and orthodontic brackets. *Journal of Orthodontic Science*, 6 (4), 129-135.
- Yadala, C., Gaddam, R., Arya, S., Baburamreddy, K. V., Raju, V., & Varma, P. (2015). Comparison of Shear Bond Strength of Three Self-etching Adhesives: An In-Vitro Study. *Journal of International Oral Health*, 7 (7), 53-57.
- Yetkiner, E., & Özcan, M. (2014). Adhesive strength of metal brackets on existing composite, amalgam and restoration-enamel complex following air-abrasion protocols. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 54, 200-205.
- Zachrisson, B., Buyukyilmaz, T., & Zachrisson, Y. (1995). Improving orthodontic bonding to silver amalgam. *The Angle Orthodontist*, 65 (1), 35-42.

## Anexo A – Aprovação da Comissão de Ética do Instituto Superior Egas Moniz

Comissão de Ética EGAS MONIZ



Proc. Interno nº 1003

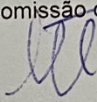
Ex.ma Senhora  
Andreia Filipa Nogueira

Monte de Caparica, 28 de outubro de 2021.

Ex.ma Senhora,

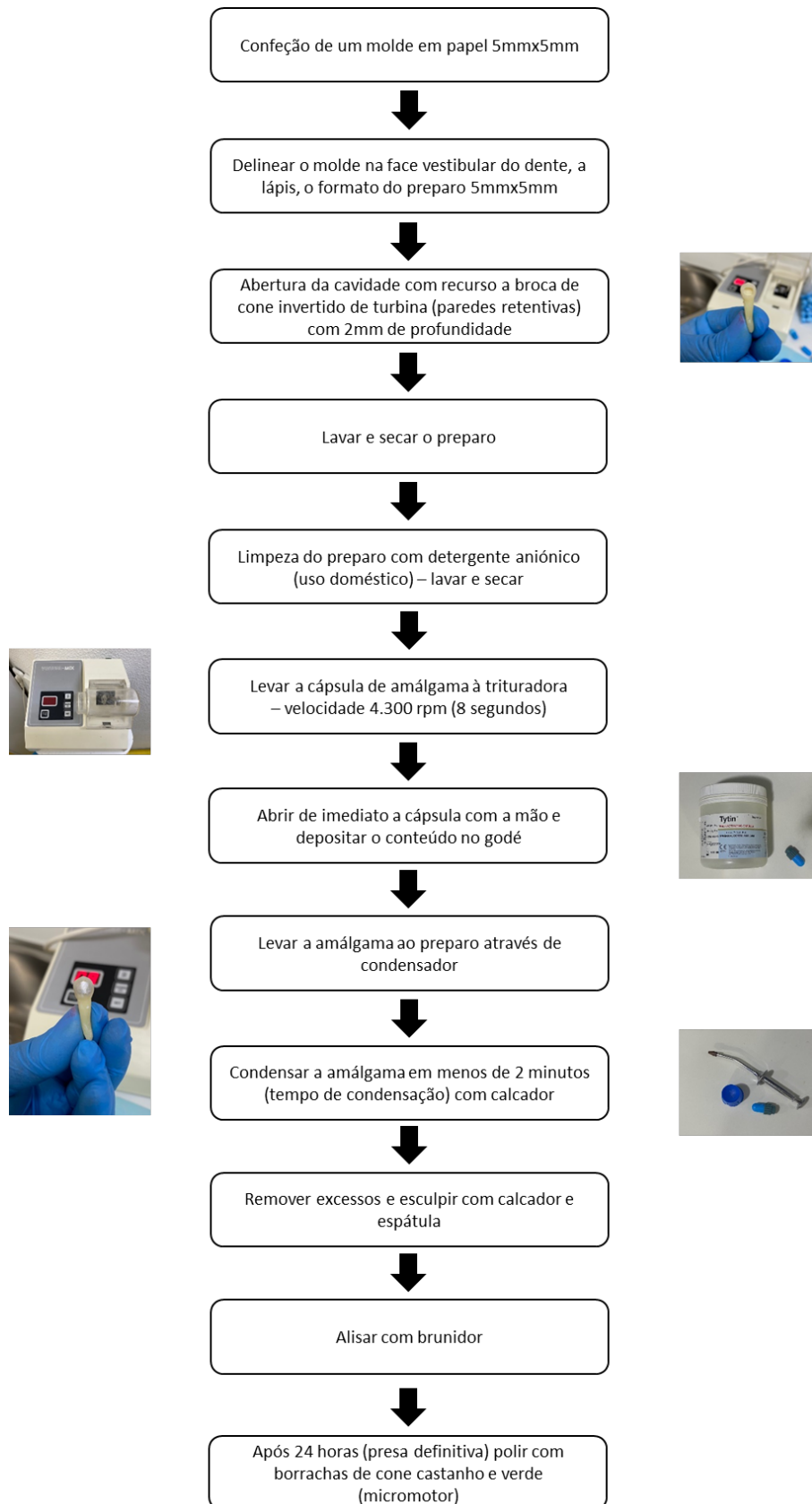
Em resposta ao Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado “**Diferentes formas de adesão de brackets a superfícies de amálgama**”, foi aprovado por unanimidade.

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz

  
Profª. Doutora Maria Fernanda de Mesquita

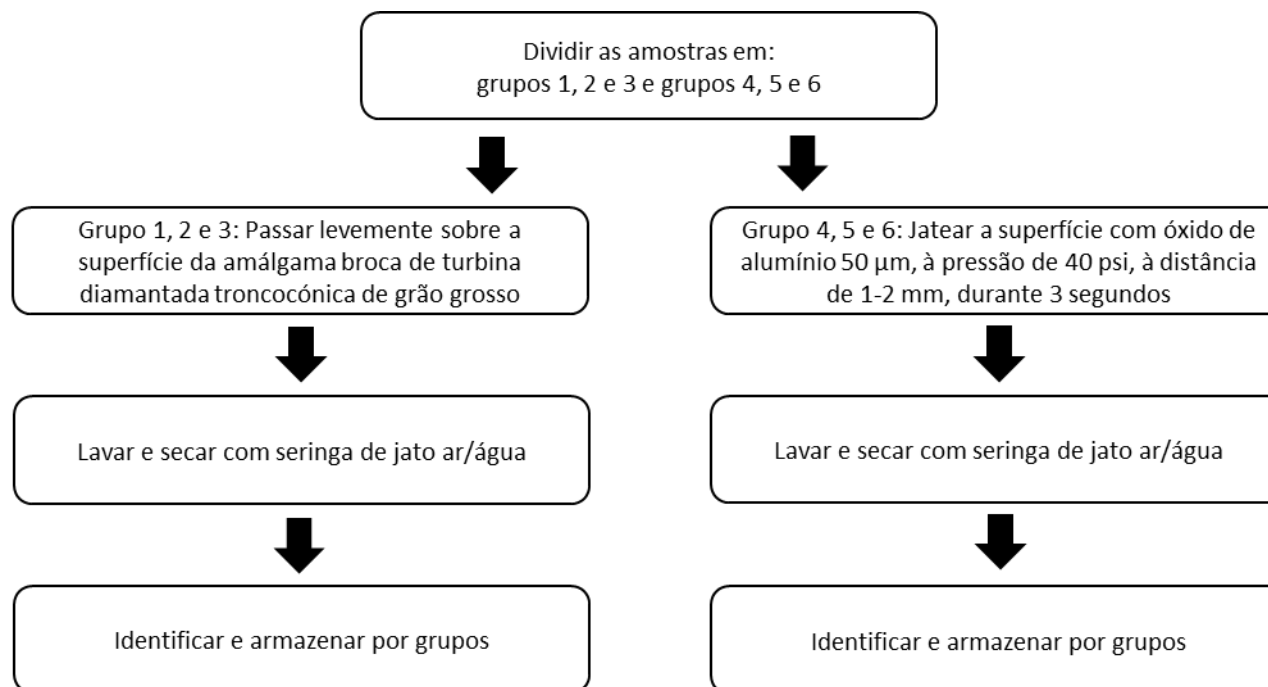
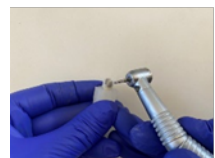
*Diferentes formas de adesão de brackets a superfícies de amálgama*

## Anexo B - Protocolo de confecção das amostras



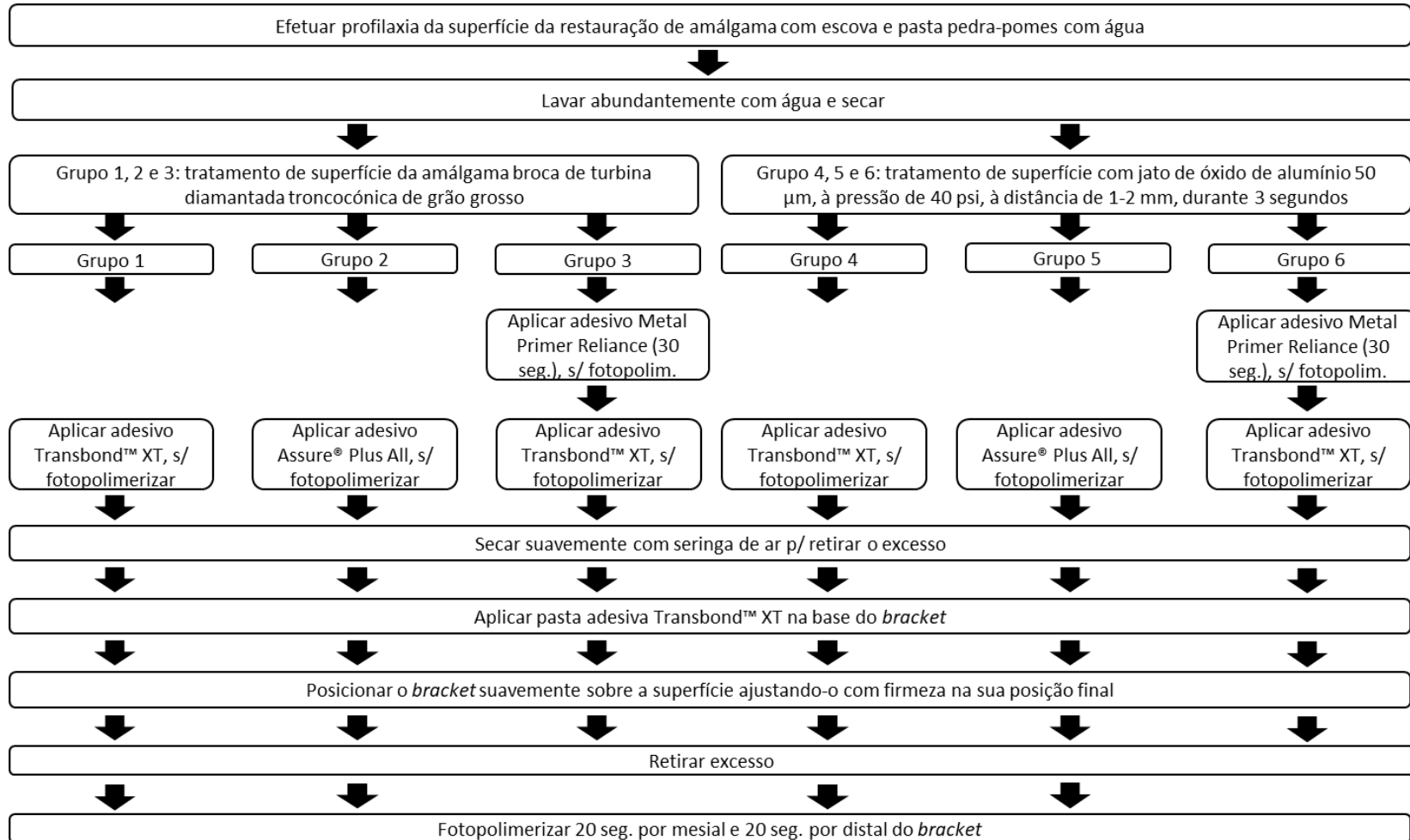
**Figura 20** - Protocolo de confecção das amostras

*Diferentes formas de adesão de brackets a superfícies de amálgama*

**Anexo C - Protocolo de tratamento de superfície****Figura 21** - Protocolo de tratamento de superfície

*Diferentes formas de adesão de brackets a superfícies de amálgama*

**Anexo D - Protocolo de adesão de *brackets* metálicos à superfície de amálgama**



**Figura 22** - Protocolo de adesão de *brackets* metálicos à superfície de amálgama

*Diferentes formas de adesão de brackets a superfícies de amálgama*

## Anexo E - Protocolos de termociclagem

**Tabela 14** - Protocolo de termociclagem inicial das amostras

- 
- 1- Colocar todas as amostras de dentes com restauração a amálgama dentro de um saco de rede fechado e depositar dentro do cesto de rede metálica do braço da termocicladora;
  - 2- Ligar as duas tinas e o motor de reposição de água;
  - 3- Programar a temperatura de cada tina fria e quente a 5 e 55 °C respectivamente e confirmar no *OK* pressionando continuamente;
  - 4- No comando central pressionar F1 para definir tempo de permanência na tina fria com 20 seg., F4 para marcar tempo, F3 para definir carga decimal e F6 para confirmar;
  - 5- Premir F1 para definir tempo na tina fria e repetir os passos e F6 para confirmar;
  - 6- Premir F1 para definir *Time drip* com 5 seg. (tempo de transição entre tinas) repetindo os passos e F6 para confirmar;
  - 7- Premir F1 para definir o número de ciclos para 5000, repetindo os passos e F6 para confirmar;
  - 8- Definir paragem dos ciclos fora dos banhos à temperatura ambiente;
  - 9- Premir F1 em *Test end* e *Autom. Refill* até aparecer *START/Cont.* e F6 para confirmar – dá-se o início do banho de imediato;
  - 10- Verificar todos os dias o nível da água do depósito de água destilada bem como o da tina fria (que não é repostada pelo depósito).
- 

**Tabela 15** - Protocolo de termociclagem final das amostras

- 
- 1- Separar e identificar cada um dos 6 grupos (de 10 dentes cada) em sacos de rede preparados para resistir a banhos de água quente;
  - 2- Colocar os 6 sacos dentro do cesto de rede metálica do braço da termocicladora;
  - 3- Ligar as duas tinas e o motor de reposição de água;
  - 4- Programar a temperatura de cada tina fria e quente a 5 e 55°C respectivamente e confirmar no *OK* pressionando continuamente;
  - 5- No comando central pressionar F1 para definir tempo de permanência na tina fria com 20 seg., F4 para marcar tempo e F3 para definir carga decimal e confirmar no F6;
  - 6- Premir F1 para definir tempo na tina fria e repetir os passos confirmando no F6;
  - 7- Premir F1 para definir *Time drip* tempo de transição entre tinas repetindo os passos e confirmar no F6;
  - 8- Premir F1 para definir o número de ciclos para 10.000, repetindo os passos e confirmar no F6;
  - 9- Definir paragem dos ciclos fora dos banhos à temperatura ambiente;
  - 10- Premir F1 em *Test end* e *Autom. Refill* até aparecer *START/Cont.* e confirmar em F6 e dá-se o início do banho de imediato;
  - 11- Verificar todos os dias o nível da água do depósito de água destilada bem como o da tina fria (que não é repostada pelo depósito).
-

*Diferentes formas de adesão de brackets a superfícies de amálgama*