



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**ESTUDO IN VITRO: AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO QUÍMICA
E CORROSÃO DA SUPERFÍCIE DE BRACKETS METÁLICOS
QUANDO SUBMETIDOS A DIFERENTES DENTÍFRICOS**

Trabalho submetido por
Rita Gonçalves Murta Santos Almeida
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro 2017



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ESTUDO IN VITRO: AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO QUÍMICA E CORROSÃO DA SUPERFÍCIE DE BRACKETS METÁLICOS QUANDO SUBMETIDOS A DIFERENTES DENTÍFRICOS

Trabalho submetido por
Rita Gonçalves Murta Santos Almeida
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutora Ana Delgado

e coorientado por
Prof. Doutor António Alves de Matos

Setembro de 2017

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof. Doutora Ana Delgado, pela imediata disponibilidade em aprovar a orientação da minha tese e pela valiosa contribuição em todos os momentos. A sua partilha de conhecimentos, comentários, esclarecimentos e sugestões foram um importante estímulo à melhoria continua na elaboração deste trabalho. Agradeço o seu total apoio.

Ao meu co-orientador, Prof. Doutor António Alves de Matos, pela orientação científica no laboratório e interesse demonstrado desde o primeiro minuto. Agradeço o seu enorme contributo no auxílio com o microscópio electrónico de varrimento, preciosas indicações, pela acessibilidade e simpatia.

Ao Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz e a todo o corpo docente pela formação de excelência ao longo destes cinco anos que me permitiu adquirir competências e conhecimentos fundamentais à realização deste trabalho.

À Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, em particular à técnica Daniela Gomes, pela sua simpatia, préstimo e cooperação nas diversas fases deste trabalho.

À Morelli Ortodontia® e à TwoMedical, por me terem facultado todo o material necessário à concretização deste trabalho.

Aos meus pais, pelo exemplo de força e coragem, pelo amor e apoio incondicional e por todos os conselhos e ensinamentos que me deram não só ao longo destes cinco anos, mas durante toda a minha vida.

Ao Pedro Leitão, um agradecimento especial pela paciência, apoio e carinho, pela confiança e encorajamento durante todo o meu percurso académico.

Às minhas amigas, Mariana Pinto e Rita Ramos pela amizade, apoio, carinho e palavras de incentivo.

Aos meus amigos e colegas de mestrado, Ana, Rita e João, pelo apoio, amizade e por todos os bons momentos que partilhámos em conjunto.

RESUMO

Objectivos: Avaliar o efeito da escovagem mecânica e de quatro dentífricos diferentes na degradação química e alteração morfológica, por corrosão, da superfície da *slot* de *brackets* metálicos.

Materiais e métodos: Foram seleccionados 50 *brackets* metálicos e divididos aleatoriamente em 6 grupos: 4 grupos tratados com dentífricos fluoretados (n=10) e 2 grupos não tratados (n=5). Foram simulados aparelhos ortodônticos imersos em tubos de ensaio com 15 mL de saliva artificial. Os grupos tratados foram sujeitos a 93 ciclos de escovagem (3x/dia, durante 31 dias) com diferentes dentífricos da gama *Sensodyne*[®]: *Rapid*, *Repair&Protect*, *Branqueadora* e *Protecção Diária*. Os grupos não tratados foram divididos em dois grupos: controlo negativo, imerso em saliva artificial e sujeito a escovagem mecânica sem dentífrico e grupo da amostra sem tratamento, imerso em saliva artificial e sem qualquer tratamento de superfície. Os *brackets* foram sujeitos a duas avaliações: inicial e final através de Espectroscopia de Energia Dispersiva - EDS (análise composição química) e Microscopia Electrónica de Varrimento - SEM (análise superfície *brackets*).

Resultados: O teste *T de Student* mostrou uma diminuição significativa ao nível do ferro (% de peso) no grupo D1, escovado com *Sensodyne*[®]*Rapid*. Os restantes dentífricos testados, a escovagem mecânica e a imersão em saliva artificial não provocaram alterações significativas na composição química dos *brackets*. O teste de *Wilcoxon* indicou um aumento estatisticamente significativo no número de características na *slot* dos *brackets* em todos os grupos escovados com dentífricos fluoretados. A escovagem mecânica e a imersão em saliva artificial não provocaram um aumento estatisticamente significativo no número de características entre a avaliação inicial e final.

Conclusão: O dentífrico *Sensodyne*[®]*Rapid* provocou degradação química a nível do ferro (% de peso) dos *brackets* do grupo D1. Todos os dentífricos testados da gama *Sensodyne*[®] provocaram alterações morfológicas na *slot* dos *brackets* metálicos.

Palavras-Chave: *Brackets*; Corrosão metálica; Dentífricos; Biocompatibilidade.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the effect of mechanical brushing and four different dentifrices in chemical degradation and morphological change thru corrosion in metallic *brackets slot* surface.

Materials and methods: 50 metallic *brackets* were randomly divided into 6 groups: 4 groups treated with fluoridated dentifrices (n=10) and 2 non-treated groups (n=5). Orthodontic appliances were simulated and immersed in test tubes containing 15 mL artificial saliva. The treated groups were subjected to 93 cycles of brushing (3 brushings per day, during 31 days) with different *Sensodyne*[®] dentifrices: *Rapid*, *Repair&Protect*, *Branqueadora* and *Protecção Diária*. The untreated groups were divided into two groups: negative control group, immersed in artificial saliva, subjected to mechanical brushing without toothpaste, and the non-treated group sample, immersed in artificial saliva and not subjected to any type of surface treatment. The *brackets* were subjected to two evaluations: initial and final evaluation per Dispersive Energy Spectroscopy - EDS (chemical composition analysis) and thru Electron Microscopy Scanning - SEM (*brackets slot* surface analysis).

Results: The Student's T test allowed to verify the existence of significant decrease in iron level (% of weight), in D1 group submitted to brushing with *Sensodyne*[®]*Rapid*. The remaining toothpaste tested, mechanical brushing and immersion in artificial saliva did not cause significant changes in the chemical composition of the *brackets*. The Wilcoxon test indicated a statistically significant increase in the number of *bracket slot* characteristics in all undergoing groups brushed with fluoridated dentifrices. Mechanical brushing and immersion in artificial saliva did not result in a statistically significant increase in the number of characteristics between the initial and final evaluation.

Conclusion: *Sensodyne*[®]*Rapid* fluoride dentifrice caused chemical degradation of the *brackets* of the D1 group in iron (% of weight). All *Sensodyne*[®] tested dentifrices caused morphological changes in the metal *bracket slot*.

Keywords: *Brackets*; Corrosion; Dentifrices; Biocompatibility.

ÍNDICE GERAL

I. Introdução.....	13
1. Elementos Biomecânicos.....	13
1.1. <i>Brackets</i>	13
1.2. Tipos de <i>Brackets</i>	14
1.2.1. <i>Brackets</i> Metálicos.....	14
1.2.2. <i>Brackets</i> Estéticos	16
2. Corrosão Metálica.....	18
2.1 Processo de corrosão.....	18
2.2 Passivação	20
2.3 Tipos de corrosão das ligas ortodônticas.....	21
2.3.1 Corrosão Generalizada ou Ataque Uniforme	21
2.3.2 Corrosão Localizada	21
3. Higiene oral em pacientes ortodônticos	26
3.1 Escovagem Dentária	26
3.2. Dentífricos	28
3.2.1 Composição de um dentífrico.....	28
3.2.2 Acção do flúor na corrosão	33
4. Efeitos nocivos da corrosão metálica no paciente ortodôntico.....	34
4.1. Implicações na Saúde	34
4.2. Implicações Clínicas/Mecânicas	35
II. Objectivo	37
III. Hipóteses de Estudo	37
IV. Materiais e Métodos.....	38
1. Amostra	38
1.1. Caracterização da Amostra	38
1.1.1 <i>Brackets</i> Metálicos.....	38
1.1.2 Arcos Ortodônticos	38
1.1.3 Elásticos Ortodônticos	39
1.1.4 Dentífricos	39
1.1.5 Saliva Artificial.....	40
1.2. Distribuição da Amostra	41
2. Protocolo.....	43
2.1. Inspeção dos <i>brackets</i> ortodônticos.....	43
2.2. Avaliação Inicial (T ₀).....	43
2.3. Simulação da aparatologia ortodôntica	45

2.4. Procedimento experimental	46
2.5. Avaliação Final (T ₁).....	48
3. Análise Estatística	49
V. Resultados.....	50
1. Inspeção dos <i>brackets</i> ortodônticos	50
2. Avaliação da composição química dos <i>brackets</i> por EDS.....	51
2.1. Avaliação das diferenças entre os valores dos diversos grupos.....	51
2.2. Avaliação das diferenças entre T ₀ e T ₁	52
3. Avaliação da morfologia da superfície dos <i>brackets</i> por SEM.....	54
3.1. Avaliação das diferenças entre os valores dos diversos grupos.....	55
3.2. Avaliação das diferenças entre T ₀ e T ₁	56
VI. Discussão	66
1. Escolha da investigação e implicações clínicas.....	66
2. Escolha do método de investigação	66
3. Discussão dos resultados.....	68
4. Limitações da investigação	72
VII. Conclusão	74
VIII. Bibliografia	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema representativo do sistema arco- <i>bracket</i> (Cury & Mulinari, 2012). 13	
Figura 2 - Esquema representativo da constituição básica de um <i>bracket</i> convencional 14	
Figura 3 - Representação esquemática das regiões anódicas e catódicas de um metal (Niinomi, 2010). 19	
Figura 4 - Representação esquemática da corrosão generalizada (Niinomi, 2010). 21	
Figura 5 - Representação esquemática da corrosão galvânica (Niinomi, 2010). 22	
Figura 6 - Representação esquemática da corrosão intergranular (Niinomi, 2010). 23	
Figura 7 - Representação esquemática da corrosão por <i>pits</i> (Niinomi, 2010). 24	
Figura 8 - Representação esquemática da corrosão por atrito (Niinomi, 2010). 24	
Figura 9 - Representação esquemática da corrosão por fadiga (Niinomi, 2010). 25	
Figura 10 - Representação esquemática da corrosão sob tensão/stress (Niinomi, 2010). 25	
Figura 11 - Representação esquemática da corrosão por fenda (Niinomi, 2010). 26	
Figura 12 - Embalagens contendo os <i>brackets</i> metálicos. 38	
Figura 13 - Arcos ortodônticos <i>Morest Standard</i> CrNi. 38	
Figura 14 - Elásticos ortodônticos utilizados no presente estudo. 39	
Figura 15 - Dentífricos utilizados no presente estudo. 39	
Figura 16 - Distribuição aleatória <i>online</i> da amostra (Fonte: Random.ORG). 42	
Figura 17 - Resultado da distribuição aleatória <i>online</i> da amostra (Fonte: Random.ORG). 43	
Figura 18 - Estereomicroscópio Leica MZ6. 43	
Figura 19 - Microscópio Eletrônico de Varrimento (SEM) JEOL JSM -5400. 44	
Figura 20 - Microscópio Eletrônico de Varrimento (SEM) Zeiss Auriga. 44	
Figura 21 - Pontos seleccionados da superfície do <i>bracket</i> para análise EDS. 44	
Figura 22 - Aparelhos ortodônticos dos grupos tratados e não tratados. 46	
Figura 23 - Quantidade <i>standard</i> de dentífrico utilizada no estudo. 47	
Figura 24 - Escovagem dos <i>brackets</i> com a escova eléctrica. 47	
Figura 25 - Lavagem dos <i>brackets</i> metálicos. 47	
Figura 26 - Seringa de 20 mL de água destilada. 47	
Figura 27 - Suporte com os tubos de ensaio dos grupos tratados e não tratados. 48	
Figura 28 - Alterações superficiais encontradas nas <i>aletas</i> dos <i>brackets</i> metálicos. 50	
Figura 29 - Alterações superficiais encontradas nas <i>slots</i> dos <i>brackets</i> metálicos. 50	

Figura 30 - Microfotografias da superfície da <i>slot</i> do <i>bracket</i> representativo do grupo D1 em T ₀ (a) e em T ₁ (b).....	58
Figura 31 - Microfotografias da superfície da <i>slot</i> do <i>bracket</i> representativo do grupo D2 em T ₀ (a) e em T ₁ (b).....	60
Figura 32 - Microfotografias da superfície da <i>slot</i> do <i>bracket</i> representativo do grupo D3 em T ₀ (a) e em T ₁ (b).....	61
Figura 33 - Microfotografias da superfície da <i>slot</i> do <i>bracket</i> representativo do grupo D4 em T ₀ (a) e em T ₁ (b)	63
Figura 34 - Microfotografias da superfície da <i>slot</i> do <i>bracket</i> representativo do grupo amostra sem tratamento em T ₀ (a) e em T ₁ (b).....	64
Figura 35 - Microfotografias da superfície da <i>slot</i> do <i>bracket</i> representativo do grupo controlo negativo em T ₀ (a) e em T ₁ (b).....	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Composição básica de um dentífrico em percentagem (%) (Cury, 2002).....	29
Tabela 2 - Composição química dos dentífricos e a respectiva marca comercial.	40
Tabela 3 - Composição da saliva artificial.	40
Tabela 4 - Distribuição dos grupos de estudo de acordo com a amostra, marca comercial, tratamento a efectuar, tempo e duração do mesmo.....	41
Tabela 5 - Critérios de avaliação das alterações de superfície dos <i>brackets</i> metálicos..	45
Tabela 6 - Distribuição dos grupos segundo a marca comercial.	46
Tabela 7 - Média (M) e o respectivo desvio padrão (DP) da análise química elementar dos <i>brackets</i> em T ₀ e T ₁	51
Tabela 8 - Teste estatístico Kruskal-Wallis (T ₀).	51
Tabela 9 - Teste T de Student.....	52
Tabela 10 - Média (M) e desvio padrão (DP) do número de características presentes na <i>slot</i> dos <i>brackets</i> em T ₀ e T ₁	54
Tabela 11 - Teste estatístico Kruskal-Wallis (T ₀).	55
Tabela 12 - Teste estatístico Kruskal-Wallis (T ₁).	56
Tabela 13 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo D1).....	57
Tabela 14 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo D2).....	59
Tabela 15 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo D3).....	60
Tabela 16 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo D4).....	62
Tabela 17 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo amostra sem tratamento e controlo negativo).....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação dos valores médios da concentração de ferro, em % de peso, no grupo D1 entre a avaliação inicial (T_0) e final (T_1).	53
Gráfico 2 - Valores médios do número de características na <i>slot</i> dos <i>brackets</i> na avaliação inicial (T_0) e final (T_1).	54

LISTA DE ABREVIATURAS

ADA – *American Dental Association*

Cm - Centímetros

EDS - Espectroscopia de Energia Dispersiva (do inglês *Energy Dispersive Spectroscopy*)

g - Gramas

ISO - *International Organization for Standardization*

L – Litros

SEM - Microscopia Electrónica de Varrimento (do inglês *Scanning Electron Microscopy*)

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

mg - Miligramas

mL - Mililitros

PEG-6 - Polietilenoglicol 6

PEG-8 - Polietilenoglicol 8

p/p - Percentagem por massa

ppm - Partes por milhão

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Percentagem

Al₂O₃ - Óxido de Alumínio

°C - Escala de graus Celsius

CaCl₂.2H₂O - Cloreto de Cálcio

Dihidratado

Cr – Crómio

CrF₃ - Fluoreto de Crómio

Cr₂O₃ - Óxido de Crómio

F⁻ - Ião Fluoreto

Fe - Ferro

H⁺ - Ião Hidrogénio

H₃PO₄ – Ácido Fosfórico

HF - Ácido Fluorídrico

H₂O - Água

KCl - Cloreto de Potássio

MFP – Monofluorfosfato de Sódio

Na₃PO₄ – Fosfato Trissódico

NaCl - Cloreto de Sódio

NaF - Fluoreto de Sódio

Na₂HPO₄ – Hidrogenofosfato Dissódico

NaH₂PO₄.2H₂O - Dihidrogenofosfato de Sódio

Na₂S 9.H₂O - Sulfito de Sódio

Ni - Níquel

NiTi - Níquel-Titânio

pH - Potencial de Hidrogénio Iónico

SnF₂ - Fluoreto de Estanho

TiF₄ - Tetrafluoreto de Titânio

TiO - Óxido de Titânio

TiO₂ - Dióxido de Titânio

TiOF₂ - Oxifluoreto de Titânio

I. Introdução

1. Elementos Biomecânicos

Actualmente o ortodontista tem à sua disposição diversos modos de planejar e abordar o tratamento ortodôntico. Existem diversas opções mecânicas para os movimentos dentários pretendidos, bem como diversos modelos de *brackets* e prescrições para o posicionamento dentário desejado (Júnior & Ursi, 2006). Deste modo, é fundamental que o clínico conheça as características dos diversos materiais e proceda correctamente ao diagnóstico do caso.

Durante o tratamento ortodôntico são utilizados múltiplos dispositivos fixos, tais como bandas, *brackets*, tubos e arcos, os quais estão constantemente expostos ao ambiente oral.

1.1. *Brackets*

Os *brackets* são dispositivos cimentados às superfícies dentárias e têm como função suportar o arco que por sua vez é introduzido na *slot* do *bracket* (Figura 1). O sistema arco-*bracket* tem como objectivo promover o movimento dentário, que por sua vez deve ser produzido através de forças contínuas e leves (Rerhrhaye, Bahije, Mabrouk, Zaoui, & Marzouk, 2014).

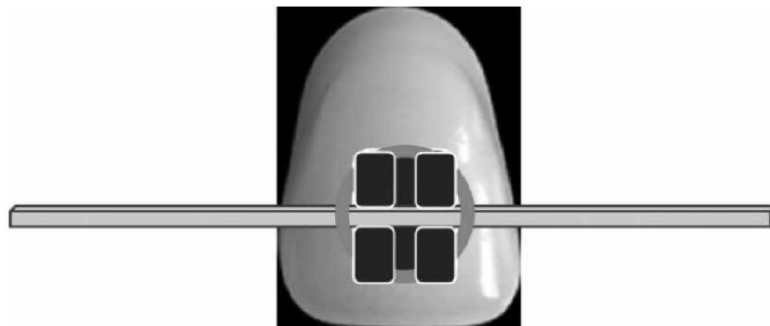


Figura 1 - Esquema representativo do sistema arco-*bracket* (Cury & Mulinari, 2012).

O *bracket* ortodôntico convencional apresenta na sua constituição básica, uma base, uma canaleta ou *slot* e aletas conforme representado na figura 2.

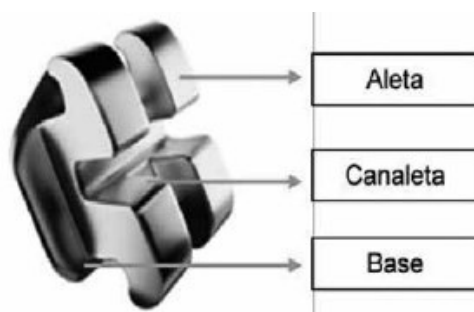


Figura 2 - Esquema representativo da constituição básica de um bracket convencional (Cury & Mulinari, 2012).

A base é a superfície de contacto entre o *bracket* e o dente, e como tal deverá possuir uma grande capacidade de adesão ao esmalte do mesmo, mas simultaneamente deve conseguir descolar facilmente sem lesar o esmalte dentário (Guimarães, 2008).

A canaleta ou *slot* tem como função receber o arco ortodôntico, tendo para isso uma forma específica, de modo a que ao introduzir o arco, a canaleta fique preenchida e deste modo o dente possa movimentar-se em torno do seu próprio eixo rodando no sentido ântero-posterior ou lateralmente (Cury & Mulinari, 2012).

As aletas têm como função permitir o posicionamento de molas e ligaduras (metálicas ou elásticas) que vão interagir com os outros componentes (English, Akyalcin, Peltomaki, & Litschel, 2014).

1.2. Tipos de *Brackets*

1.2.1. *Brackets* Metálicos

Não obstante a grande evolução dos materiais na área da Ortodontia, nomeadamente, ao nível da forma e tipos, os *brackets* metálicos têm continuado a ser os mais utilizados, graças às suas características físicas e propriedades mecânicas (Assad-Loss, Neves, & Mucha, 2008).

Os *brackets* ortodônticos são confeccionados em diversos materiais, entre os quais metais (e as suas ligas metálicas), tais como: o aço inoxidável e o titânio (N. Schiff, Dalard, Lissac, Morgon, & Grosgeat, 2005).

1.2.1.1. *Brackets* de Aço Inoxidável

Os *brackets* de aço inoxidável têm sido utilizados em Ortodontia há mais de 70 anos. Apesar do aparecimento de novos materiais para confecção de *brackets*, o aço inoxidável continua a ser um dos materiais de eleição na prática ortodôntica devido às suas excelentes propriedades e qualidade de trabalho final (Nishio, Motta, Elias, & Mucha, 2004). Contudo, uma das grandes desvantagens destes *brackets* é serem inestéticos (Guerrero, Filho, Tanaka, Camargo, & Vieira, 2010).

Este tipo de *brackets* contém geralmente 8%-12% de níquel, 17-22% de cromo e ainda podem conter outros elementos, tais como: magnésio, molibdénio, titânio, ferro, carbono, azoto e cobre (Eliades & Athanasiou, 2002; Grimsdottir, Gjerdet, & Hensten-Pettersen, 1992).

O cromo é responsável por conferir ao aço inoxidável uma maior resistência à corrosão, através da formação de uma camada passiva sobre a superfície do *bracket*, sendo esta essencialmente constituída por óxido de cromo (Cr_2O_3). Para além deste, os restantes elementos são adicionados com o intuito de estabilizar a liga e melhorar as suas propriedades de resistência à corrosão (Eliades & Athanasiou, 2002).

Existem diversos tipos de aço inoxidável. No entanto, os mais importantes e com maior utilidade para a Ortodontia são os aços austeníticos, pelo facto de serem as ligas mais resistentes à corrosão metálica (Eliades & Athanasiou, 2002).

1.2.1.2. *Brackets* de Titânio

Os *brackets* de titânio surgiram como uma alternativa aos *brackets* compostos por níquel de forma a serem utilizados em pacientes alérgicos a este metal (Menezes & Quintão, 2010).

As ligas de titânio têm como propriedades a biocompatibilidade (bem toleradas pelo organismo humano), a alta resistência à corrosão e excelentes propriedades mecânicas, razões pelas quais este metal e as suas ligas têm sido cada vez mais utilizados em Ortodontia (R. P. Kusy, Whitley, Ambrose, & Newman, 1998). Embora as ligas de titânio sejam muito resistentes, não são tão rígidas como as de aço inoxidável. Por este facto aplicam-se nos *brackets*, percentagens mais elevadas de titânio (99% - 99,5%) (Moyers, 1988).

A elevada resistência à corrosão dos *brackets* de titânio deve-se à formação de uma camada protectora de óxidos, maioritariamente TiO_2 (dióxido de titânio), sobre a

superfície do metal (Watanabe & Watanabe, 2003). Contudo, o titânio e as suas ligas são extremamente susceptíveis à acção corrosiva dos iões fluoreto presentes nos agentes profilácticos fluoretados, tais como dentífricos e colutórios. Por outro lado, os iões fluoreto podem provocar também descoloração dos *brackets* de titânio (Lausmaa, Kasemo, & Hansson, 1985).

1.2.2. Brackets Estéticos

Pelo aumento do número de pacientes ortodônticos adultos, que desaprovavam a aparência inestética e indesejável dos *brackets* metálicos, a indústria de materiais viu-se forçada a arranjar alternativas aos mesmos. Assim, surgiram os *brackets* estéticos, de coloração transparente ou esbranquiçada, que combinam a estética com uma boa performance técnica (Maltagliati, Feres, Figueiredo, & Siqueira, 2006).

São dois exemplos de *brackets* estéticos: os *brackets* de policarbonato e os cerâmicos.

1.2.2.1. Brackets de Policarbonato

Os primeiros *brackets* estéticos surgiram na década de 70 e foram confeccionados em policarbonato, uma resina plástica com uma dureza próxima à do aço, razão pela qual este foi o material de eleição para a confecção dos primeiros *brackets* estéticos (Maltagliati *et al.*, 2006).

Este material caracteriza-se por ser atóxico, com elevada resistência à abrasão, inodoro, insípido e com coloração e translucidez adequada (Nishio *et al.*, 2004). No entanto, no decorrer do tratamento ortodôntico começaram a surgir problemas com a utilização deste material, entre os quais a descoloração e desgaste do *bracket*, absorção de água e saliva, controlo deficiente do torque (Dobrin & Musich, 1975), deformação estrutural (Feldner, Sarkar, Sheridan, & Lancaster, 1994), baixa força de adesão, alto coeficiente friccional e a necessidade de preparar a base para a colagem com resinas comuns (Nishio *et al.*, 2004).

O problema da descoloração e deformação dos *brackets* foi contornado procedendo-se à alteração da sua composição original, através da incorporação de partículas de cerâmica e vidro. Também ocorreu a modificação da *slot* dos *brackets*, com a introdução de uma canaleta de metal afim de diminuir a fricção com o arco ortodôntico (Feldner *et al.*, 1994).

1.2.2.2. *Brackets* Cerâmicos

Os *brackets* cerâmicos foram introduzidos em 1986 com o intuito de contornar as limitações e propriedades desfavoráveis dos *brackets* de policarbonato (Sobreira, Loriato, & Oliveira, 2007). O material utilizado na confecção destes *brackets* é o óxido de alumínio (Al_2O_3), que apresenta as seguintes propriedades: alta dureza e resistência a temperaturas elevadas e à degradação química (Maltagliati *et al.*, 2006).

O processo de produção deste tipo de *bracket* permite que estes sejam classificados de duas formas relativamente ao tipo de composição: policristalina e monocristalina. Os *brackets* cerâmicos policristalinos, também designados de alumina policristalina, são constituídos por cristais de óxido de alumínio fundidos a temperaturas muito elevadas que permitem a produção de vários *brackets* em simultâneo. Os *brackets* de cerâmica monocristalina, consistem numa massa fundida a altas temperaturas (2100 °C) formando apenas um cristal de óxido de alumínio e como tal, permite a produção de um único *bracket* (Maltagliati *et al.*, 2006).

Os *brackets* cerâmicos podem ser considerados superiores relativamente aos de policarbonato na medida em que são mais estéticos, mais resistentes e apresentam maior estabilidade de cor e desgaste. Contudo, também apresentam algumas limitações, tais como: desgaste dos dentes antagonistas (pelo facto da cerâmica ser um material mais duro do que o esmalte), alto coeficiente de fricção com os arcos e maior probabilidade de fracturas pela friabilidade do material. Afim de solucionar os problemas friccionais, foram desenvolvidos alguns modelos de *brackets* cerâmicos: uns com uma *slot* metálica em todos os *brackets* e outros que apresentam um preparo na superfície da *slot* para facilitar o deslizamento do arco ortodôntico (Maltagliati *et al.*, 2006).

Em suma, actualmente existem diversos dispositivos ortodônticos estéticos, nomeadamente *brackets* de policarbonato ou cerâmicos (policristalinos ou monocristalinos), e a escolha deve ser feita tendo em conta as características e propriedades de cada material afim de alcançar a melhor performance clínica.

2. Corrosão Metálica

Segundo Maijer e Smith (1986), a cavidade oral é um meio extremamente favorável à corrosão metálica pelo facto de ocorrerem fenómenos enzimáticos e microbiológicos, que podem acelerar o processo de corrosão.

A saliva é considerada um eletrólito cujas propriedades eletroquímicas dependem de diversos factores, tais como a capacidade tampão, pH, tensão de superfície e concentração dos componentes salivares (Chaturvedi, 2008).

Assim, os metais e as suas ligas metálicas utilizadas em Ortodontia estão permanentemente em contacto com a saliva e como tal, estão de igual forma sujeitas a diversos agentes físicos e químicos capazes de produzir corrosão metálica (Rolf Maijer & Smith, 1986). Este fenómeno que ocorre independentemente da estrutura metalúrgica da liga, pode ser acelerado pela presença de defeitos na superfície do metal decorrentes da sua manufactura (Matasa, 2000).

2.1 Processo de corrosão

A corrosão metálica pode ser definida como um processo eletroquímico que resulta na degradação de um metal (ou liga metálica) e, por conseguinte, na perda das suas propriedades metálicas essenciais. Este fenómeno pode desencadear-se de duas formas, (1) através da perda de iões metálicos directamente na solução, ou (2) através da dissolução progressiva da camada protectora formada na superfície do metal, frequentemente um óxido ou sulfato (House, Sernetz, Dymock, Sandy, & Ireland, 2008).

De acordo com Maijer e Smith (1982), a biodegradação dos materiais metálicos sob as condições do meio oral deve-se a um desarranjo eletroquímico que, por sua vez, exige a presença de um eletrólito (meio condutor) e de dois metais distintos para se desenvolver.

O processo de corrosão metálica resulta de duas reacções simultâneas, uma reacção anódica (oxidação) e uma reacção catódica (redução). Deste modo, a corrosão resulta de uma reacção de oxidação-redução ou redox (House *et al.*, 2008).

Quando um metal é imerso num eletrólito, como é o caso da saliva, criam-se inúmeras regiões anódicas e catódicas e, conseqüentemente existe uma diferença de potenciais entre si, estabelecendo-se assim um fluxo de corrente de electrões (Figura 3) (Niinomi, 2010).

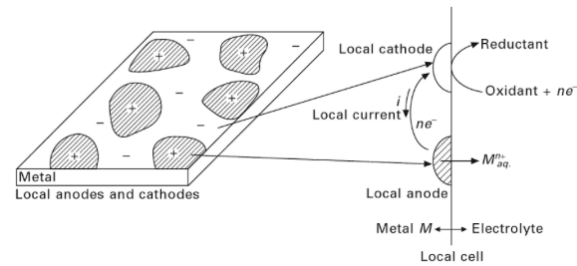
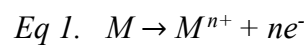
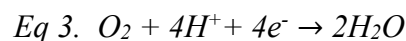
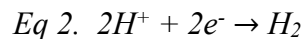


Figura 3 - Representação esquemática das regiões anódicas e catódicas de um metal (Niinomi, 2010).

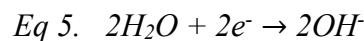
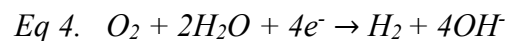
A oxidação, ou seja, a dissolução do metal M , resulta na libertação de electrões. Esta reacção é dada pela seguinte equação (Equação 1) (Niinomi, 2010):



O electrões libertados na oxidação são imediatamente capturados pelo cátodo, local onde ocorre a redução do oxigénio (dissolvido na solução), de moléculas de água ou de iões de hidrogénio. As reacções catódicas podem desencadear-se tanto numa solução ácida como básica, visto que o tipo de reacção que ocorre no cátodo depende essencialmente do pH do eletrólito. Caso a redução ocorra num **meio ácido** (rico em iões de hidrogénio H^{+}) verificar-se-á a redução do hidrogénio. Esta reacção traduz-se nas seguintes equações (Equação 2 e 3) (Niinomi, 2010):



Se a redução se suceder num **meio básico**, verificar-se-á a redução do oxigénio dissolvido na solução (Equação 4 e 5) (Niinomi, 2010):



Embora todos os metais e as suas ligas sejam vulneráveis à corrosão metálica, existem diversos factores que podem influenciar o nível de corrosão no ambiente oral tais como, a dieta, o pH, a temperatura, a presença de placa bacteriana, proteínas, as condições orais, a quantidade e qualidade da saliva (Chaturvedi, 2008) e a composição química do solvente (House *et al.*, 2008).

2.2 Passivação

Segundo House *et al.*, (2008), a reacção anódica, ou seja, a corrosão do metal, dar-se-á até que o metal seja consumido na sua totalidade, a menos que este consiga formar um filme protector sobre a sua superfície (passivação), ou que o reagente se dissipe por completo (ex: esgotamento do oxigénio dissolvido na solução). Assim, a passivação consiste no processo através do qual o metal tem a capacidade de formar espontaneamente uma fina camada de óxidos sobre a sua superfície, quando em contacto com o ambiente em que se encontra (Rodrigues, 2012).

Os metais ou ligas metálicas apresentam diferentes níveis de resistência à corrosão, que por sua vez dependem da capacidade do metal em formar uma camada passiva de óxidos sobre a sua superfície (House *et al.*, 2008). A camada protectora de óxidos, tal como o nome indica, tem como função proteger o metal contra os ataques químicos a que está constantemente sujeito e, adicionalmente, confere aos metais estabilidade e resistência à corrosão metálica (Toumelin-Chemla, Rouelle, & Burdairon, 1996). Embora a formação desta camada seja vantajosa para o metal, este filme não pode ser considerado infalível visto que é extremamente susceptível, tanto à ruptura mecânica como química. Por vezes, a película protectora pode dissolver-se lentamente sem que ocorra a ruptura da mesma, e este fenómeno acontece para que haja uma constante renovação do filme sobre a superfície do metal (repassivação) (House *et al.*, 2008).

As ligas de titânio e aço inoxidável são dois exemplos de ligas, cuja resistência à corrosão está inteiramente dependente da formação da camada protectora de óxidos sobre a sua superfície (House *et al.*, 2008). O aço inoxidável apresenta uma elevada resistência à corrosão devido à presença de crómio na sua constituição. Este metal, quando em contacto com o ar, oxida-se e forma um filme de óxidos de crómio (Cr_2O_3) sobre a superfície do aço inoxidável (Eliades & Athanasiou, 2002). O titânio e as suas ligas, tal como o aço inoxidável, também apresentam elevada resistência à corrosão metálica devido à formação de um filme passivo de óxido de titânio sobre a sua superfície, constituído essencialmente por dióxido de titânio (TiO_2) (Toumelin-Chemla *et al.*, 1996).

2.3 Tipos de corrosão das ligas ortodônticas

Os materiais metálicos podem apresentar variadas formas de corrosão. Deste modo, a corrosão metálica pode ser classificada em corrosão generalizada (corrosão por ataque uniforme) ou corrosão localizada (corrosão não uniforme) (Niinomi, 2010).

2.3.1 Corrosão Generalizada ou Ataque Uniforme

Este tipo de corrosão caracteriza-se por ser o mais comum, uma vez que afecta todos os metais, embora em proporções e ritmos diferentes. Este fenómeno resulta de uma reacção oxidação-redução (redox) que afecta uniformemente toda a extensão da superfície do metal (Figura 4). No entanto, só é possível detectar este fenómeno quando já se verifica o comprometimento da maioria do metal (Eliades & Athanasiou, 2002; House *et al.*, 2008).

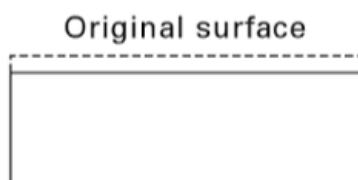


Figura 4 - Representação esquemática da corrosão generalizada (Niinomi, 2010).

2.3.2 Corrosão Localizada

Esta forma de corrosão é designada de corrosão localizada, visto que ocorre numa área muito restrita do metal enquanto que a restante superfície metálica permanece intacta. Este fenómeno resulta na formação de depressões na superfície do metal e, conseqüentemente, pode iniciar e acelerar a corrosão conduzindo à fractura do metal (Niinomi, 2010).

No ambiente oral é possível encontrar diversos tipos de corrosão localizada, tais como: a corrosão galvânica, corrosão intergranular, corrosão puntiforme, corrosão por atrito, corrosão microbiológica, corrosão por fadiga, corrosão sob tensão/stress e corrosão por fenda (Fontana, 1986).

2.3.2.1 Corrosão galvânica

A corrosão galvânica é o processo eletroquímico que ocorre quando dois metais diferentes, com potenciais de corrosão distintos, estão imersos num eletrólito e entram em contacto eléctrico (Figura 5) (Niinomi, 2010).

A diferença de potencial de corrosão entre ambos os metais, em função do meio corrosivo ou de uma solução condutora, funciona como uma força propulsora de um fluxo de corrente eléctrica entre eles (Chaturvedi, 2008). Portanto, quanto maior for a diferença de potenciais maior a probabilidade de corrosão galvânica. Nos casos em que a diferença entre os potenciais de corrosão das ligas metálicas é pouco significativa, a corrosão galvânica pode não ocorrer (Niinomi, 2010).

Deste modo, o metal mais nobre (electropositivo) torna-se catódico e como tal, caracteriza-se por ser mais resistente à corrosão, enquanto que o metal menos nobre (electronegativo) torna-se anódico e conseqüentemente menos resistente à corrosão (House *et al.*, 2008).

Em Ortodontia, este tipo de corrosão pode verificar-se aquando a utilização de arcos ou *brackets*, ambos com ligas e potenciais de corrosão diferentes (Chaturvedi, 2008).

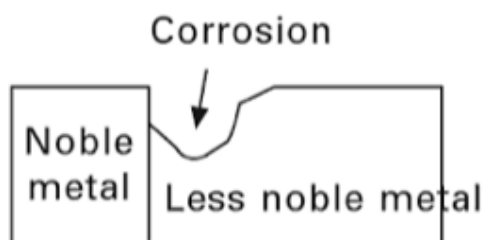


Figura 5 - Representação esquemática da corrosão galvânica (Niinomi, 2010).

2.3.2.2 Corrosão intergranular

Este tipo de corrosão ocorre selectivamente e em profundidade nos contornos dos grãos da estrutura cristalina do metal, enquanto que o interior dos grãos permanece intacto (Figura 6) (Niinomi, 2010).

O aço inoxidável é extremamente susceptível a este tipo de corrosão quando submetido a variações de temperaturas que sensibilizam a liga metálica e, conseqüentemente, provocam uma alteração na sua microestrutura. A soldagem ou o tratamento térmico da liga numa determinada faixa de temperaturas (400-900°C) fazem

com que o cromo e o carbono reajam entre si, originando um precipitado de carboneto de cromo que se localiza nos contornos dos grãos (zona empobrecida em cromo). Este precipitado tem a capacidade de tornar a liga mais frágil e conseqüentemente menos resistente à corrosão (devido à redução do teor de cromo nas regiões adjacentes), o que impede a formação de uma película passiva sobre o aço inoxidável, tornando-o menos resistente à corrosão metálica (House *et al.*, 2008).

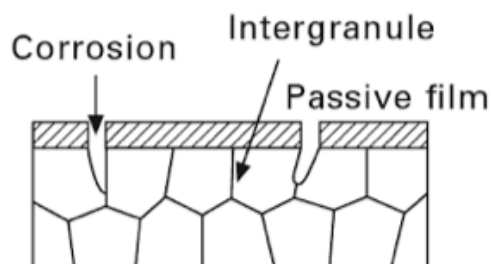


Figura 6 - Representação esquemática da corrosão intergranular (Niinomi, 2010).

2.3.2.3 Corrosão puntiforme

Também designada de corrosão por *pits* ou corrosão por picada. Na área afectada, verifica-se a formação de pontos (*pits*) que geralmente se caracterizam por serem cavidades cuja profundidade (comprimento) é superior ao seu diâmetro (largura) (Figura7) (Niinomi, 2010).

Este fenómeno pode desencadear-se devido à existência de um pequeno defeito de superfície, tal como uma fenda, um poro ou devido à ruptura da camada passiva de óxidos na superfície do metal. Isto também pode ocorrer em dispositivos “novos”, ou seja, materiais que se encontram na condição exacta fornecida pelo fabricante e que já apresentam estes defeitos na sua superfície (House *et al.*, 2008). Outro factor que pode dar início à corrosão puntiforme é o meio em que estão inseridos os metais, uma vez que este pode conter espécies halógenas, tais como iões cloreto, bromo, iões de iodo e o fluoreto de hidrogénio que se caracterizam por serem elementos químicos prejudiciais à camada protectora dos metais (Niinomi, 2010).

Assim, na superfície do metal ocorre uma reacção de redução e no interior de cada cavidade (ou ponto), ocorre uma reacção de oxidação resultando na dissolução de iões metálicos e no aumento da concentração destes iões no fundo de cada cavidade (*pit*) (Aguiar, 2011).

Este tipo de corrosão pode ser observado tanto em *brackets* como em arcos ortodônticos exactamente na condição fornecida pelo fabricante, ou seja, os dispositivos

já apresentam corrosão puntiforme prévia à sua aplicação na cavidade oral (House *et al.*, 2008).

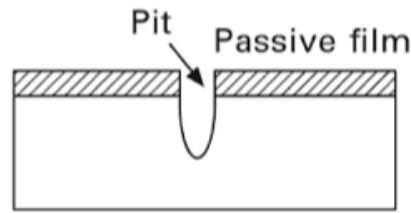


Figura 7 - Representação esquemática da corrosão por pits (Niinomi, 2010).

2.3.2.4 Corrosão por atrito

Este tipo de corrosão ocorre em áreas de contacto entre materiais que se encontram submetidos a grandes cargas e pressões, tais como vibrações e deslizamentos (Figura 8) (Aguiar, 2011; House *et al.*, 2008).

Em Ortodontia é possível encontrar este tipo de corrosão na interface da *slot* do *bracket* e do arco, uma vez que a introdução do arco na *slot* do *bracket* pode provocar a ruptura da camada passiva de óxidos dos dois metais, tornando-os assim mais vulneráveis à corrosão (House *et al.*, 2008).

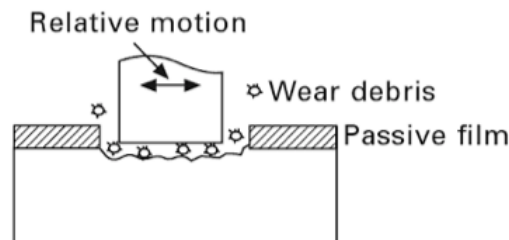


Figura 8 - Representação esquemática da corrosão por atrito (Niinomi, 2010).

2.3.2.5 Corrosão influenciada por microorganismos

A corrosão metálica também pode resultar da acção dos microorganismos e dos seus produtos metabólicos. Determinadas espécies de microorganismos têm a capacidade de absorver e metabolizar iões metálicos constituintes das ligas metálicas ou podem ter a capacidade de alterar as condições do meio, tornando as ligas mais susceptíveis à corrosão metálica. Por exemplo, a acidificação do meio pode desencadear a dissolução do biofilme presente na superfície do metal e conseqüentemente dar início ao processo de corrosão (House *et al.*, 2008).

Este fenómeno quando ocorre nos *brackets* pode levar à formação de crateras na base dos mesmos (Eliades & Athanasiou, 2002).

2.3.2.6 Corrosão por fadiga

A corrosão por fadiga resulta das tensões cíclicas repetitivas (fadiga) a que os metais ou ligas metálicas estão constantemente sujeitos e este processo pode ser acelerado caso o material esteja exposto a um meio corrosivo (ex: saliva) (Figura 9). Desta forma, a resistência do material à fadiga diminui e este torna-se mais vulnerável à fractura (Eliades & Athanasiou, 2002; House *et al.*, 2008).

Esta forma de corrosão pode ocorrer em casos em que os arcos ortodônticos, sujeitos a cargas, permanecem na cavidade oral por longos períodos de tempo (Eliades & Athanasiou, 2002; House *et al.*, 2008). Este fenómeno deve-se ao amolecimento das áreas fracturadas, ao aumento da rugosidade e da aparência cristalina do metal (Eliades & Athanasiou, 2002).

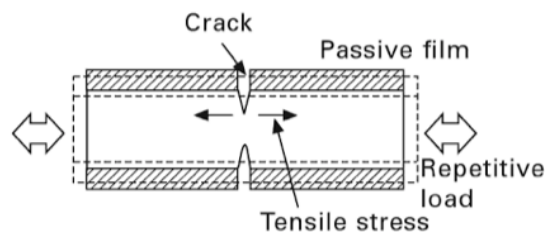


Figura 9 - Representação esquemática da corrosão por fadiga (Niinomi, 2010).

2.2.2.7 Corrosão sob tensão/stress

A corrosão sob tensão ou stress resulta do aumento da reactividade da liga metálica nos locais sujeitos a tensões de compressão e tracção, devido à carga tridimensional a que as peças estão submetidas (Figura 10). Um exemplo deste tipo de corrosão, na área da Ortodontia, é o contacto permanente entre um *bracket* e um arco ortodôntico (Eliades & Athanasiou, 2002; House *et al.*, 2008).

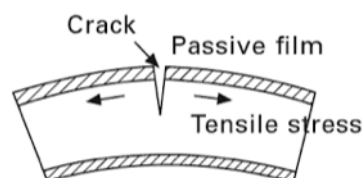


Figura 10 - Representação esquemática da corrosão sob tensão/stress (Niinomi, 2010).

2.3.2.8 Corrosão por fenda

A corrosão por fenda pode surgir aquando da aplicação de peças não metálicas sobre peças metálicas (Figura 11) (Eliades & Athanasiou, 2002). Geralmente ocorre

quando as superfícies de duas peças estão muito próximas ou em locais muito estreitos onde não há trocas de oxigénio. O aumento da concentração dos iões cloreto e a redução do pH do meio são dois factores preponderantes para a iniciação e propagação da corrosão por fenda. A camada passiva protectora do metal vai-se dissolvendo com a acidez do meio acelerando assim o processo de corrosão (Chaturvedi, 2008).

Este tipo de corrosão pode ser encontrada nos casos em que é feita a colocação de ligaduras elásticas sobre os *brackets* (Eliades & Athanasiou, 2002) ou em casos de aparatologia removível, em que o arco ou os componentes dos parafusos de expansão estão inseridos no acrílico. Neste último caso, é comum surgir uma coloração castanha sobre o acrílico que se encontra em contacto com o metal ou liga metálica (House *et al.*, 2008).

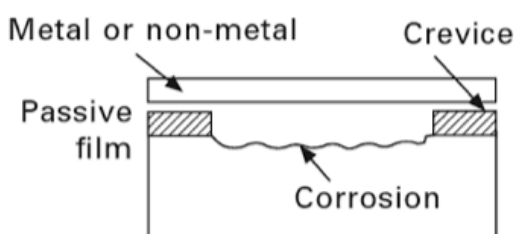


Figura 11 - Representação esquemática da corrosão por fenda (Niinomi, 2010).

3. Higiene oral em pacientes ortodônticos

Os pacientes ortodônticos apresentam uma maior tendência para desenvolver cáries, lesões de cárie incipientes (*white spots*), gengivite e recessões gengivais, devido à presença de diversos retentores de placa bacteriana na cavidade oral tais como, *brackets*, bandas, tubos e arcos ortodônticos, os quais são difíceis de higienizar (Bardal, Olympio, Bastos, Henriques, & Buzalaf, 2011).

Para que o tratamento ortodôntico seja bem-sucedido é fundamental que o paciente tenha uma boa higiene oral e que consiga manter este estado durante todo o processo. No entanto, isto requer tempo e precisão por parte do paciente (Couto, 2016).

3.1 Escovagem Dentária

A escovagem dentária é um método mecânico-profilático, que tem como objectivo a eliminação da placa bacteriana que se encontra aderida às superfícies dentárias e à aparatologia ortodôntica (Olympio, Bardal, Henriques, & Bastos, 2006).

Segundo Barros, Pernambuco, e Tomita (2001), o paciente deve ser sempre instruído a realizar a escovagem dentária 3 vezes ao dia: de manhã, a seguir ao almoço e após o jantar ou antes de ir dormir, independentemente do risco de cárie ou de doença periodontal. Robinson *et al.*, (2005) defende que a eficácia da escovagem dentária está dependente de certos factores, tais como, motivação, destreza manual e conhecimento.

Para que a eliminação da placa bacteriana seja cada vez mais eficiente, têm sido desenvolvidas escovas dentárias, manuais e eléctricas, especificamente para os pacientes ortodônticos. Foram introduzidas algumas modificações nas escovas convencionais nomeadamente, sulcos na cabeça da escova ou duas filas de cerdas separadas por uma abertura grande. Estas alterações do *design* das escovas convencionais deram origem às actuais escovas ortodônticas (Williams, Fenwick, Schou, & Adams, 1987).

As escovas manuais apresentam sulcos longitudinais, com corte interno em forma de V que permitem por sua vez, melhorar a higienização em redor dos dispositivos ortodônticos (ex: *brackets* e arco) (Heasman, Wilson, Macgregor, & Kelly, 1998). As escovas eléctricas têm a capacidade de simular as escovas manuais uma vez que permitem executar os movimentos laterais e rotatórios da cabeça da escova, sem danificar os dispositivos ortodônticos (Heasman *et al.*, 1998; Robinson *et al.*, 2005). De acordo com Robinson *et al.*, em 2005, estas escovas são consideradas mais atractivas, visto que representam para o consumidor uma solução inovadora e tecnologicamente diferenciada (“*high tech*”) em relação às escovas manuais, tornando a escovagem dentária uma tarefa diária mais agradável.

Têm sido realizados vários estudos afim de avaliar a eficácia das escovas dentárias, manuais e eléctricas, na eliminação da placa bacteriana em pacientes com aparatologia ortodôntica fixa, contudo os resultados têm sido controversos. Alguns estudos revelaram que as escovas eléctricas são mais eficientes na redução da placa bacteriana do que as manuais (Biavati, Gastaldo, Dessi, Biavati, & Migliorati, 2010; Heintze, Jost-Brinkmann, & Loundos, 1996), enquanto que outros estudos sugerem que ambas as escovas são igualmente eficazes na remoção de placa bacteriana (Deery *et al.*, 2004; Heasman *et al.*, 1998; Hickman, Millett, Sander, Brown, & Love, 2002).

Em 2005, Robinson *et al.*, realizaram uma meta-análise onde concluíram que as escovas eléctricas com acção rotacional oscilatória têm a capacidade de eliminar mais placa bacteriana e reduzir a gengivite a curto e a longo prazo. Este autor refere ainda que, a escovagem com escovas eléctricas é segura e tão eficaz como a efectuada com

escovas manuais, argumentando que não há evidência que as eléctricas possam causar maiores danos gengivais quando comparadas com as manuais.

3.2. Dentífricos

Actualmente a terapia com flúor é considerada um dos principais métodos da prevenção da cárie dentária (N. Schiff, Grosogeat, Lissac, & Dalard, 2002), razão pela qual, os ortodontistas procuram cada vez mais prescrever aos seus pacientes produtos fluoretados tópicos, de uso diário, tais como dentífricos ou colutórios (Walker, White, & Kula, 2005).

A prescrição de flúor durante o tratamento ortodôntico pode ser feita através de duas formas (Benson *et al.*, 2004):

1. Aplicação tópica de flúor (ex: dentífricos, colutórios, verniz de flúor);
2. Libertação de flúor por dispositivos (ex: elásticos ortodônticos);

O uso racional dos dentífricos fluoretados é considerada a medida mais importante de prevenção de cárie dirigida à população mundial. A escovagem dentária com recurso a dentífricos fluoretados é o método mais efectivo, bem aceite e de fácil acesso a toda a população (Sala & García, 2013).

3.2.1 Composição de um dentífrico

Actualmente encontra-se disponível no mercado uma vasta e diversificada oferta de dentífricos, que são desenvolvidos de forma a ir de encontro às necessidades e preferências dos consumidores. Embora todos os dentífricos apresentem benefícios para a saúde oral, a sua composição pode ser variada o que pode dificultar a eleição do dentífrico mais adequado para cada situação clínica (Davies, Scully, & Preston, 2010; Martins, Macêdo, Muniz, Carvalho, & Moreira, 2012).

Os dentífricos podem ser definidos como pastas, com consistência de creme ou gel, que resultam de formulações de diferentes substâncias químicas terapêuticas, e têm como objectivo auxiliar a remoção ou desorganização da placa bacteriana, possibilitando a penetração de flúor nas superfícies dentárias (Magalhães, Moron, Comar, & Buzalaf, 2011).

Os dentífricos tal como referido anteriormente, resultam de diferentes formulações, no entanto, são sempre compostos por determinados elementos básicos

tais como, agentes terapêuticos, agentes abrasivos, detergentes, conservantes, aromatizantes, adoçantes, espessantes/aglutinantes, humectantes e água (Tabela 1) (Cury, 2002).

Tabela 1 - Composição básica de um dentífrico em percentagem (%) (Cury, 2002).

Componentes	Percentagem (% em massa)
Agentes Abrasivos	20 - 50 %
Humectantes	20 - 40 %
Água (H ₂ O)	20 - 35 %
Ligantes	1 - 2 %
Detergente	1 - 3 %
Aromatizante	1 - 2 %
Conservantes	0.05 - 0.5 %
Agentes Terapêuticos	0.4 - 1.0 %

3.2.1.1 Princípio Activo (agentes terapêuticos)

A. Agentes Anticariogénicos

O flúor é considerado uma das substâncias terapêuticas mais importantes introduzidas nos dentífricos, visto que é incorporado directamente na placa bacteriana e no esmalte desmineralizado. A utilização de um dentífrico fluoretado implica um aumento dos níveis de flúor na saliva entre 100 a 1000 vezes no momento de escovagem, regressando aos níveis basais em 1-2 horas. Assim, é fundamental a higienização diária com estes dentífricos afim de aumentar a concentração ambiental de fluoretos na placa e saliva (Sala & García, 2013).

O flúor pode ser incorporado nos dentífricos sobre diferentes formas, sendo as principais: fluoreto de sódio (NaF), monofluorofosfato de sódio (MFP) e fluoreto de estanho (SnF₂) (Davies *et al.*, 2010). Segundo a *American Dental Association* (ADA), apenas as formas de flúor indicadas anteriormente podem ser utilizadas nas formulações comerciais em dentífricos (Commission, 2003).

De acordo com a norma ISO 11609 (2010), a concentração máxima de flúor total autorizada em produtos de higiene oral comerciais está limitada a 0,15% (1500

ppm) e a concentração de flúor total presente numa unidade, não deve exceder as 300 mg.

B. Agentes Antibacterianos

Estas substâncias podem ser introduzidas nas formulações dos dentífricos com a finalidade de prevenir a adesão do biofilme às superfícies dentárias, influenciar a proliferação bacteriana e eliminar ou alterar a patogenicidade da placa bacteriana previamente estabelecida. Para tal, estes elementos devem apresentar determinadas características tais como, substantividade, baixa toxicidade, amplo espectro antimicrobiano e biocompatibilidade com os restantes componentes dos produtos de higiene oral (Davies *et al.*, 2010).

Alguns exemplos de agentes antibacterianos são, o triclosan e a clorohexidina.

C. Agentes Antitártaros

Estes agentes são responsáveis pela redução da formação de tártaro, uma vez que interferem no seu processo de formação (Cury, 2002). Os agentes antitártaro geralmente encontrados nos dentífricos são, o pirofosfato, o zinco e o gantrez (Davies *et al.*, 2010; Magalhães *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2012). Estes elementos para além de promoverem a redução da formação de tártaro, podem apresentar outras propriedades importantes nomeadamente, branqueadoras e antibacterianas (T. Schiff, Saletta, Baker, He, & Winston, 2005).

D. Agentes Dessensibilizantes

Estes agentes são responsáveis pela redução da sensibilidade dentária e actuam como coadjuvantes aos procedimentos preventivos e terapêuticos (Magalhães *et al.*, 2011). Exemplos de agentes dessensibilizantes são, o nitrato de potássio, o hidróxido de cálcio, arginina, citrato de potássio, cloreto de sódio e cloreto de estrôncio (Martins *et al.*, 2012).

E. Agentes Branqueadores

A pigmentação das superfícies dentárias pode ter duas origens distintas: origem intrínseca (ex: traumatismo, tratamento endodôntico) ou extrínseca (ex: café, vinho,

tabaco). Os agentes branqueadores geralmente incorporados nas formulações dos dentífricos são, os agentes mecânicos (abrasivos) e os agentes químicos (pirofosfatos), que permitem apenas a eliminação de pigmentação de origem extrínseca (Magalhães *et al.*, 2011).

3.1.2 Abrasivos

Os agentes abrasivos são responsáveis pela remoção da placa bacteriana e da pigmentação extrínseca presente nas superfícies dentárias. Adicionalmente, promove ainda o polimento dentário (Magalhães *et al.*, 2011).

Embora sejam elementos essenciais na composição dos dentífricos, os abrasivos apresentam como desvantagem o desgaste da estrutura dentária (Cury, 2002). Alguns exemplos dos agentes abrasivos mais comuns e que podemos encontrar nos dentífricos são: fosfato de cálcio, carbonato de cálcio, sílica hidratada, pirofosfatos de cálcio, bicarbonato de sódio, metafosfato de sódio insolúvel e perlita (Davies *et al.*, 2010; Magalhães *et al.*, 2011).

3.2.1.3 Detergentes

Estas substâncias são responsáveis por diminuir a tensão superficial do dentífrico, de forma a que este consiga penetrar nas fissuras, e adicionalmente ajudar a remover os resíduos da superfície dentária (Wilkins, 1989). Os detergentes mais comuns nos dentífricos são: o laurilsulfato de sódio e o cocoamidopropil betaína (Cury, 2002).

3.2.1.4 Corantes

Estes elementos são responsáveis por conferir cor e aparência ao dentífrico (Tinoco, 2012).

3.2.1.5 Conservantes

Estas substâncias são incorporadas na formulação dos dentífricos para evitar a contaminação dos mesmos por bactérias ou fungos. Os benzoatos, os formaldeídos e os parabenos são alguns exemplos de conservantes que podem ser encontrados nas formulações dos dentífricos (Cury, 2002).

3.2.1.6 Aromatizantes

Fazem parte da composição da maioria dos dentífricos para conferir sabor aos mesmos, promovendo um efeito refrescante que pode permanecer após a escovagem dentária (Wilkins, 1989). Os aromatizantes mais fáceis de encontrar nos dentífricos são: mentol, eucaliptol e hortelã (Martins *et al.*, 2012).

3.2.1.7 Adoçantes

A adição dos adoçantes aos dentífricos tem como objectivo eliminar o gosto amargo dos detergentes, e camuflar o sabor dos princípios activos. A sacarina sódica e o sorbitol são os dois adoçantes mais comuns nos dentífricos (Wilkins, 1989).

3.2.1.8 Aglutinantes e Espessantes

Estas substâncias têm como função impedir a separação dos componentes sólidos e líquidos dos dentífricos, e desta forma, conferem viscosidade e estabilidade adequada ao produto (Storehagen, 2003). A carboximetilcelulose, a metilcelulose, a goma de xantana e a carragenina são alguns exemplos dos aglutinantes e espessantes presentes na composição dos dentífricos (Martins *et al.*, 2012).

3.2.1.9 Humectantes

Estas substâncias têm a capacidade de reter a humidade dos dentífricos, e consequentemente impedem a secagem rápida do mesmo (Cury, 2002). Os humectantes mais comuns encontrados nos dentífricos são o glicerol, o sorbitol e o polietilenoglicol (Magalhães *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2012).

3.2.1.10 Água

É considerada um solvente, visto que mantém o dentífrico fluído, e adicionalmente solubiliza outros constituintes dos dentífricos (ex: flúor e corantes) (Storehagen, 2003).

3.2.2 Acção do flúor na corrosão

Embora os benefícios dos agentes profilácticos fluoretados estejam mais que descritos na literatura, estes produtos acabam por ter consequências que se reflectem no tratamento ortodôntico, em particular na corrosão dos dispositivos ortodônticos (Couto, 2016).

As ligas de cromo-cobalto, aço inoxidável e titânio, são considerados materiais estáveis, biocompatíveis e extremamente resistentes à corrosão metálica. Contudo, podem ser degradados quando expostos a um ambiente ácido-fluoretado (N. Schiff *et al.*, 2002). Diversos autores reportaram que em ambientes ácidos e na presença de iões fluoretados verifica-se uma diminuição da resistência à corrosão de determinados metais e como tal, estes tornam-se mais susceptíveis ao processo corrosivo (N. Schiff *et al.*, 2002; Toumelin-Chemla *et al.*, 1996).

Segundo Toumelin-Chemla *et al.*, em 1996, o pH dos agentes fluoretados é considerado um factor crucial na ruptura da camada protectora dos óxidos que resulta na corrosão do metal. Geralmente o pH dos produtos fluoretados situa-se entre 3.2 e 7.7, embora os produtos com um pH mais baixo (preparações acídicas) conduzam mais rapidamente à formação de ácido fluorídrico.

A reacção entre os iões F^- , que geralmente se encontram nos produtos profilácticos sob a forma de fluoreto de sódio (NaF), e os iões de hidrogénio (H^+) na presença de um meio ácido é dada pela seguinte equação (equação 6) (Walker, Ries, Kula, Ellis, & Fricke, 2007):



Deste modo, sendo o meio ácido (pH baixo) e caso se verifique uma quantidade significativa de iões F^- no meio, formar-se-á ácido fluorídrico (HF) que pode provocar a dissolução do filme protector do metal, danificar as suas propriedades mecânicas e desencadear o processo de corrosão (Walker *et al.*, 2005).

A dissolução da camada de óxidos do aço inoxidável, essencialmente constituída por dióxido de crómio (Cr_2O_3) é dada através da equação 7. Desta reacção resulta a formação de fluoreto de crómio (CrF_3) que vai desencadear a ruptura da camada protectora de óxidos (Walker *et al.*, 2007).



No que concerne à camada de óxidos do titânio, essencialmente constituída por dióxido de titânio (TiO₂), a sua dissolução é dada através das equações 8 e 9. Estas reacções resultam na formação de complexos, tais como tetrafluoreto de titânio (TiF₄) e oxifluoreto de titânio (TiOF₂), que por sua vez são responsáveis pela ruptura da camada protectora de óxidos (Boere, 1995; Toumelin-Chemla *et al.*, 1996).



Na prescrição do dentífrico que melhor se adequa à situação clínica do paciente, é fundamental que o ortodontista tenha em consideração diversos factores, tais como a concentração de flúor, quantidade de dentífrico, idade e risco cariogénico do paciente (Davies *et al.*, 2010; Magalhães *et al.*, 2011).

4. Efeitos nocivos da corrosão metálica no paciente ortodôntico

A biodegradação dos materiais metálicos aplicados em Medicina Dentária, e em particular em Ortodontia, tem recebido ao longo do tempo uma atenção especial por parte dos clínicos, relativamente a dois aspectos essenciais: (1) se os produtos resultantes desta biodegradação podem ser absorvidos pelo organismo e conseqüentemente, poderem provocar reacções adversas locais e/ou sistémicas (2) quais os efeitos que possam provocar nas propriedades físicas e mecânicas dos dispositivos ortodônticos (House *et al.*, 2008).

4.1. Implicações na Saúde

Os produtos de corrosão mais importantes provenientes das ligas de aço inoxidável são o ferro (Fe), o níquel (Ni) e o crómio (Cr) (Amini, Farahani, Jafari, & Rabbani, 2008; Eliades & Athanasiou, 2002), e das ligas de níquel-titânio (NiTi) são o titânio (Ti) e o níquel (Ni). No entanto, o níquel e o crómio têm recebido maior atenção devido aos efeitos adversos que podem desencadear (Amini *et al.*, 2008).

O níquel e o crómio têm a capacidade de provocar reacções de hipersensibilidade, dermatite e asma (Bishara, Barrett, & Selim, 1993). O primeiro é o alergénio que tem demonstrado ser a causa mais comum de dermatite de contacto (10% da população) sendo que, tem a capacidade de desencadear mais reacções alérgicas do

que todos os restantes metais utilizados em Ortodontia (Bass, Fine, & Cisneros, 1993; Kolokitha & Chatzistavrou, 2008). O crómio também pode desencadear reacções de hipersensibilidade e como tal, é considerado a segunda causa de dermatite de contacto (8% da população) (Park & Shearer, 1983; Wataha, 2000). Adicionalmente, estes metais podem ter efeitos carcinogénicos, mutagénicos e citotóxicos (Bishara *et al.*, 1993; Menezes, Freitas, & Gonçalves, 2009).

Têm sido relatados vários casos de alergias localizadas atribuídas a dispositivos ortodônticos contendo níquel. Destas reacções podem destacar-se as intra e extra-orais sendo que, as últimas são as que ocorrem com maior frequência (Schuster, Reichle, Bauer, & Schopf, 2004). As reacções como edema, sensação de queimadura, vermelhidão, prurido, inflamação gengival, secura dos lábios e da mucosa oral estão associadas a reacções intra-orais (relacionadas com os dispositivos introduzidos no interior da cavidade oral) (Dunlap, Vincent, & Barker, 1989; Schuster *et al.*, 2004). As reacções como urticária e irritação da pele são consideradas reacções associadas às partes metálicas dos dispositivos extra-orais (Menezes *et al.*, 2009).

Os sinais clínicos de hipersensibilidade ao níquel são fáceis de diagnosticar e é fundamental que os dispositivos intra e extra-orais, contendo níquel, sejam imediatamente removidos após o desenvolvimento de manifestações tais como edema ou erupções cutâneas, na derme ou na mucosa (Eliades & Athanasiou, 2002).

Em pacientes que apresentem um historial de hipersensibilidade ao níquel, é recomendado a utilização de dispositivos alternativos que não contenham níquel (níquel-*free*), tais como *brackets* de titânio, policarbonato, cerâmica, ou banhados a ouro (Eliades & Athanasiou, 2002; Menezes & Quintão, 2010).

É ainda importante salientar que o uso de *brackets* reciclados não é recomendado, uma vez que de acordo com um estudo de Huang, Yen, e Kao (2001), estes *brackets* apresentam uma maior libertação de iões metálicos para a cavidade oral quando comparados com *brackets* novos.

4.2. Implicações Clínicas/Mecânicas

Os efeitos da corrosão na aparatologia ortodôntica tem suscitado bastante interesse entre os médicos dentistas, visto poder ter sérias implicações clínicas relativamente à fricção entre os dispositivos ortodônticos (Kao & Huang, 2010).

A mecânica da aparatologia fixa compreende estádios, nos quais o movimento dentário é feito através do deslize do *arco* ao longo dos *brackets* ortodônticos (N. Schiff *et al.*, 2005). Durante este movimento ocorre fricção ou atrito no interface *bracket*-arco, que por sua vez é um fenómeno que afecta a eficácia clínica dos dispositivos ortodônticos. Durante o deslizamento do arco no *bracket* gera-se uma força oposta a este movimento, a força de atrito. Esta, por sua vez pode ser influenciada por diversos factores tais como as diferentes combinações arco-*bracket* (ex: material, morfologia, tamanho e angulação), influência da ligação (ex: material e força de contacto) e interacção dos dispositivos com o meio circundante (ex: distância inter *brackets* e fluídos orais) (Chaturvedi & Upadhayay, 2010).

Macroscopicamente, a corrosão metálica caracteriza-se pela rugosidade na superfície dos materiais associada à deposição dos produtos de corrosão sobre a mesma. Visto que a corrosão metálica é um processo contínuo e os seus efeitos são cumulativos é de esperar que se verifique um aumento da rugosidade e/ou a acumulação dos produtos na *slot* do *bracket* (Fraunhofer, 1997). Segundo o mesmo autor, a rugosidade na *slot* dos *brackets* proveniente da corrosão pode aumentar a força de atrito (ou fricção) entre o *bracket* e o arco e, por conseguinte, afectar a mecânica do deslizamento e a progressão do tratamento ortodôntico (Fraunhofer, 1997; Luft, Keilig, Jäger, & Bourauel, 2009). Também Kao & Huang (2010) afirmam que a rugosidade da superfície pode influenciar a fricção.

Em 2002, Eliades e Athanasiou afirmaram que outra implicação clínica proveniente da corrosão metálica é a descoloração do esmalte dentário em torno *dos brackets*, decorrente da absorção dos produtos de corrosão pelo mesmo. Esta consequência, quando severa, pode ser observada a olho nú.

Com a finalidade de conseguir uma melhor compreensão sobre as alterações estruturais dos *brackets* metálicos na cavidade oral durante o tratamento ortodôntico, o presente estudo teve como objectivo avaliar a acção da escovagem mecânica e de quatro dentífricos diferentes na degradação química e alteração morfológica da superfície de *brackets* metálicos num ambiente oral simulado durante 31 dias.

II. Objectivo

O objectivo do presente estudo é:

Avaliar o efeito da escovagem mecânica e de quatro dentífricos diferentes na degradação química e alteração morfológica, por corrosão, da superfície da *slot* de *brackets* metálicos.

III. Hipóteses de Estudo

1. Avaliação da degradação química dos *brackets* sujeitos à acção dos diferentes dentífricos:

Hipótese Nula: Não há degradação química.

Hipótese Alternativa: Há degradação química.

2. Avaliação da alteração morfológica da superfície da *slot* dos *brackets* metálicos sujeitos à acção dos diferentes dentífricos:

Hipótese Nula: Não há alterações morfológicas da superfície da *slot* dos *brackets*.

Hipótese Alternativa: Há alterações morfológicas da superfície da *slot* dos *brackets*.

IV. Materiais e Métodos

1. Amostra

1.1. Caracterização da Amostra

1.1.1 Brackets Metálicos

A amostra do presente estudo é constituída por 50 *brackets* de aço inoxidável, prescrição Edgewise/Ricketts, *slot* 0.22” x 0.28”, da marca comercial Morelli Ortodontia® (Sorocaba, Brasil), referência no catálogo: 10.30.208 (Figura 12).



Figura 12 - Embalagens contendo os brackets metálicos.

1.1.2 Arcos Ortodônticos

Utilizaram-se arcos ortodônticos *Morest Standard* CrNi, de secção rectangular, de aço inoxidável 0.019” x 0.025” da marca comercial Morelli Ortodontia® (Sorocaba, Brasil), referência no catálogo: 55.03.014 (Figura 13).



Figura 13 - Arcos ortodônticos Morest Standard CrNi.

1.1.3 Elásticos Ortodônticos

Neste estudo *in vitro* utilizaram-se elásticos ortodônticos para ligadura - módulos sortidos da marca comercial Morelli Ortodontia[®] (Sorocaba, Brasil), referência no catálogo: 60.06.118 (Figura 14).



Figura 14 - Elásticos ortodônticos utilizados no presente estudo.

1.1.4 Dentífricos

No estudo *in vitro* foram utilizados quatro dentífricos diferentes da gama Sensodyne[®]: Sensodyne[®]Rapid, Sensodyne[®]Repair&Protect, Sensodyne[®]Branqueadora e Sensodyne[®]Protecção Diária (Figura 15). A composição química dos diversos dentífricos apresenta-se na Tabela 2.



Figura 15 - Dentífricos utilizados no presente estudo.

Tabela 2 - Composição química dos dentífricos e a respectiva marca comercial.

Marca Comercial	Composição Química
<i>Sensodyne® Rapid</i>	Água, Sorbitol, Sílica hidratada, Acetato de estrôncio, Glicerina, Metil cocoil taurato de sódio, Goma xantana, Aroma, Dióxido de Titânio, Sacarina sódica, Limoneno, Metilparabeno, Propilparabeno. Fluoreto de Sódio (1040 ppm de flúor)
<i>Sensodyne® Repair&Protect</i>	Glicerina, PEG-8, Sílica hidratada, Fosfosilicato de sódio e cálcio (Novamin), Cocamidopropil betaína, Aroma, Dióxido de Titânio, Carbómero, Sacarina sódica, Metil cocoil taurato de sódio, Limoneno. Fluoreto de Sódio (1426 ppm de flúor)
<i>Sensodyne® Branqueadora</i>	Água, Sílica hidratada, Sorbitol, Glicerina, PEG-6, Aroma, Dióxido de Titânio, Nitrato de potássio, Sacarina sódica, Cocamidopropil betaína, Metil cocoil taurato de sódio, Goma xantana, Hidróxido de sódio, Trifosfato pentassódico. Fluoreto de Sódio (1400 ppm de flúor)
<i>Sensodyne® Proteção Diária</i>	Água, Sorbitol, Sílica hidratada, Glicerina, Cocamidopropil betaína, Aroma, Dióxido de Titânio, Goma xantana, Hidróxido de sódio, Sacarina sódica, Sucralose, Limoneno. Fluoreto de Sódio (1450 ppm de flúor) Nitrato de Potássio 5% p/p

1.1.5 Saliva Artificial

No presente estudo, foi necessário a utilização de 2 litros de saliva artificial que teve como base a saliva artificial de Fusayama. A constituição da saliva utilizada apresenta-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição da saliva artificial.

Reagentes	Massa (g/L)
Na ₂ S 9.H ₂ O	0,005
NaCl	0,40
KCl	0,40
Na ₂ HPO ₄	0,14
NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O	0,39
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,906
Ureia	1
Água Destilada	1000 mL
pH 6.3 - 6.4	

1.2. Distribuição da Amostra

Os 50 *brackets* metálicos constituintes da amostra do estudo *in vitro* foram divididos aleatoriamente em 2 grupos: 1) um grupo que foi sujeito ao tratamento de superfície com diferentes dentífricos (grupo tratado) constituído por 40 *brackets*; 2) um grupo que não foi tratado com dentífricos (grupo não tratado) constituído por 10 *brackets*.

Os 40 *brackets* pertencentes ao grupo tratado foram divididos em 4 grupos de 10 *brackets* cada. Em seguida, os 10 *brackets* pertencentes ao grupo não tratado (grupo de controlo) foram também divididos em 2 grupos (amostra sem tratamento e grupo de controlo negativo) de 5 *brackets* cada (Tabela 4).

Tabela 4 - Distribuição dos grupos de estudo de acordo com a amostra, marca comercial, tratamento a efectuar, tempo e duração do mesmo.

Grupo	Amostra	Tratamento	Tempo de tratamento	Duração do estudo	Marca Comercial
Amostra sem tratamento	n = 5	Sem Tratamento Imersão em saliva artificial	—	31 Dias	—
Controlo Negativo	n = 5	Escovagem mecânica sem dentífrico Imersão em saliva artificial	20 Segundos	31 Dias	—
D1	n = 10	Escovagem mecânica com dentífrico D1 Imersão em saliva artificial	20 Segundos	31 Dias	<i>Sensodyne® Rapid</i>
D2	n = 10	Escovagem mecânica com dentífrico D2 Imersão em saliva artificial	20 Segundos	31 Dias	<i>Sensodyne® Repair&Protect</i>
D3	n = 10	Escovagem mecânica com dentífrico D3 Imersão em saliva artificial	20 Segundos	31 Dias	<i>Sensodyne® Branqueadora</i>
D4	n = 10	Escovagem mecânica com dentífrico D4 Imersão em saliva artificial	20 Segundos	31 Dias	<i>Sensodyne® Protecção Diária</i>

Para tal, os *brackets* metálicos foram numerados de 1 a 50 e em seguida, a distribuição da amostra foi realizada com recurso a um gerador de sequências aleatórias *online* através do *site Random.ORG*. O site foi consultado no dia 12 de Março de 2017 às 17:55 (<https://www.random.org/sequences/?min=1&max=50&col=5&format=html&rnd=new>).

Neste processo foi utilizado o seguinte método:

1. Definiu-se a quantidade de números e o intervalo a sortear, no qual se estabeleceu um valor mínimo de 1 e um valor máximo de 50 (Figura 16);
2. Definiu-se o número de colunas de sequências a obter, estipulando-se um valor de 5 colunas (Figura 16);
3. Efectuou-se o sorteio seleccionando o botão “*Get Sequence*”;
4. Obteve-se cinco sequências constituídas por 10 números (Figura 17);
5. Definiu-se a **primeira coluna** como sendo o grupo **D1** (n=10);
6. Definiu-se a **segunda coluna** como sendo o grupo **D2** (n=10);
7. Definiu-se a **terceira coluna** como sendo o grupo **D3** (n=10);
8. Definiu-se a **quarta coluna** como sendo o grupo **D4** (n=10);
9. Definiu-se a **quinta coluna** como sendo o grupo não tratado com dentífricos (n=10), em que os cinco primeiros números da sequência foram atribuídos à **amostra sem tratamento** (n=5) e os cinco últimos números da sequência constituíram o **controlo negativo** (n=5);

Os arcos e os elásticos ortodônticos foram igualmente seleccionados e distribuídos aleatoriamente através do procedimento descrito anteriormente.

The screenshot shows the Random.ORG website interface. The main heading is 'RANDOM.ORG True Random Number Service'. Below it, there's a section titled 'Random Sequence Generator'. The form contains the following fields:

- Smallest value:** 1 (limit -1,000,000,000)
- Largest value:** 50 (limit +1,000,000,000)
- Format in:** 5 column(s)

A red box highlights the 'Part 1: Sequence Boundaries' section of the form.

Figura 16 - Distribuição aleatória online da amostra (Fonte: Random.ORG).

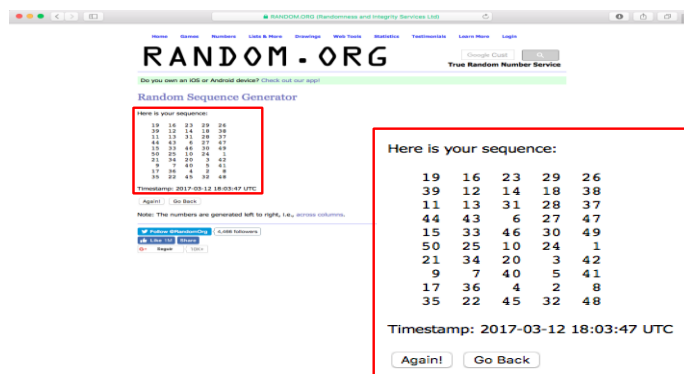


Figura 17 - Resultado da distribuição aleatória online da amostra (Fonte: Random.ORG).

2. Protocolo

2.1. Inspeção dos *brackets* ortodônticos

Os *brackets* metálicos foram inspecionados através do estereomicroscópio Leica MZ6 e fotografados através da câmara digital Leica DFC290 HD. Esta análise teve como objectivo a detecção de alterações morfológicas da superfície, tais como sulcos, riscos, rugosidades e manchas, ou sinais de corrosão/deterioração prévios. Para tal, todos os *brackets* foram analisados individualmente, no mesmo dia, e pelo mesmo observador com recurso à lupa electrónica e a uma fonte de luz do próprio aparelho. (Figura 18).



Figura 18 - Estereomicroscópio Leica MZ6.

2.2. Avaliação Inicial (T_0)

Numa primeira fase (T_0) foi realizada a análise inicial da superfície dos *brackets* metálicos através da imagem de Microscopia Electrónica de Varrimento (SEM) formada a partir de electrões secundários (Figura 19). A análise química elementar

Estudo in vitro: Avaliação da degradação química e corrosão da superfície de brackets metálicos quando submetidos a diferentes dentífricos

inicial dos *brackets* realizou-se através da Microscopia Electrónica de Varrimento (SEM) acoplado a um detector de Raios-X (EDS) (Figura 20).

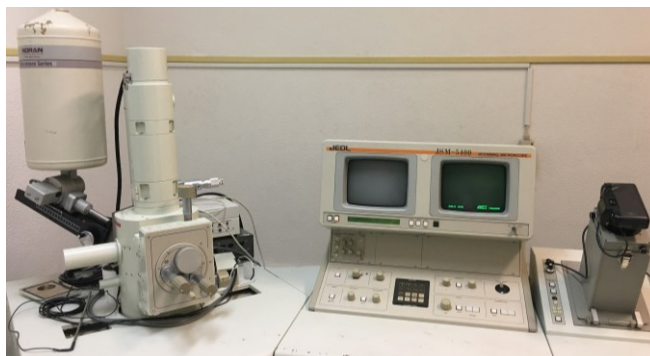


Figura 19 - Microscópio Eletrónico de Varrimento (SEM) JEOL JSM -5400.

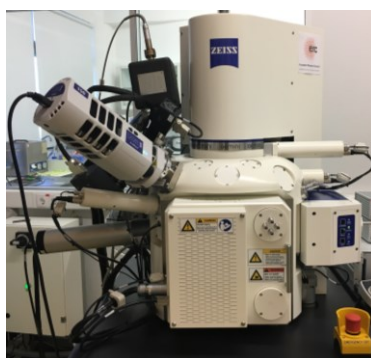


Figura 20 - Microscópio Eletrónico de Varrimento (SEM) Zeiss Auriga.

Avaliação da composição química dos *brackets* por EDS: Foram seleccionados 3 pontos da superfície dos *brackets* para a obtenção das concentrações de Níquel (Ni), Crómio (Cr) e Ferro (Fe) (Figura 21). As concentrações obtidas, de seguida, foram analisadas através do *software* de análise estatística e a concentração representativa de cada grupo consistiu na média dos valores obtidos anteriormente.

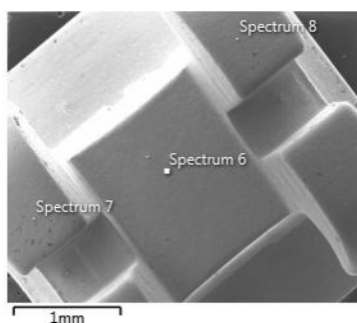


Figura 21 - Pontos seleccionados da superfície do bracket para análise EDS.

Avaliação da morfologia da superfície dos *brackets* por SEM: As alterações de superfície da *slot* dos *brackets* metálicos foram analisadas de acordo com critérios estabelecidos previamente (Tabela 5) que permitiram caracterizar as superfícies das peças e identificar possíveis alterações morfológicas das mesmas pelo processo de corrosão.

Tabela 5 - Critérios de avaliação das alterações de superfície dos *brackets* metálicos (Assad-Loss *et al.*, 2008).

Classificação	Características
A	Presença de sulcos
B	Aspecto mosqueado ou pintalgado
C	Presença de depressões, poros ou grãos em $\leq 1/3$ da superfície analisada
D	Presença de depressões, poros ou grãos em $1/3$ a $2/3$ da superfície analisada
E	Presença de depressões, poros ou grãos em $> 2/3$ da superfície analisada
F	Presença de um aspecto em “favo de mel”
G	Presença de indentações

Deste modo, cada característica (A ao G) representa 1 ponto, o que significa que cada *bracket* analisado pode obter um valor entre 0 (sem alterações de superfície) e 7 (apresenta todas as alterações de superfície). Os *brackets* de todos os grupos foram analisados individualmente, pontuados de acordo com os critérios estabelecidos e posteriormente, foram analisadas através do *software* de análise estatística. A média dos valores obtidos entre os *brackets* de cada grupo (D1, D2, D3, D4, amostra sem tratamento e controlo negativo), foi considerado o valor representativo do respectivo grupo.

Os grupos que apresentaram o maior número de características foram considerados os menos polidos, enquanto que os grupos que apresentaram o menor número foram considerados os mais polidos.

2.3. Simulação da aparatologia ortodôntica

Para realizar este estudo, foi necessário simular a aparatologia ortodôntica, que é constituída por *brackets* metálicos, arcos e elásticos ortodônticos. Para tal, procedeu-se à montagem de 6 aparelhos (4 Grupos tratados e 2 grupos não tratados) (Figura 22).

Aparelhos ortodônticos dos grupos tratados: cada aparelho é constituído por 10 *brackets* metálicos que foram fixados ao arco através dos elásticos.

Aparelhos ortodônticos dos grupos não tratados: cada aparelho é constituído por 5 *brackets* metálicos que foram fixados ao arco através dos elásticos.

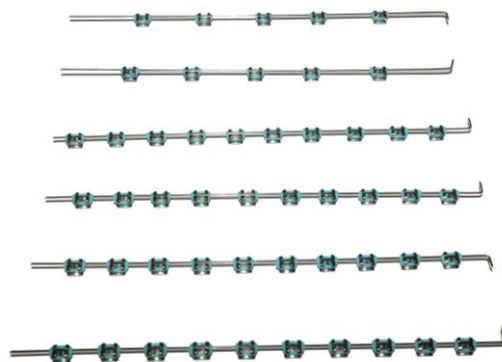


Figura 22 - Aparelhos ortodônticos dos grupos tratados e não tratados.

2.4. Procedimento experimental

Na segunda etapa do estudo *in vitro*, imediatamente após a análise inicial (T_0), os grupos tratados ($n=40$), que se encontravam imersos em saliva artificial, foram sujeitos a 93 ciclos de escovagem com os diferentes dentífricos dentro de cada grupo (3 escovagens por dia, durante 31 dias).

Tabela 6 - Distribuição dos grupos segundo a marca comercial.

Grupo	Amostra	Marca Comercial
D1	n = 10	Sensodyne® Rapid
D2	n = 10	Sensodyne® Repair&Protect
D3	n = 10	Sensodyne® Branqueadora
D4	n = 10	Sensodyne® Protecção Diária

Este procedimento consistiu em colocar uma quantidade *standard* de pasta dentífrica na escova de dentes eléctrica (Figura 23) e em seguida, procedeu-se à escovagem individual dos *brackets* durante 20 segundos. A escovagem mecânica foi realizada sempre pelo mesmo observador, através da técnica de escovagem de Bass e com recurso à escova de dentes eléctrica *Oral-B Advance Power*® (Figura 24).



Figura 23 - Quantidade standard de dentífrico utilizada no estudo.

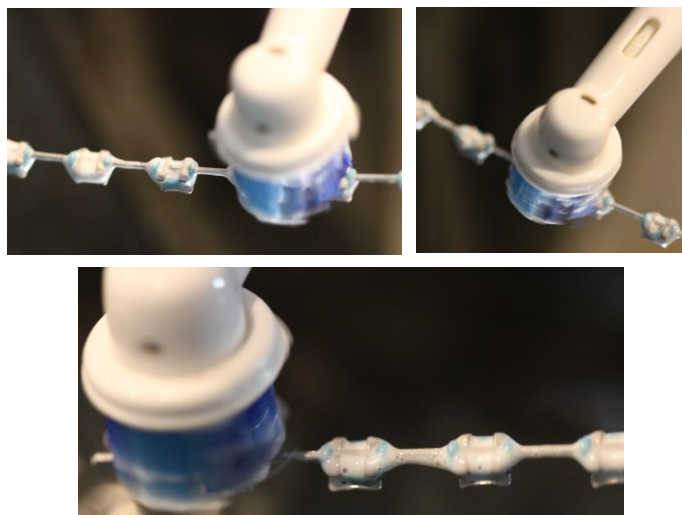


Figura 24 - Escovagem dos brackets com a escova eléctrica.

Após a escovagem, os *brackets* foram lavados com recurso a uma seringa com 20 mL de água destilada durante 20 segundos (Figura 25 e 26), e de seguida, os aparelhos ortodônticos simulados foram novamente imersos no respectivo tubo de ensaio com 15 mL de saliva artificial.

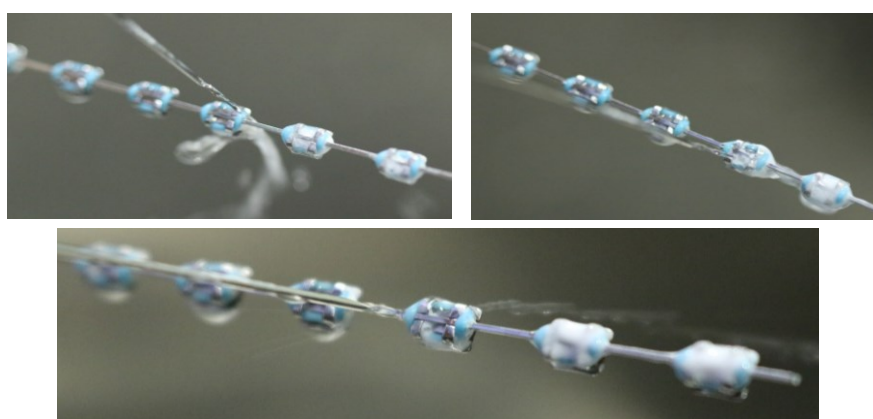


Figura 25 - Lavagem dos brackets metálicos.



Figura 26 - Seringa de 20 mL de água destilada.

O grupo da amostra sem tratamento (n=5), que esteve imerso em saliva artificial, não foi sujeito a qualquer tipo de tratamento, e como tal, permaneceu intacto no tubo de ensaio.

O grupo de controlo negativo (n=5), que esteve imerso num tubo de ensaio com 15 mL de saliva artificial, foi sujeito a 93 ciclos de escovagem mecânica sem dentífrico. Os *brackets* deste último grupo foram lavados diariamente, com recurso a uma seringa com 20 mL de água destilada durante 20 segundos.

Os 6 tubos de ensaio foram armazenados num suporte para tubos de ensaio (Figura 27) numa estufa sob a temperatura constante de 37°C, temperatura semelhante à da cavidade oral.



Figura 27 - Suporte com os tubos de ensaio dos grupos tratados e não tratados.

Este procedimento foi realizado diariamente, durante 31 dias, o que correspondeu a 93 ciclos de escovagem. A saliva artificial presente nos tubos de ensaio dos 4 grupos tratados (D1, D2, D3 e D4), do grupo de controlo negativo e da amostra sem tratamento, foi substituída diariamente antes da realização do primeiro ciclo de escovagem, de forma a prevenir a proliferação e contaminação bacteriana.

2.5. Avaliação Final (T₁)

Após a realização dos 93 ciclos de escovagem, os aparelhos ortodônticos simulados foram removidos dos tubos de ensaio e foram lavados com recurso a uma seringa de 20 mL de água destilada, durante 20 segundos. Em seguida, procedeu-se à remoção cuidadosa dos elásticos e dos *brackets* dos arcos ortodônticos com recurso a uma sonda.

Nesta etapa do estudo *in vitro* (T₁) foi realizada a análise final da superfície dos *brackets* metálicos através da Microscopia Electrónica de Varrimento (SEM) com electrões secundários e a análise química elementar final dos *brackets* através da Microscopia Electrónica de Varrimento (SEM) acoplada a um detector de Raios-X (EDS).

3. Análise Estatística

A análise estatística foi efectuada com o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 24.0 para *Windows* (SPSS 24.0, IBM SPSS) e com o programa *Microsoft Excel* 2013 para *Windows* 10. Esta análise envolveu medidas de estatística descritiva (frequências absolutas e relativas) e estatística inferencial.

A aceitação ou a rejeição da hipótese nula foi estipulada com base num nível de significância $(p) \leq 0,05$.

Para avaliar as **diferenças entre os valores dos diversos grupos** recorreu-se ao teste de *Kruskal-Wallis* para amostras independentes, uma vez que se trata de uma comparação entre três ou mais grupos. Como as variáveis a serem estudadas, apesar de serem quantitativas, não cumpriam os pressupostos de normalidade e homogeneidade, recorreu-se a este teste visto que é considerado uma alternativa não paramétrica ao teste ANOVA.

Para testar as **diferenças entre a avaliação inicial (T₀) e a final (T₁)** foi efectuado o teste *T de Student* para amostras emparelhadas, uma vez que permite a comparação de médias entre duas amostras emparelhadas com o intuito de verificar se existem diferenças significativas entre elas. Como algumas variáveis a serem estudadas cumpriam os pressupostos de normalidade e homogeneidade, foi possível a utilização deste teste. Nas situações em que o pressuposto de normalidade não se encontrava satisfeito utilizou-se a sua alternativa não paramétrica, o teste de *Wilcoxon* para duas amostras emparelhadas.

A análise do pressuposto de normalidade de distribuição das variáveis pode ser realizada através de testes não paramétricos: *Kolmogorv-Smirnov* (KS) ou *Shapiro-Wilk* (SW). Nesta análise estatística, utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk* para avaliar a distribuição das variáveis uma vez que a amostra é pequena.

V. Resultados

1. Inspeção dos *brackets* ortodônticos

As superfícies dos *brackets* metálicos, quando observadas a olho nú, não apresentaram qualquer tipo de deterioração ou sinais de corrosão prévia e como tal, encontravam-se intactas e sem alterações superficiais.

Posteriormente, os *brackets* foram analisados através do estereomicroscópio Leica MZ6 e com base nas fotografias obtidas através da câmara digital Leica DFC290 HD foi possível identificar alterações superficiais em praticamente todos os *brackets*. Estas evidências encontravam-se essencialmente nas aletas (Figura 28), no entanto identificaram-se também alterações na *slot* de alguns *brackets* (Figura 29).

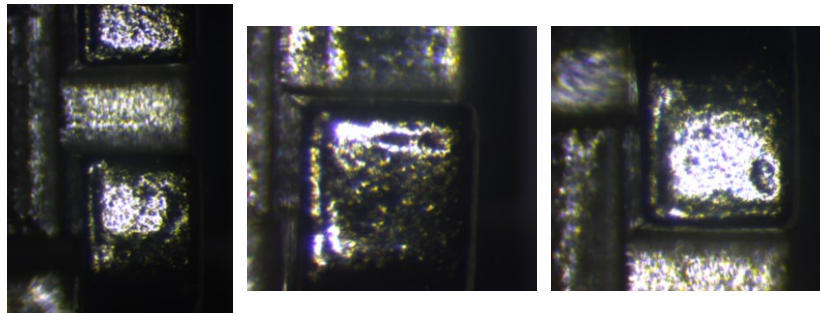


Figura 28 - Alterações superficiais encontradas nas aletas dos *brackets* metálicos.

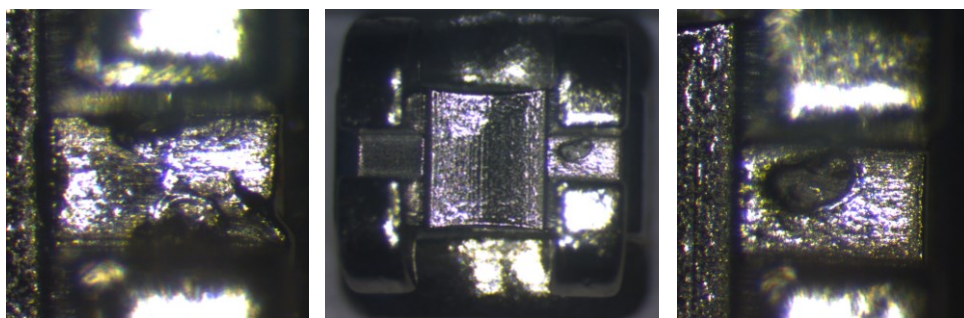


Figura 29 - Alterações superficiais encontradas nas *slots* dos *brackets* metálicos.

2. Avaliação da composição química dos *brackets* por EDS

Na tabela 7 estão descritas as médias e o desvio padrão das concentrações de Níquel (Ni), Crómio (Cr) e Ferro (Fe) dos *brackets* em T₀ e T₁. Os dados da análise química elementar inicial e final, em % de peso, dos *brackets* foi obtida através da Microscopia Electrónica de Varrimento (SEM) acoplada a um detector de Raios-X (EDS).

Tabela 7 - Média (M) e o respectivo desvio padrão (DP) da análise química elementar dos *brackets* em T₀ e T₁.

Grupo	Níquel (Ni)				Crómio (Cr)				Ferro (Fe)				
	T ₀		T ₁		T ₀ (*)		T ₁		T ₀		T ₁		
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	
D1	8.20	0.17	8.05	0.23	17.49	0.30	17.22	0.46	65.12	1.14	63.55	1.78	*
D2	8.16	0.25	7.92	0.60	17.36	0.17	17.24	1.24	64.79	0.99	62.95	4.73	
D3	8.17	0.22	8.08	0.21	17.28	0.31	17.43	0.34	64.67	1.31	64.84	1.09	
D4	8.08	0.46	8.01	0.46	17.20	0.71	17.13	0.91	64.21	3.23	63.71	3.15	
Amostr s/trat	8.19	0.15	7.94	0.63	17.62	0.48	17.37	0.50	64.72	1.82	64.46	2.41	
Controlo negativo	8.10	0.54	8.08	0.29	17.97	0.43	17.71	0.04	64.17	4.28	63.92	1.48	

* $p \leq .05$

2.1. Avaliação das diferenças entre os valores dos diversos grupos

- Avaliação Inicial (T₀)

A análise descritiva expressa na tabela 7 demonstra que na avaliação T₀ (antes de qualquer tipo de tratamento) existem já diferenças ao nível da concentração de crómio entre os vários grupos. Com recurso ao teste de *Kruskal-Wallis* verificou-se que estas diferenças são estatisticamente significativas, $\chi^2_{KW}(5) = 11.516$, $p = .042$ ($p < 0,05$) (tabela 8).

Tabela 8 - Teste estatístico *Kruskal-Wallis* (T₀).

Total N	50
Test Statistic	11,516
Degrees of Freedom	5
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,042

Foi também possível verificar que estas diferenças significativas encontravam-se entre o grupo de controlo negativo e o grupo D4, sendo que o grupo de controlo negativo apresentava níveis de crómio significativamente mais elevados.

Não se observaram diferenças significativas na avaliação inicial (T_0) ao nível da concentração de níquel e ferro, em % de peso, entre os vários grupos ($p > 0,05$).

- Avaliação Final (T_1)

Não se observaram diferenças significativas na avaliação final (T_1) ao nível da concentração de níquel, crómio e ferro, em % de peso, entre os vários grupos ($p > 0,05$).

2.2. Avaliação das diferenças entre T_0 e T_1

Utilizaram-se dois testes estatísticos, o teste *T de Student* e o teste de *Wilcoxon*, para amostras emparelhadas, com o objectivo de provar a existência ou não de diferenças significativas nos valores médios da concentração de níquel, crómio e ferro, em % de peso, entre a avaliação inicial (T_0) e final (T_1).

Deste modo, foi possível constatar que o dentífrico *Sensodyne® Rapid* provocou degradação química dos *brackets* do grupo D1, na medida em que concentração de ferro, em % de peso, sofreu um decréscimo estatisticamente significativo no momento T_1 , $T(9) = 2.944$, $p = .016$ ($p < 0,05$) (Tabela 9).

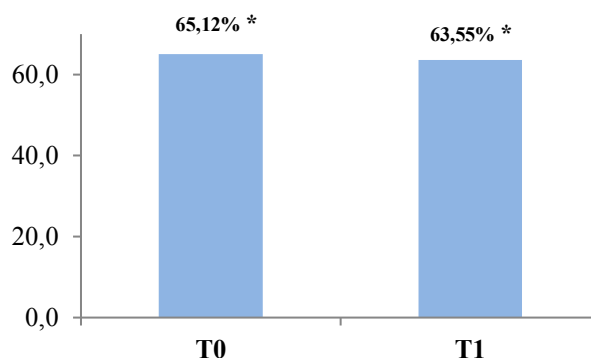
Tabela 9 - Teste T de Student.

Paired Samples Test					
		Paired Differences			
		95% Confidence Interval of the Difference			
Grupo		Lower	Upper	t	
D1	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1	,36342	2,77658	2,944	
D2	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1	-1,77816	5,44616	1,149	
D3	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1	-1,23017	,89017	-,363	
D4	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1	-2,45671	3,47271	,388	
S\ tratamento	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1	-2,13774	2,67374	,309	
Controlo	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1	-3,67204	4,16004	,173	

Paired Samples Test					
Grupo			df	Sig. (2-tailed)	
D1	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1		9	,016	
D2	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1		9	,280	
D3	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1		9	,725	
D4	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1		9	,707	
S\ tratamento	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1		4	,773	
Controlo	Pair 1 MédiaFerro_T0 - MédiaFerro_T1		4	,871	

No gráfico 1 pode ser observada a diferença significativa dos valores médios da concentração de ferro, em % de peso, no grupo D1 entre a avaliação inicial (T₀) e final (T₁).

Gráfico 1 - Comparação dos valores médios da concentração de ferro, em % de peso, no grupo D1 entre a avaliação inicial (T₀) e final (T₁).



A análise descritiva expressa na tabela 7 permite também identificar algumas diferenças na concentração de níquel, crómio e ferro, em % de peso, entre a avaliação inicial (T₀) e a final (T₁), nomeadamente:

- Decréscimo da concentração de níquel em todos os grupos observados entre T₀ e T₁.
- Decréscimo da concentração de crómio em todos os grupos excepto no grupo D3 entre T₀ e T₁.
- Aumento da concentração de crómio no grupo D3 entre T₀ e T₁.
- Decréscimo da concentração de ferro nos grupos D2, D4, amostra sem tratamento e controlo negativo entre T₀ e T₁.
- Aumento da concentração de ferro no grupo D3 entre T₀ e T₁.

Contudo, concluiu-se que estas diferenças na concentração de níquel, crómio e ferro, em % de peso, entre a avaliação inicial (T₀) e a final (T₁) não eram estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

3. Avaliação da morfologia da superfície dos *brackets* por SEM

As alterações de superfície da *slot* dos *brackets* metálicos foram analisadas de acordo com determinados critérios que permitiram caracterizar as superfícies das peças e identificar possíveis alterações morfológicas das mesmas pelo processo de corrosão.

Na tabela 10 estão representadas as médias e o desvio padrão do número de características presentes na *slot* dos *brackets* dos diversos grupos na avaliação inicial (T_0) e final (T_1).

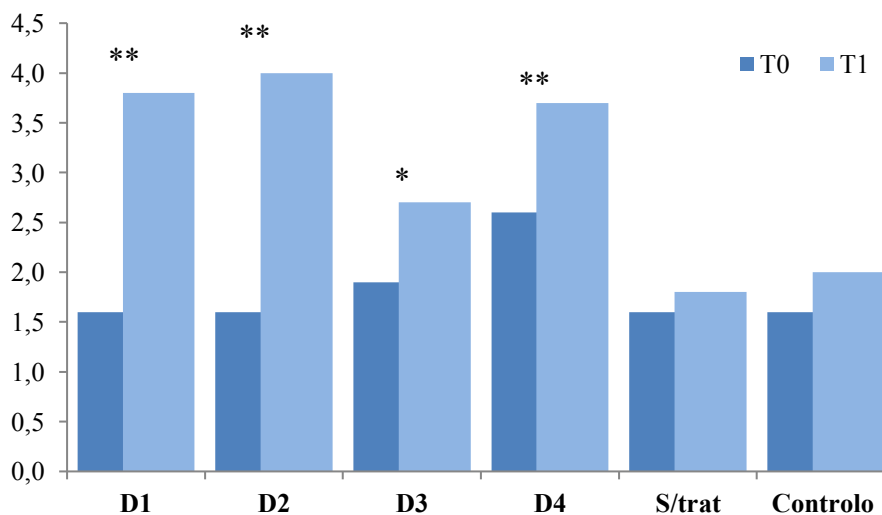
Tabela 10 - Média (M) e desvio padrão (DP) do número de características presentes na *slot* dos *brackets* em T_0 e T_1 .

Grupo	Número de características				
	T_0 (*)		T_1 (*)		
	M	DP	M	DP	
D1	1.60	.69	3.80	.63	**
D2	1.60	.51	4.00	.94	**
D3	1.90	.73	2.70	.67	*
D4	2.60	.51	3.70	.67	**
Amostra s/tratamento	1.60	.54	1.80	.44	
Controlo negativo	1.60	.54	2.00	.47	

* $p \leq .05$ ** $p \leq .01$

O gráfico 2 representa os valores médios do número de características na *slot* dos *brackets*, em cada um dos grupos em T_0 e T_1 .

Gráfico 2 - Valores médios do número de características na *slot* dos *brackets* na avaliação inicial (T_0) e final (T_1).



3.1. Avaliação das diferenças entre os valores dos diversos grupos

- Avaliação Inicial (T_0)

A análise descritiva apresentada na tabela 10 demonstra a existência de diferenças quanto ao número de características existentes na *slot* dos *brackets* entre os vários grupos (D1, D2, D3, D4, controlo negativo e amostra sem tratamento) na **avaliação inicial T_0** , na ausência de qualquer tipo de tratamento de superfície. Através da análise estatística dos dados obtidos, com recurso ao teste de *Kruskal-Wallis*, foi possível identificar diferenças significativas entre os diversos grupos $\chi^2_{KW}(5) = 14.507$, $p = .013$ ($p < 0,05$) (Tabela 11).

Tabela 11 - Teste estatístico Kruskal-Wallis (T_0).

Total N	50
Test Statistic	14,507
Degrees of Freedom	5
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,013

Também foi possível constatar que as diferenças significativas encontravam-se entre o grupo D4 e os restantes grupos (excepto o grupo D3), sendo que o grupo D4 revelou ser o grupo que apresentava maior número de características.

Os *brackets* dos grupos D1, D2, controlo negativo e amostra sem tratamento revelaram ser os mais polidos, visto que apresentavam o menor número de características nas *slots* no momento da avaliação inicial.

Os *brackets* do grupo D4 demonstraram ser os menos polidos, na medida em que, foram os que apresentaram um maior número de características nas *slots* no momento da avaliação inicial.

Considerou-se ainda que os *brackets* do grupo D3 apresentavam um grau intermédio de polimento, uma vez que apresentavam um número mediano de características nas *slots* em T_0 .

- Avaliação Final (T₁)

Através da análise descritiva apresentada na tabela 10 foi possível verificar a presença de diferenças quanto ao número de características existentes na *slot* dos *brackets* entre os vários grupos na **avaliação final T₁**, após o tratamento de superfície. Com recurso ao teste de *Kruskal-Wallis*, foram identificadas diferenças significativas entre os diversos grupos $\chi^2_{KW}(4) = 29.997, p = .001, (p < 0,05)$ (Tabela 12).

Tabela 12 - Teste estatístico *Kruskal-Wallis* (T₁).

Total N	50
Test Statistic	29,997
Degrees of Freedom	5
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,000

Constatou-se que as diferenças existentes entre os grupos eram estatisticamente significativas e, que essas diferenças encontravam-se entre o grupo de controlo negativo e amostra sem tratamento relativamente aos restantes grupos. Também se verificaram diferenças significativas entre os grupos D1 e D2 e grupo D3.

Assim, os *brackets* do grupo D3 revelaram ser os mais polidos, visto que apresentavam menor número de características nas *slots* no momento da avaliação final (T₁).

Os *brackets* do grupo D2 demonstraram ser os menos polidos, na medida em que apresentavam maior número de características nas *slots* no momento da avaliação final (T₁).

Considerou-se ainda que os *brackets* do grupo D1, D4, controlo negativo e amostra sem tratamento tinham um grau intermédio de polimento, devido ao número mediano de características detectadas nas *slots* em T₁.

3.2. Avaliação das diferenças entre T₀ e T₁.

Com recurso ao teste de *Wilcoxon*, foi possível verificar a existência ou não de diferenças significativas nos valores médios do número de características na *slot* dos *brackets*, entre a avaliação inicial (T₀) e final (T₁).

Na tabela 10 estão descritas as médias e respectivo desvio padrão do número de características presentes na *slot* dos *brackets* de cada grupo na avaliação inicial (T₀) e final (T₁). Os dados obtidos foram analisados através do teste de *Wilcoxon*, o qual permitiu detectar um aumento significativo do número de características na *slot* dos *brackets* sujeitos a tratamento de superfície entre a avaliação inicial e final.

Deste modo, verificou-se que o dentífrico *Sensodyne*[®]*Rapid* provocou alterações na superfície da *slot* dos *brackets* do grupo D1, dado que o número de características é significativamente mais elevado no momento T₁, $Z = -2.842$, $p = .004$, ($p < 0,01$) (Tabela 13).

Tabela 13 - Teste estatístico *Wilcoxon* (Grupo D1).

Test Statistics ^a		
Grupo		NR_caract_T1 - NR_caract_T0
D1	Z	-2,842 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
D2	Z	-2,827 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
D3	Z	-2,271 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,023
D4	Z	-2,810 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
S/tratamento	Z	-1,000 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,317
Controlo	Z	-1,414 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,157

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Na Figura 30 pode ser observada, através de microfotografias, a superfície da *slot* do *bracket* representativo do grupo D1 na avaliação inicial (T₀) e final (T₁) posteriormente ao tratamento de superfície com o dentífrico *Sensodyne*[®]*Rapid*.

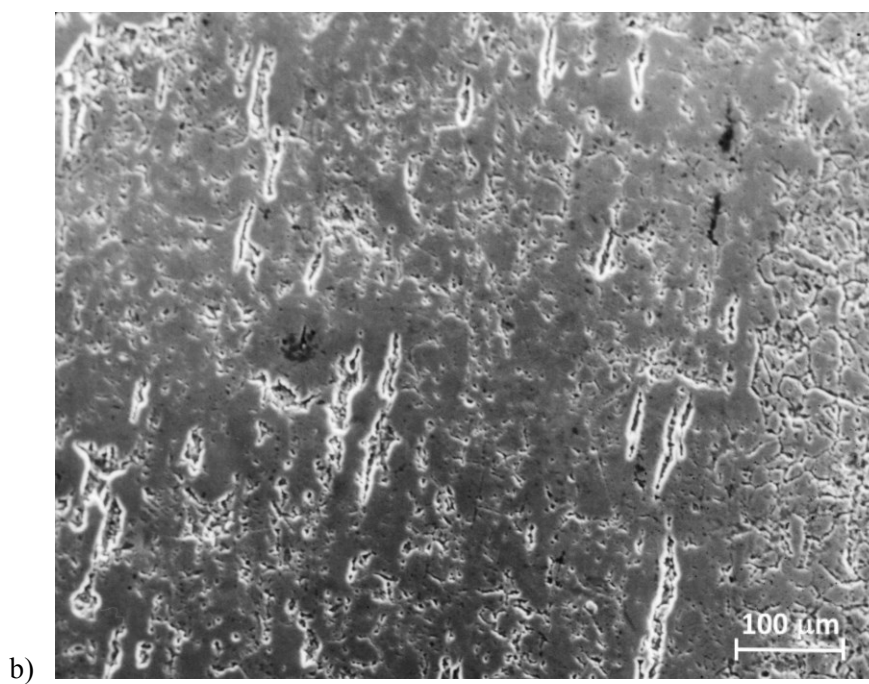
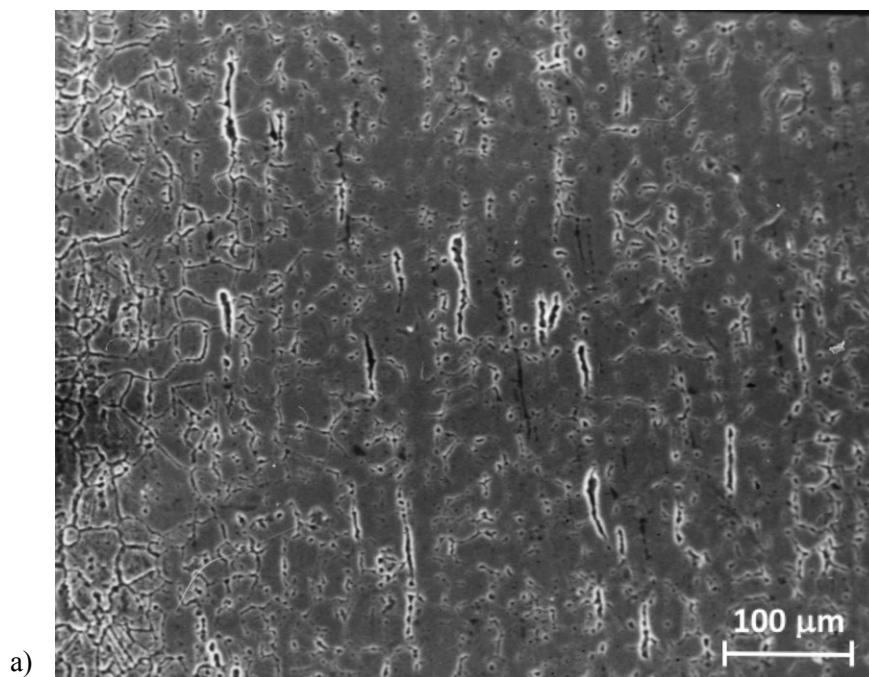


Figura 30 - Microfotografias da superfície da slot do bracket representativo do grupo D1 em T_0 (a) e em T_1 (b).

Também se constatou que o dentífrico *Sensodyne®Repair&Protect* provocou alterações na superfície da *slot* dos *brackets* do grupo D2, sendo que o número de características é significativamente mais elevado no momento T₁, $Z = -2.827$, $p = .005$ ($p < 0,01$) (Tabela 14).

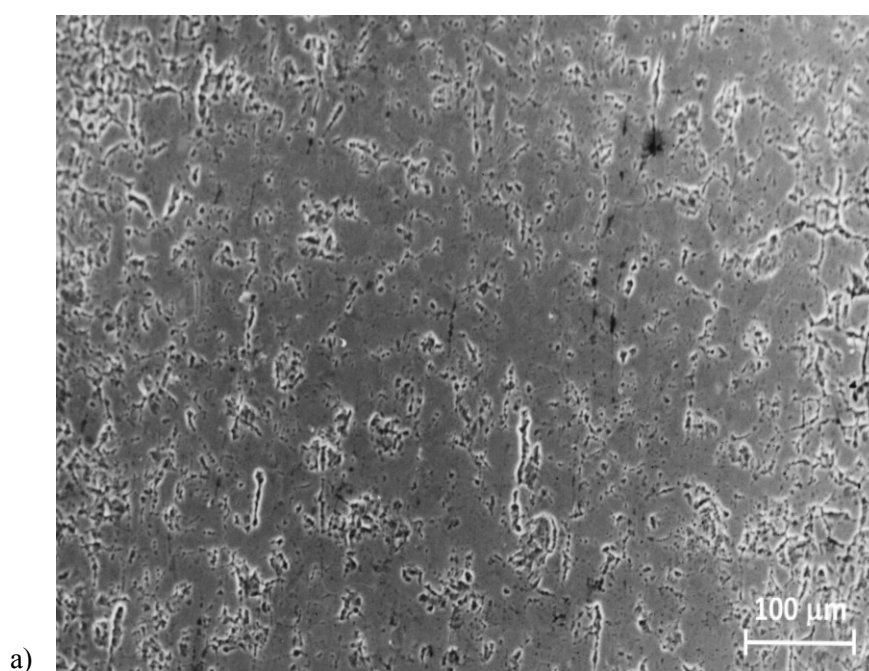
Tabela 14 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo D2).

Test Statistics ^a		
Grupo		NR_caract_T1 - NR_caract_T0
D1	Z	-2,842 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
D2	Z	-2,827 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
D3	Z	-2,271 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,023
D4	Z	-2,810 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
S/tratamento	Z	-1,000 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,317
Controlo	Z	-1,414 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,157

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Na Figura 31 pode ser observada, através de microfotografias, a superfície da *slot* do *bracket* representativo do grupo D2 na avaliação inicial (T₀) e final (T₁) posteriormente ao tratamento de superfície com o dentífrico *Sensodyne®Repair&Protect*.



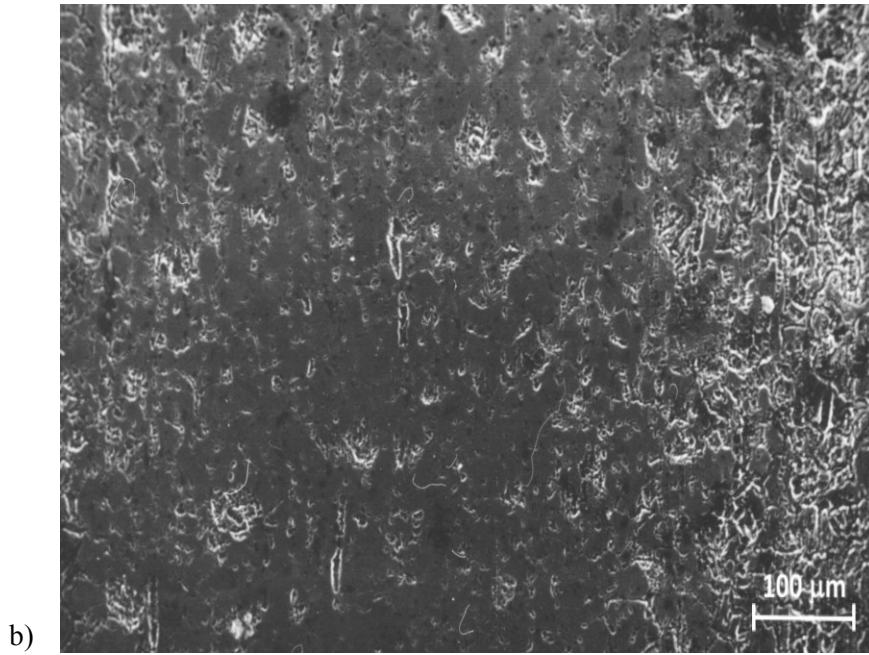


Figura 31 - Microfotografias da superfície da slot do bracket representativo do grupo D2 em T_0 (a) e em T_1 (b).

O teste estatístico utilizado permitiu concluir que o dentífrico *Sensodyne®Branqueadora* provocou alterações na superfície da *slot* dos *brackets* do grupo D3, na medida em que o número de características é significativamente mais elevado no momento T_1 , $Z = -2.271$, $p = .023$ ($p < 0,05$) (Tabela 15).

Tabela 15 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo D3).

Test Statistics ^a		
Grupo		NR_caract_T1 - NR_caract_T0
D1	Z	-2,842 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
D2	Z	-2,827 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
D3	Z	-2,271 ^u
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,023
D4	Z	-2,810 ^p
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
S/tratamento	Z	-1,000 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,317
Controlo	Z	-1,414 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,157

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Na Figura 32 pode observar-se, através de microfotografias, a superfície da *slot* do *bracket* representativo do grupo D3 na avaliação inicial (T_0) e final (T_1) posteriormente ao tratamento de superfície com o dentífrico *Sensodyne® Branqueadora*.

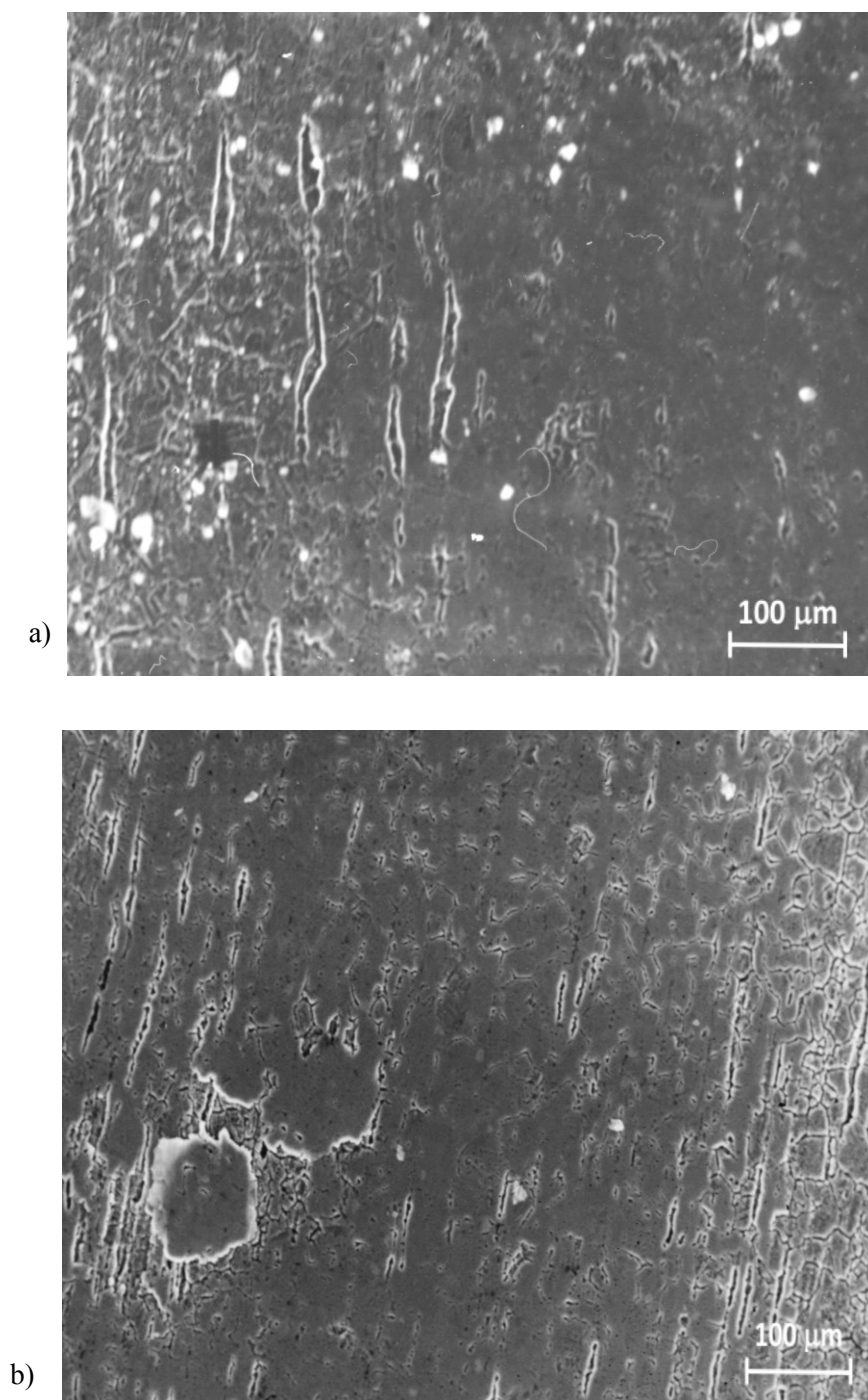


Figura 32 - Microfotografias da superfície da *slot* do *bracket* representativo do grupo D3 em T_0 (a) e em T_1 (b).

Também o dentífrico *Sensodyne® Protecção Diária* provocou alterações na superfície da *slot* dos *brackets* do grupo D4, em virtude do número de características ser significativamente mais elevado no momento T₁, $Z = -2.810$, $p = .005$ ($p < 0,01$) (Tabela 16).

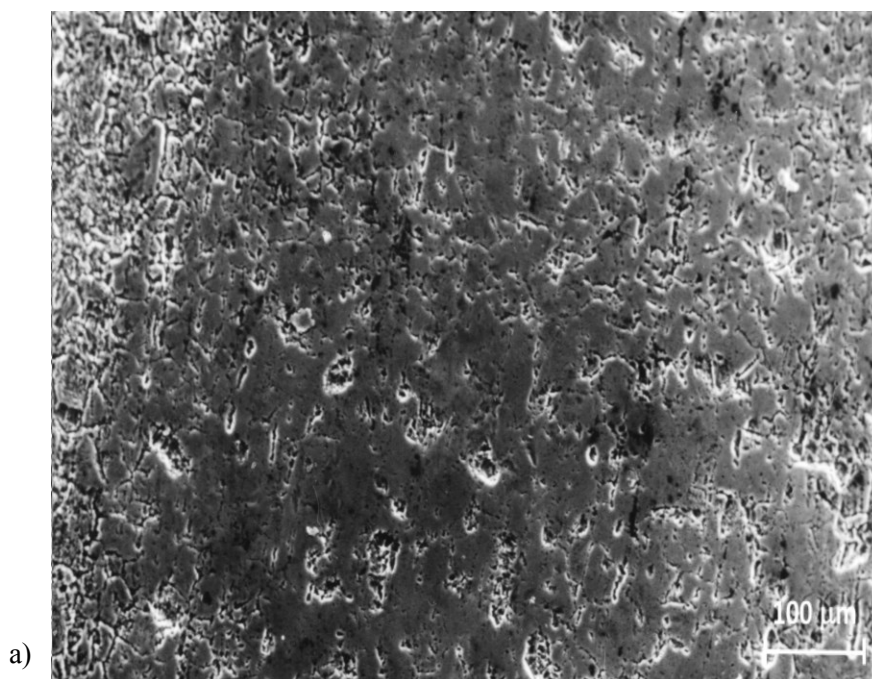
Tabela 16 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo D4).

Test Statistics ^a		
Grupo		NR_caract_T1 - NR_caract_T0
D1	Z	-2,842 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
D2	Z	-2,827 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
D3	Z	-2,271 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,023
D4	Z	-2,810 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
S/tratamento	Z	-1,000 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,317
Controlo	Z	-1,414 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,157

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Na Figura 33 pode ser observada, através de microfotografias, a superfície da *slot* do *bracket* representativo do grupo D4 na avaliação inicial (T₀) e final (T₁) posteriormente ao tratamento de superfície com o dentífrico *Sensodyne® Protecção Diária*.



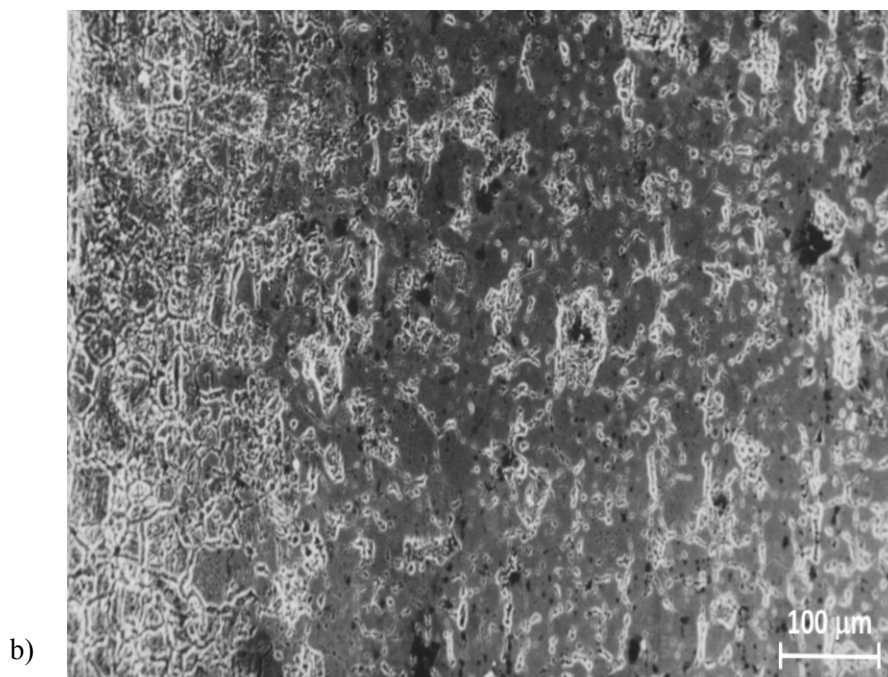


Figura 33 - Microfotografias da superfície da slot do bracket representativo do grupo D4 em T_0 (a) e em T_1 (b)

Também foi possível verificar um aumento do número de características no momento final T_1 nos grupos amostra sem tratamento ($Z = -1.000$, $p = .317$) e controlo negativo ($Z = -1.414$, $p = .157$). No entanto, estas diferenças demonstraram não ser estatisticamente significativas ($p > 0,05$) (Tabela 17).

Tabela 17 - Teste estatístico Wilcoxon (Grupo amostra sem tratamento e controlo negativo).

Test Statistics ^a		
Grupo		NR_caract_T1 - NR_caract_T0
D1	Z	-2,842 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,004
D2	Z	-2,827 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
D3	Z	-2,271 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,023
D4	Z	-2,810 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,005
S/tratamento	Z	-1,000 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,317
Controlo	Z	-1,414 ^b
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,157

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

As seguintes figuras apresentam as observações, através de microfotografias, das superfícies das *slots* dos *brackets* representativos do grupo amostra sem tratamento (Figura 34) e do grupo controlo negativo (Figura 35) na avaliação inicial (T_0) e final (T_1).

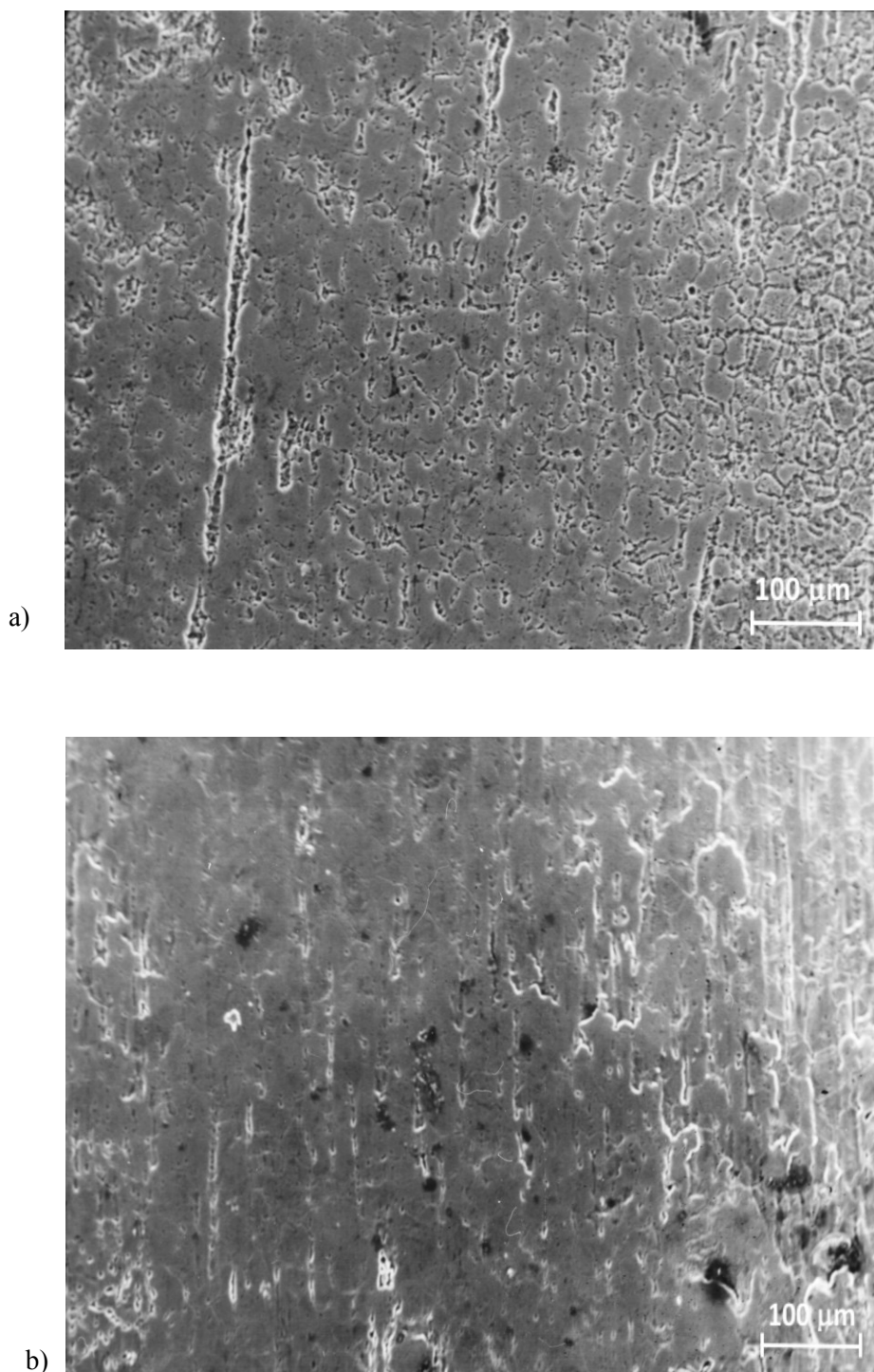


Figura 34 - Microfotografias da superfície da slot do bracket representativo do grupo amostra sem tratamento em T_0 (a) e em T_1 (b).

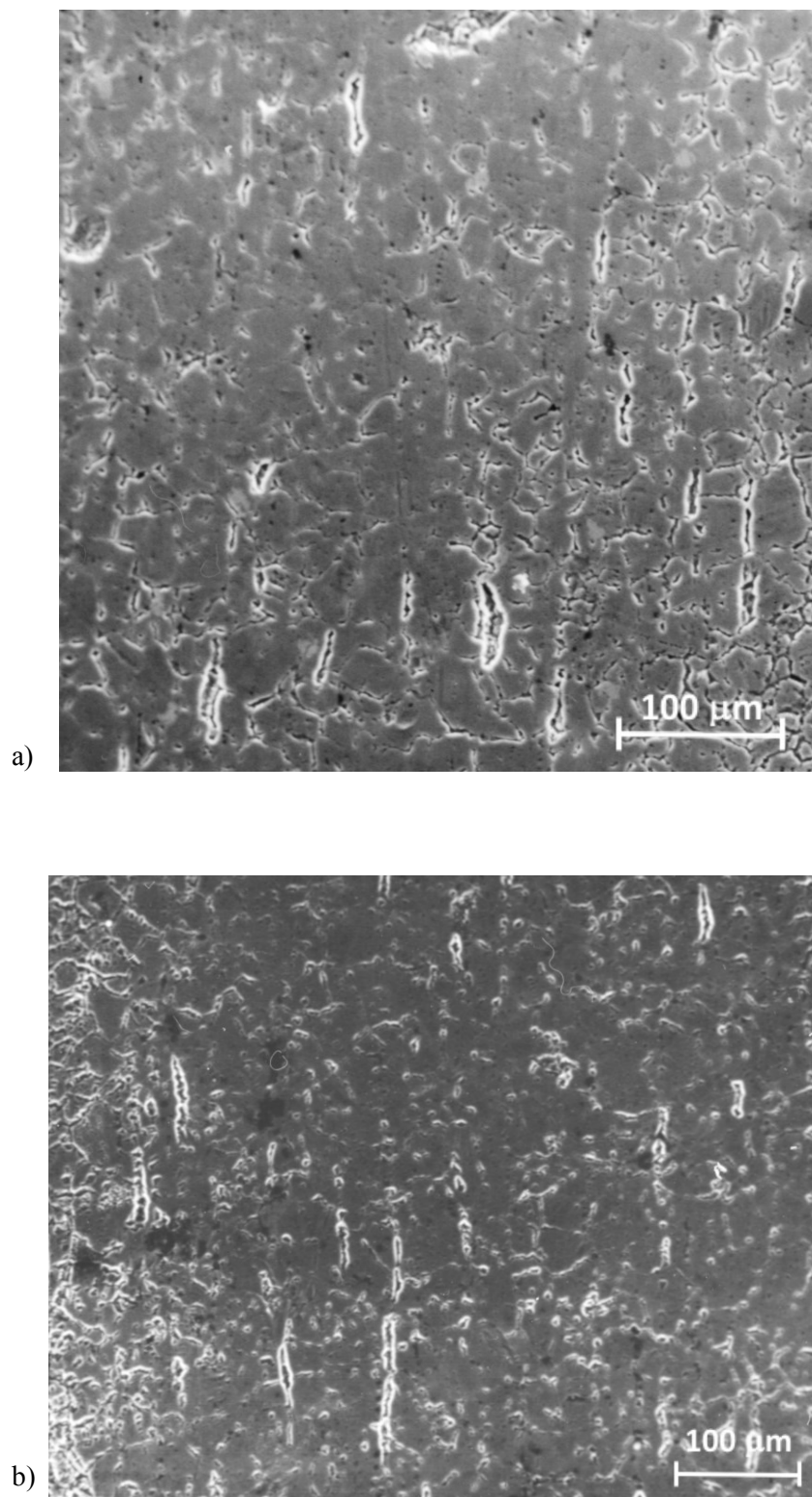


Figura 35 - Microfotografias da superfície da slot do bracket representativo do grupo controlo negativo em T_0 (a) e em T_1 (b)

VI. Discussão

1. Escolha da investigação e implicações clínicas

Este estudo teve como base o facto dos dispositivos ortodônticos terem sido descritos em estudos anteriores como dispositivos que podem sofrer corrosão metálica, pela acção do flúor, ao longo do tempo (Danaei *et al.*, 2011; N. Schiff *et al.*, 2006, 2005). A corrosão dos *brackets* metálicos, durante o tratamento ortodôntico, resulta na alteração da superfície dos mesmos e na libertação de diversos iões metálicos que por sua vez ficam em contacto com os tecidos moles da cavidade oral (Park & Shearer, 1983). É conhecido que determinados iões metálicos que constituem os *brackets*, tais como o níquel e o crómio, podem provocar efeitos secundários, nomeadamente toxicidade e reacções alérgicas (Mockers, Deroze, & Camps, 2002). Estas reacções podem expressar-se de diversos modos, sendo a hipersensibilidade, dermatite e asma as reacções adversas mais comuns (Bishara *et al.*, 1993).

A corrosão metálica provoca, ao longo do tempo, uma alteração da superfície dos *brackets*. Assim, do ponto de vista clínico é fundamental ter consciência que esta alteração pode afectar o deslize dos *brackets* no arco ortodôntico e, conseqüentemente influenciar o resultado final do tratamento (Fraunhofer, 1997; Kao & Huang, 2010; Luft *et al.*, 2009).

Deste modo, a importância clínica deste estudo baseia-se na necessidade de se conhecer a influência de quatro dentífricos fluoretados na degradação química e na alteração morfológica, por corrosão, da superfície da *slot* dos *brackets* metálicos. O conhecimento prévio destas situações permitirá actuar de forma a minimizar ou limitar os efeitos corrosivos e as suas conseqüências.

2. Escolha do método de investigação

Sabendo que a cavidade oral, devido à sua complexidade (microflora, alterações do pH, componentes salivares e movimentos mastigatórios), pode influenciar o comportamento dos materiais a testar afectando de forma significativa os resultados, o ambiente *in vivo* não foi uma opção que apresentasse vantagens para o presente estudo. (Buchmann, Senn, Ball, & Brauchli, 2012). Assim, para avaliar a corrosão de *brackets* metálicos optou-se por um estudo *in vitro* pelo facto deste permitir a comparação de

diferentes materiais e possibilitar também o controlo das diferentes variáveis de modo a garantir que toda a amostra estudada é submetida às mesmas condições experimentais (Haddad, 2007).

Este estudo *in vitro* teve uma duração de 31 dias, período correspondente ao primeiro mês do aparelho ortodôntico fixo na cavidade oral.

Neste estudo utilizou-se saliva artificial, uma vez que esta permite mimetizar a saliva humana, condição requerida para simular situações clínicas que pretendam um ambiente experimental muito semelhante àquele que existe na cavidade oral (Haddad, 2007).

Os *brackets* metálicos escolhidos foram os de aço inoxidável, devido às suas propriedades de ductilidade e resistência ao desgaste, sendo por isso considerado o material de eleição e mais frequentemente utilizado no tratamento ortodôntico. Estes dispositivos foram analisados na exacta condição fornecida pelo fabricante, situação semelhante à realidade clínica encontrada pelo médico dentista aquando da aplicação destes dispositivos na cavidade oral (Haddad, 2007).

Os *brackets* metálicos foram sujeitos a escovagem com escova eléctrica 3x/dia, simulando assim a frequência de escovagem diária recomendada a todos os pacientes (Sala & García, 2013).

A quantidade *standard* de dentífrico utilizada em cada escovagem efectuada foi aproximadamente de 1-2 cm, na medida em que esta é considerada a quantidade recomendada para idades superiores a 6 anos (Sala & García, 2013).

Foram utilizados para esta investigação quatro dentífricos diferentes da gama *Sensodyne*[®], nomeadamente *Sensodyne*[®]*Rapid*, *Sensodyne*[®]*Repair&Protect*, *Sensodyne*[®]*Branqueadora* e *Sensodyne*[®]*Protecção Diária*. Estes dentífricos foram seleccionados para o presente estudo por serem dentífricos fluoretados que promovem diariamente a remineralização do esmalte dentário, a reparação das lesões de cárie incipientes e a protecção do esmalte prevenindo o desenvolvimento de cáries. Adicionalmente, estes dentífricos enquadram-se nos requisitos pretendidos a nível de concentração de flúor recomendado, ou seja 1450 ppm para idades superiores a 6 anos (Sala & García, 2013).

3. Discussão dos resultados

- **Degradação química dos *brackets* metálicos**

Conforme referido anteriormente, a biodegradação dos materiais metálicos e a perda das suas propriedades essenciais pode desencadear-se de duas formas: perda de iões metálicos e sua conseqüente libertação para o ambiente oral ou pela dissolução progressiva da camada protectora da superfície do metal (House *et al.*, 2008).

No presente estudo, procedeu-se à avaliação inicial da composição química elementar dos *brackets* metálicos nas condições fornecidas pelo fabricante. Assim, foi determinada a concentração inicial de ferro, crómio e níquel, em % de peso, com recurso ao Microscópio Electrónico de Varrimento (SEM) acoplado a um detector de Raios-X (EDS).

Os grupos **D1, D2, D3, D4, controlo negativo e amostra sem tratamento** apresentaram uma % de peso de níquel (Ni) situada entre 8,08-8,20%. Estes valores iniciais estão de acordo com um estudo realizado por Grimsdottir *et al.*, (1992), que sugere que as concentrações de níquel em dispositivos ortodônticos metálicos encontram-se entre 8-12%.

Relativamente às concentrações iniciais de crómio (Cr) para os diferentes grupos da amostra estudada, as mesmas situavam-se entre 17,20-17,97%. Estes valores estão, segundo o estudo de Grimsdottir *et al.*, (1992), em conformidade com as % de crómio que geralmente se encontram nos *brackets* de aço inoxidável (17-22%). Contudo, apesar dos valores de crómio se encontrarem dentro do intervalo considerado adequado, foram detectadas diferenças iniciais significativas ao nível da concentração de crómio entre os vários grupos. O grupo de controlo negativo foi o que apresentou a concentração de crómio mais elevada (17,97%). Deste modo, esta diferença significativa entre os grupos poderá estar relacionada com o facto dos *brackets*, embora adquiridos no mesmo fabricante, poderem pertencer ou não ao mesmo lote de fabrico.

A concentração de ferro, em % de peso, nos vários grupos observados situou-se entre 64,17-65,12%.

Decorridos os 31 dias da experiência laboratorial, com a ajuda do Microscópio Electrónico de Varrimento (SEM) acoplado a um detector de Raios-X (EDS), procedeu-se novamente à análise das concentrações de ferro, níquel e crómio dentro dos vários grupos da amostra, para determinar a análise química elementar final dos *brackets*.

Relativamente às concentrações finais de níquel nos grupos **D1, D2, D3 e D4**, submetidos à escovagem com dentífricos fluoretados, observou-se uma diminuição da concentração de níquel em % de peso. No grupo de **controle negativo**, sujeito apenas à escovagem com escova eléctrica, também ocorreu uma ligeira diminuição na concentração de níquel. No grupo de **amostra sem tratamento**, a % de níquel também sofreu um decréscimo. Esta diminuição da concentração de níquel relativamente à avaliação inicial, sugere que houve libertação de níquel (Ni) para o meio oral. Embora esta perda iónica seja um indicador de corrosão, as % de perda apuradas não se revelaram estatisticamente significativas. Deste modo, e tendo em conta as diferenças pouco consideráveis de perda iónica, podemos considerar que a acção dos diferentes dentífricos fluoretados testados e a acção da escova eléctrica não provocaram degradação química ao nível do níquel.

A avaliação final da concentração de crómio nos **grupos D1, D2, D4, controle negativo e amostra sem tratamento**, caracterizou-se pela diminuição da % de crómio. Esta diminuição revelou-se estatisticamente irrelevante, pelo que podemos considerar não existir degradação química ao nível do crómio.

O **grupo D3**, submetido à escovagem com *Sensodyne®Branqueadora*, revelou um aumento da % de crómio na avaliação final (17,43%) relativamente à avaliação inicial (17,28%). Este aumento, embora estatisticamente insignificante, poderá ter ocorrido pela incorporação de iões metálicos nos *brackets* durante o processo de escovagem com o dentífrico fluoretado. Assim, poderá colocar-se a hipótese do dentífrico *Sensodyne®Branqueadora* utilizado neste estudo possuir iões metálicos na sua composição química, sem que esta informação esteja a ser divulgada ao consumidor. Estes resultados vão de encontro com dados obtidos no estudo de Brandão *et al.*, (2013) que menciona poder existir na composição de dentífricos, elementos químicos capazes de provocar alterações imprevisíveis ao nível da composição iónica da superfície dos *brackets* metálicos. Desta forma, seria interessante em estudos futuros a determinação da composição detalhada do dentífrico em questão.

Os resultados finais obtidos no que se refere à concentração de ferro, em % de peso, mostraram uma diminuição deste elemento nos **grupos D2, D4, controle negativo e amostra sem tratamento**. Estas diferenças revelaram não serem estatisticamente significantes, pelo que é possível afirmar que não houve lugar a degradação química dos *brackets* quanto ao ferro.

No **grupo D3**, sujeito à escovagem com o dentífrico fluoretado *Sensodyne®Branqueadora*, observou-se um aumento da concentração de ferro, à semelhança do ocorrido no mesmo grupo e com o mesmo dentífrico, mas ao nível do elemento crómio. Este aumento não é significativo em termos estatísticos. Porém, podemos colocar a hipótese já considerada anteriormente ao nível do crómio, ou seja, a presença de elementos metálicos na composição do dentífrico *Sensodyne®Branqueadora*, tal como sugerido no estudo de Brandão *et al.*, (2013).

No **grupo D1**, submetido à escovagem com *Sensodyne®Rapid*, verificou-se na avaliação final uma diminuição substancial nas concentrações, em % de peso, de ferro (Fe). Este resultado revelou-se estaticamente significativo, o que sugere que a pasta dentífrica *Sensodyne®Rapid* possa ter tido a capacidade de provocar degradação química nos *brackets* metálicos deste grupo.

- **Alteração morfológica da slot dos brackets**

A presença de determinadas características na superfície da *slot* dos *brackets* tais como, rugosidades, dobras, sulcos, poros ou depressões podem causar efeitos prejudiciais aquando do deslizamento do arco no *bracket*. A título de exemplo, podemos referir que a rugosidade da superfície de interface arco/*bracket* pode interferir na mecânica do deslizamento pelo aumento de fricção entre as duas superfícies e desencadear/acelerar o processo de corrosão (Kusy & Whitley, 1997). Assim, é extremamente importante avaliar o grau de polimento dos *brackets* previamente à sua utilização, afim de identificar a presença de alterações morfológicas dos mesmos. Quanto menor for o número de características detectadas, maior o grau de polimento das superfícies e como tal, menor a possibilidade de se desencadear o processo corrosivo.

No presente estudo procedeu-se à avaliação inicial da morfologia da superfície da *slot* dos *brackets* metálicos, nas condições fornecidas pelo fabricante, com recurso ao Microscópio Electrónico de Varrimento (SEM), muito utilizado para este efeito em diversos estudos (Assad-Loss *et al.*, 2008; Brandão *et al.*, 2013; Luft *et al.*, 2009).

A avaliação inicial da superfície da *slot* dos *brackets* teve como objectivo identificar o número de características presentes na mesma, e classificar o grau de polimento das peças previamente à experiência laboratorial.

Os grupos **D1, D2, controlo negativo e amostra sem tratamento** apresentaram a superfície do fundo da *slot* mais homogênea e polida, correspondendo ao menor número de características observadas (média de 1,60).

Os grupos **D3 e D4** apresentaram um maior número de características, portanto maior valor e consequentemente uma superfície menos polida. Os *brackets* do **grupo D3** apresentaram um polimento superficial intermédio (média de 1,90) em comparação com o valor dos restantes grupos. O **grupo D4** foi considerado o que apresentou uma superfície mais irregular e, portanto, um maior número de características observadas (média de 2,60). Assim, D4 foi considerado o grupo com menor grau de polimento.

Os resultados dos diversos grupos, quanto às suas características iniciais, estão em concordância com os estudos de Assad-Loss *et al.*, (2008) e Brandão *et al.*, (2013) que avaliaram a rugosidade do fundo de *slot* de 90 e 38 *brackets* metálicos respectivamente, e onde foi possível detectar defeitos de superfície nos dispositivos, previamente à sua aplicação na cavidade oral. Estas evidências vão também de encontro com House *et al.*, (2008), que afirma que a superfície de *brackets* novos podem apresentar poros ou depressões devido às suas superfícies, nas condições fornecidas pelo fabricante, não estarem devidamente polidas.

Após o término da experiência laboratorial de 31 dias, procedeu-se à avaliação final da morfologia da superfície da *slot* dos *brackets* dos diversos grupos.

Os grupos **D1, D2, D3, D4**, imersos em saliva artificial e sujeitos à escovagem com os dentífricos fluoretados *Sensodyne®Rapid*, *Sensodyne®Repair&Protect*, *Sensodyne®Branqueadora* e *Sensodyne®Protecção Diária* respetivamente, apresentaram um aumento significativo do número de características na *slot* dos *brackets*. A corrosão metálica pode traduzir-se através da dissolução progressiva da camada passiva de óxidos, sendo que o aumento do número de características de superfície é um possível indicador da ocorrência de corrosão. Deste modo, os resultados obtidos sugerem que poderá ter ocorrido corrosão metálica sob a acção dos dentífricos e que os mesmos possam ter provocado a dissolução parcial da camada protectora de óxidos.

O grupo do **controlo negativo**, imerso em saliva artificial e sujeito à escovagem sem dentífrico, apresentou um aumento do número de características presentes na *slot* dos *brackets*, contudo este aumento é considerado pouco significativo em termos estatísticos. Deste modo, podemos considerar que apenas a acção vibratória da escova

eléctrica não teve a capacidade por si só de provocar a ruptura da camada protectora de óxidos e, conseqüentemente desencadear a corrosão metálica dos dispositivos.

O grupo da **amostra sem tratamento**, imerso em saliva artificial e sem qualquer tipo de escovagem, sofreu uma ligeira variação a nível das suas características iniciais. Assim sendo, pode considerar-se que não houve corrosão metálica neste grupo.

Este estudo experimental demonstrou que os 4 grupos sujeitos a escovagem com pastas dentífricas fluoretadas (*Sensodyne®Rapid*, *Sensodyne®Repair&Protect*, *Sensodyne®Branqueadora*, e *Sensodyne®Protecção Diária*) provocaram um aumento significativo do número de características da *slot dos brackets*. Estes resultados estão em conformidade com um estudo semelhante conduzido por Brandão *et al.*, (2013), no qual *brackets* metálicos foram submetidos a um tratamento de superfície com dentífricos fluoretados. Os mesmos autores concluíram, após a análise SEM, ter havido um aumento das características e conseqüentemente, alterações no polimento da superfície dos *brackets*. Estas alterações morfológicas de superfície foram consideradas um factor indicativo de corrosão metálica.

4. Limitações da investigação

A investigação efectuada apresentou algumas limitações inerentes à própria condição “*in vitro*” do estudo em questão.

Os estudos *in vitro* apresentam como desvantagem a dificuldade de reproduzir o ambiente oral na sua totalidade, uma vez que estão ausentes diversos factores característicos do mesmo (placa bacteriana, alterações de pH e temperatura) e conseqüentemente, o comportamento corrosivo e os produtos de corrosão podem não corresponder aos que ocorrem na realidade clínica.

Neste estudo apenas se avaliou a corrosão de *brackets* metálicos, no entanto é importante salientar que a corrosão dos dispositivos ortodônticos inclui não só os *brackets*, mas também todos os restantes acessórios presentes na cavidade oral (arco, molas, bandas, tubos).

Em virtude da curta duração da investigação (31 dias) não foi possível estabelecer um comportamento corrosivo efectivo, o qual só seria exequível caso o estudo se prolongasse por um período aproximadamente igual àquele em que os *brackets* permanecem no ambiente oral durante todo o tratamento ortodôntico (1 a 2 anos dependente do caso).

Assim, é importante referir que os resultados deste estudo *in vitro* não devem por si só constituir um padrão para ser aplicado à realidade clínica, pelo que é recomendado que estes resultados sejam complementados com outros dados obtidos em investigações *in vivo*.

VII. Conclusão

Considerando os objectivos a que este estudo se propôs, os factores avaliados, as limitações inerentes a um estudo “*in vitro*” e a metodologia utilizada é possível concluir que:

A. Avaliação da degradação química dos *brackets* sujeitos à acção dos diferentes dentífricos:

1. O dentífrico *Sensodyne®Rapid* provocou degradação química dos *brackets* metálicos, pelo que a hipótese alternativa deve ser aceite, dado que a concentração de ferro (Fe), em % de peso, sofreu um decréscimo estatisticamente significativo no momento final T₁ comparativamente ao momento inicial T₀ ($p < 0,05$).
2. Os dentífricos *Sensodyne®Repair&Protect*, *Sensodyne®Branqueadora e Sensodyne®Protecção Diária* não provocaram degradação química dos *brackets*, pelo que a hipótese nula deve ser aceite, uma vez que as diferenças encontradas na concentração de ferro, cromo e níquel, em % de peso, entre o momento T₀ e T₁ não se revelaram estatisticamente significativas ($p > 0,05$).
3. A saliva artificial e a acção vibratória da escova eléctrica sem qualquer tipo de dentífrico, não provocaram degradação química dos *brackets* metálicos, pelo que a hipótese nula deve ser aceite, uma vez que não se encontram diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações de ferro, cromo e níquel, em % de peso, no momento final T₁ comparativamente ao momento inicial T₀ ($p > 0,05$).

B. Avaliação da alteração morfológica da superfície da *slot* dos *brackets* metálicos sujeitos à acção dos diferentes dentífricos:

1. Os dentífricos *Sensodyne®Rapid*, *Sensodyne®Repair&Protect*, *Sensodyne®Branqueadora e Sensodyne®Protecção Diária* provocaram alterações morfológicas da superfície da *slot* dos *brackets* metálicos, pelo que a hipótese alternativa deve ser aceite, uma vez que o número de características é significativamente mais elevado no momento final T₁ comparativamente ao momento inicial T₀ ($p < 0,05$).

2. A imersão em saliva artificial e a acção vibratória da escova eléctrica sem qualquer tipo de dentífrico, provocaram ligeiras alterações morfológicas da superfície da *slot* dos *brackets* metálicos, pelo que a hipótese nula deve ser aceite, uma vez que estas diferenças entre o momento inicial T_0 e final T_1 não são estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

Estudo in vitro: Avaliação da degradação química e corrosão da superfície de brackets metálicos quando submetidos a diferentes dentífricos

VIII. Bibliografia

- Aguiar, S. R. M. M. de. (2011). *Processos de corrosão em materiais de aplicação biomédica e crescimento bacteriano em salivas artificiais*.
- Amini, F., Farahani, A. B., Jafari, A., & Rabbani, M. (2008). In vivo study of metal content of oral mucosa cells in patients with and without fixed orthodontic appliances. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 11(1), 51–56. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2008.00414.x>.
- Assad-Loss, T. F., Neves, R. M. L., & Mucha, J. N. (2008). Composição química e aspecto superficial do slot de braquetes metálicos. *Revista Dental Press de Ortodontia E Ortopedia Facial*, 13(3), 85–96.
- Bardal, P. A. P., Olympio, K. P. K., Bastos, J. R. de M., Henriques, J. F. C., & Buzalaf, M. A. R. (2011). Educação e motivação em saúde bucal - prevenindo doenças e promovendo saúde em pacientes sob tratamento ortodôntico. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(3), 95–102.
- Barros, O. B., Pernambuco, R. D. A., & Tomita, N. E. (2001). Escovas Dentais. *Pós Graduação Em Revista Faculdade Odontológica São José Dos Campos*, 4(1), 32–37.
- Bass, J. K., Fine, H., & Cisneros, G. J. (1993). Nickel hypersensitivity in the orthodontic patient. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 103(3), 280–285.
- Benson, P., Parkin, N., Millett, D., Dyer, F., Vine, S., & Shah, A. (2004). Fluorides for the prevention of white spots on teeth during fixed brace treatment (Review). *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003809.pub2>
- Biavati, A. S., Gastaldo, L., Dessi, M., Biavati, F. S., & Migliorati, M. (2010). Manual orthodontic vs. oscillating-rotating electric toothbrush in orthodontic patients: a randomised clinical trial. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 11(4), 200–202.
- Bishara, S. E., Barrett, R. D., & Selim, M. I. (1993). Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 103(2), 115–119.
- Boere, G. (1995). Influence of Fluoride on Titanium in an Acidic Environment

- Measured by Polarization Resistance Technique. *Journal of Applied Biomaterials*, 6(4), 283–288.
- Brandão, G. A. M., Simas, R. M., Almeida, L. M. de, Silva, J. M. da, Meneghim, M. de C., Pereira, A. C., ... Brandão, A. M. M. (2013). Evaluation of ionic degradation and slot corrosion of metallic brackets by the action of different dentifrices. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18(1), 86–93.
- Buchmann, N., Senn, C., Ball, J., & Brauchli, L. (2012). Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *The Angle Orthodontist*, 82(3), 529–535. <https://doi.org/10.2319/062011-399.1>
- Chaturvedi, T. P. (2008). Corrosion behaviour of orthodontic alloys - a review. *Orthodontic Cyber Journal*, 18, 6–16.
- Chaturvedi, T. P., & Upadhayay, S. N. (2010). An overview of orthodontic material degradation in oral cavity. *Indian Journal of Dental Research*, 21(2), 275–84. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.66648>
- Commission, S.-E. (2003). Evaluation and opinion on: safety of fluorine compounds in oral hygiene products for children under age of 6 years, 1–26.
- Couto, C. S. A. (2016). *O papel do Flúor como agente corrosivo dos Fios Ortodônticos*.
- Cury, J. A. (2002). Dentífricos: como escolher e como indicar. In *In: Associação Paulista dos Cirurgiões Dentistas. Odontologia. São Paulo: Artes Médicas – Divisão Odontológica* (pp. 281–295).
- Cury, S. E. N., & Mulinari, D. R. (2012). Alternativas promissoras de novos materiais na ortodontia. In *Cadernos UniFOA* (pp. 11–21).
- Danaei, S. M., Safavi, A., Roeinpeikar, S. M. M., Oshagh, M., Iranpour, S., & Omidekhoda, M. (2011). Ion release from orthodontic brackets in 3 mouthwashes: An in-vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(6), 730–734. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.03.004>
- Davies, R., Scully, C., & Preston, A. J. (2010). Dentifrices - an update. *Medicina Oral Patologia Oral Y Cirurgia Bucal*, 15(6), 976–982. <https://doi.org/10.4317/medoral.15.e976>
- Deery, C., Heanue, M., Deacon, S., Robinson, P., Walmsley, A., Worthington, H., ... Glenny, A. (2004). The effectiveness of manual versus powered toothbrushes for dental health: a systematic review. *Journal of Dentistry*, 32(3), 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.11.006>

- Dobrin, R. J., & Musich, D. R. (1975). Load-deformation characteristics of polycarbonate orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics*, 67(1), 24–33.
- Dunlap, C. L., Vincent, S. K., & Barker, B. F. (1989). Allergic reaction to orthodontic wire: report of case. *Journal of the American Dental Association*, 118(4), 449–450. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1989.0174>
- Eliades, T., & Athanasiou, A. E. (2002). In Vivo Aging of Orthodontic Alloys: Implications for Corrosion Potential, Nickel Release, and Biocompatibility. *The Angle Orthodontist*, 72(3), 222–237.
- English, J. D., Akyalcin, S., Peltomaki, T., & Litschel, K. (2014). *Mosby's Orthodontic Review* (2nd ed.).
- Feldner, J. C., Sarkar, N. K., Sheridan, J. J., & Lancaster, D. M. (1994). In vitro torque-deformation characteristics of orthodontic polycarbonate brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 106(3), 265–272.
- Fontana, M. G. (1986). *Corrosion Engineering* (Third Edit). New York: McGraw-Hill.
- Fraunhofer, J. A. von. (1997). Corrosion of Orthodontic Devices. *Seminars in Orthodontics*, 3(3), 198–205.
- Grimsdottir, M. R., Gjerdet, N. R., & Hensten-Pettersen, A. (1992). Composition and in vitro corrosion of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 101(6), 525–32.
- Guerrero, A. P., Filho, O. G., Tanaka, O., Camargo, E. S., & Vieira, S. (2010). Evaluation of frictional forces between ceramic brackets and archwires of different alloys compared with metal brackets. *Braz Oral Res*, 24(1), 40–5.
- Guimarães, A. C. M. (2008). *Estudo In Vitro de braquetes ortodônticos: Avaliação biomecânica e liberação de iões*.
- Haddad, A. C. S. S. (2007). *Comparação das taxas de liberação in vitro de níquel e cromo por braquetes ortodônticos de diferentes marcas comerciais*.
- Heasman, P., Wilson, Z., Macgregor, I., & Kelly, P. (1998). Comparative study of electric and manual toothbrushes in patients with fixed orthodontic appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(1), 45–49.
- Heintze, S. D., Jost-Brinkmann, P.-G., & Loundos, J. (1996). Effectiveness of three different types of electric toothbrushes compared with a manual technique in orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 110(6), 630–638.

- Hickman, J., Millett, D., Sander, L., Brown, E., & Love, J. (2002). Powered vs Manual Tooth Brushing in Fixed Appliance Patients: A Short Term Randomized Clinical Trial. *The Angle Orthodontist*, 72(2), 135–140.
- House, K., Sernetz, F., Dymock, D., Sandy, J. R., & Ireland, A. J. (2008). Corrosion of orthodontic appliances - should we care? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(4), 584–92.
- Huang, T., Yen, C., & Kao, C. (2001). Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 120(1), 68–75. <https://doi.org/10.1067/mod.2001.113794>
- International Organization for Standardization. (2010). ISO 11609. Dentistry - Dentifrices - Requirements, test methods and marking.
- Júnior, V. de S. B., & Ursi, W. J. da S. (2006). O aparelho pré-ajustado: sua evolução e suas prescrições. *Revista Dental Press de Ortodontia E Ortopedia Facial*, 11(3), 104–156. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1590/S1415-54192006000300013>
- Kao, C., & Huang, T. (2010). Variations in surface characteristics and corrosion behaviour of metal brackets and wires in different electrolyte solutions. *European Journal of Orthodontics*, 32(5), 1–6. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjp146>
- Kolokitha, O.-E. G., & Chatzistavrou, E. (2008). Allergic reactions to nickel-containing orthodontic appliances: clinical signs and treatment alternatives. *World Journal Of Orthodontics*, 9(2), 399–406.
- Kusy, R. P., & Whitley, J. Q. (1997). Friction Between Different Wire-Bracket Configurations and Materials. *Seminars in Orthodontics*, 3(3), 166–177.
- Kusy, R. P., Whitley, J. Q., Ambrose, W. W., & Newman, J. G. (1998). Evaluation of titanium brackets for orthodontic treatment: Part I. The passive configuration. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(5), 558–572.
- Lausmaa, J., Kasemo, B., & Hansson, S. (1985). Accelerated oxide growth on titanium implants during autoclaving caused by fluorine contamination. *Biomaterials*, 6(1), 23–27. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0142-9612\(85\)90033-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0142-9612(85)90033-X)
- Luft, S., Keilig, L., Jäger, A., & Bourauel, C. (2009). In-vitro evaluation of the corrosion behavior of orthodontic brackets. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 12(1), 43–51. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2008.01436.x>
- Magalhães, A. C., Moron, B. M., Comar, P., & Buzalaf, A. R. (2011). Rational use of dentifrices. *Revista Gaúcha de Odontologia*, 59(4), 615–625.
- Maijer, R., & Smith, D. C. (1982). Corrosion of orthodontic bracket bases. *American*

- Journal of Orthodontics*, 81(1), 43–48.
- Maijer, R., & Smith, D. C. (1986). Biodegradation of the orthodontic *bracket* system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 90(3), 195–8.
- Maltagliati, L. Á., Feres, R., Figueiredo, M. A. De, & Siqueira, D. F. (2006). Bráquetes estéticos – considerações clínicas. *Revista Clínica de Ortodontia Dental Press*, 5(3), 89–95.
- Martins, R. S., Macêdo, J. B., Muniz, F. W. G. M., Carvalho, R. D. S., & Moreira, M. M. S. M. (2012). Composição , princípios ativos e indicações clínicas dos dentifrícios: uma revisão da literatura entre 1989 e 2011. *Journal of Health Sciences Institute*, 30(3), 287–291.
- Matasa, C. G. (2000). Biomaterials in orthodontics. In E. H. Sciences (Ed.), *Orthodontics: Current Principles and Techniques* (5th ed., pp. 305–338). St Louis: CV Mosby.
- Menezes, L. M. De, Freitas, M. P. M., & Gonçalves, T. S. (2009). Biocompatibilidade dos materiais em Ortodontia: mito ou realidade? *Revista Dental Press de Ortodontia E Ortopedia Facial*, 14(2), 144–157. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1415-54192009000200016>.
- Menezes, L. M. de, & Quintão, C. C. A. (2010). The Release of Ions from Metallic Orthodontic Appliances. *Seminars in Orthodontics*, 16(4), 282–292. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2010.06.006>
- Mockers, O., Deroze, D., & Camps, J. (2002). Cytotoxicity of orthodontic bands, *brackets* and archwires in vitro. *Dental Materials*, 18(4), 311–317.
- Moyers, R. E. (1988). *Handbook of orthodontics*. (R. E. Moyers, Ed.). Year Book Medical Publishers.
- Niinomi, M. (2010). *Metals for Biomedical Devices*. Elsevier Science. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=SpFwAgAAQBAJ>
- Nishio, C., Motta, A. F. J. da, Elias, C. N., & Mucha, J. N. (2004). In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic *brackets*. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 125(1), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2003.01.005>
- Olympio, K. P. K., Bardal, P. A. P., Henriques, J. F. C., & Bastos, J. R. de M. (2006). Prevenção de cárie dentária e doença periodontal em Ortodontia: uma necessidade imprescindível. *Revista Dental Press de Ortodontia E Ortopedia Facial*, 11(2), 110–119.

- Park, H. Y., & Shearer, T. R. (1983). In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. *American Journal of Orthodontics*, 84(2), 156–9.
- Rerhrhaye, W., Bahije, L., Mabrouk, K. El, Zaoui, F., & Marzouk, N. (2014). Degradation of the mechanical properties of orthodontic NiTi alloys in the oral environment: An in vitro study. *International Orthodontics*, 12(3), 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2014.06.006>
- Robinson, P., Deacon, S., Deery, C., Heanue, M., Walmsley, A., Worthington, H., ... Shaw, B. (2005). Manual versus powered toothbrushing for oral health (Review). *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 18(2), CD002281. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002281.pub2>
- Rodrigues, A. V. (2012). *Resistência à corrosão das ligas de Ti-Mo em meios contendo ions cloreto e fluoreto, visando à aplicação biomédica.*
- Sala, E. C., & García, P. B. (2013). *Odontología preventiva y comunitaria: principios, métodos y aplicaciones* (4th editio). Elsevier Masson. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=kpI3AgAAQBAJ>
- Schiff, N., Boinet, M., Morgon, L., Lissac, M., Dalard, F., & Grosogeat, B. (2006). Galvanic corrosion between orthodontic wires and brackets in fluoride mouthwashes. *European Journal of Orthodontics*, 28(3), 298–304. <https://doi.org/10.1093/ejo/cji102>
- Schiff, N., Dalard, F., Lissac, M., Morgon, L., & Grosogeat, B. (2005). Corrosion resistance of three orthodontic brackets: a comparative study of three fluoride mouthwashes. *European Journal of Orthodontics*, 27(6), 541–9. <https://doi.org/10.1093/ejo/cji050>
- Schiff, N., Grosogeat, B., Lissac, M., & Dalard, F. (2002). Influence of fluoride content and pH on the corrosion resistance of titanium and its alloys. *Biomaterials*, 23(9), 1995–2002.
- Schiff, T., Saletta, L., Baker, R. A., He, T., & Winston, J. L. (2005). Anticalculus Efficacy and Safety of a Stabilized Stannous Fluoride/Sodium Hexametaphosphate Dentifrice. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 26(9), 29–34.
- Schuster, G., Reichle, R., Bauer, R. R., & Schopf, P. M. (2004). Allergies Induced by Orthodontic Alloys: Incidence and Impact on Treatment Results of a Survey in Private Orthodontic Offices in the Federal State of Hesse, Germany. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 65(1), 48–59. <https://doi.org/10.1007/s00056-004-0312-4>

- Sobreira, C. R., Loriato, L. B., & Oliveira, D. D. (2007). Bráquetes Estéticos: Características e Comportamento Clínico. *Revista Clínica de Ortodontia Dental Press*, 6(1), 94–102.
- Storehagen, S. (2003). *Dentifrices and Mouthwashes Ingredients and Their Use*. Faculdade de Odontologia, Universidade de Oslo.
- Tinoco, M. J. F. (2012). *Estudo dos hábitos de consumo de dentífricos na população portuguesa e a relação flúor com a cárie dentária - Avaliação de dentífricos “marca de linha branca.”*
- Toumelin-Chemla, F., Rouelle, F., & Burdairon, G. (1996). Corrosive properties of fluoride-containing odontologic gels against titanium. *Journal of Dentistry*, 24(1–2), 109–115.
- Walker, M. P., Ries, D., Kula, K., Ellis, M., & Fricke, B. (2007). Mechanical Properties and Surface Characterization of Beta Titanium and Stainless Steel Orthodontic Wire Following Topical Fluoride Treatment. *The Angle Orthodontist*, 77(2), 342–348. <https://doi.org/10.2319/031706-112>
- Walker, M. P., White, R. J., & Kula, K. S. (2005). Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of nickel-titanium-based orthodontic wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(6), 662–669. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.01.015>
- Wataha, J. C. (2000). Biocompatibility of dental casting alloys: A review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 83(2), 223–34.
- Watanabe, I., & Watanabe, E. (2003). Surface changes induced by fluoride prophylactic agents on titanium-based orthodontic wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123(6), 653–656. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(03\)00197-5](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(03)00197-5)
- Wilkins, E. M. (1989). Auxiliary Plaque Control Measures. In E.M (Ed.), *Clinical Practice of the Dental Hygienist* (6th ed., pp. 317–336). Philadelphia: Lea & Febiger.
- Williams, P., Fenwick, A., Schou, L., & Adams, W. (1987). A clinical trial of an orthodontic toothbrush. *European Journal of Orthodontics*, 9(4), 295–304.