



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EFEITOS DO USO DE DENTÍFRICOS COM CARVÃO ATIVADO
EM CADEIAS ELÁSTICAS ORTODÔNTICAS – ESTUDO *IN*
*VITRO***

Trabalho submetido por
Mariana Barros Isidro do Carmo
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Outubro de 2021



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EFEITOS DO USO DE DENTÍFRICOS COM CARVÃO ATIVADO
EM CADEIAS ELÁSTICAS ORTODÔNTICAS – ESTUDO *IN
VITRO***

Trabalho submetido por
Mariana Barros Isidro do Carmo
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Mariano Pereira

e coorientado por
Prof. Doutora Iman Bugaighis

Outubro de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Doutor Pedro Mariano Pereira, por todo o empenho do início ao fim desta investigação, pela ajuda e disponibilidade imprescindíveis para a conclusão deste trabalho. O sentido de dedicação aos projetos e rigor no trabalho que aprendi consigo são ensinamentos que nunca esquecerei.

Agradeço à minha coorientadora, Prof. Doutora Iman Bugaighis, pelo apoio contínuo, pelo interesse constante e por todas as palavras de encorajamento.

À Prof. Doutora Madalena Oom, pela ajuda indispensável no processo laboratorial, na confeção da saliva artificial, no desenvolvimento do protocolo experimental e por todo o tempo dispensado neste projeto.

Ao Prof. Doutor Luís Proença, por toda a contribuição no tratamento estatístico deste trabalho e na posterior interpretação dos resultados obtidos.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, por ter permitido a realização deste trabalho no Laboratório de Biomateriais e pelas suas explicações sobre as máquinas utilizadas.

Quero agradecer muito à minha família. Aos meus pais, que tornaram este sonho uma realidade, me apoiaram em cada contratempo e aplaudiram cada vitória e, por isso, estarei eternamente agradecida. Ao meu pai, por ser o pilar da nossa família, por me ter ensinado a ser honesta, sonhadora, trabalhadora e empenhada, tudo o que sou e sei aprendi consigo. À minha mãe, por ser a melhor ouvinte, por todas as manhãs que acordou demasiado cedo para me levar ao comboio e por todas as noites que estudou comigo, ensinou-me a nunca desistir e a lutar pelos meus sonhos. À minha mana Chica, por seres quem me atura e alegra diariamente, quando não estás a casa fica vazia, os dias aborrecidos e a vida menos bonita, obrigada por seres a minha melhor amiga. Ao Picasso, por ser o cão mais carinhoso, é a peça que faltava à nossa família e que há 1 ano ficou completa.

À minha avó Isabel, por ser a mulher corajosa, trabalhadora e dedicada à família que é, é uma inspiração diária.

Ao João, pela paciência infinita que tens, pela atitude calma e pacífica que sempre assumes e por teres sido o meu porto seguro nos últimos 5 anos.

À Sofia, por seres a minha amiga mais antiga e que, mesmo sendo de economia, descobriste uma forma de me ajudar neste trabalho.

Às 6 amigas que a faculdade me deu: Bea, Carolina, Jess, Joana, Luísa e Rita, convosco estes 5 anos passaram a correr, o caminho tornou-se mais fácil e divertido. Nunca esquecerei as gargalhadas, os dias na clínica, as tardes de estudo e as idas ao brunch.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, por 5 anos de ensinamentos e desafios constantes.

A todos, o meu muito obrigada!

RESUMO

Objetivos: As cadeias elásticas são materiais utilizados diariamente na prática clínica da ortodontia. Estas, idealmente, devem exercer uma força constante ao longo do tratamento. Uma higiene oral cuidada é fundamental para o sucesso do tratamento, pelo que é necessário um controlo mecânico e químico adequado da placa bacteriana. Por isso, a presente investigação teve como objetivo avaliar e analisar a possível influência de pastas dentífricas com carvão ativado nas propriedades das cadeias elásticas ortodônticas.

Materiais e Métodos: Neste estudo *in vitro*, foi utilizada uma amostra de 450 segmentos de cadeias elásticas de três marcas diferentes: 3M Unitek[®], Ormco[®] e Ortho Classic[®]. Estes foram mantidas em saliva artificial a 37°C e escovadas duas vezes ao dia, com três dentífricos distintos: Colgate[®] Total, Colgate[®] Max White e Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste. Cada cadeia permaneceu num estiramento de 50% do seu comprimento inicial. Foram estabelecidos três parâmetros de avaliação: a força, a resistência à tração e a variação da cor. Os registos destes parâmetros foram realizados ao dia zero, ao 7º dia, ao 21º dia e ao 28º dia. Recorreu-se a estatística descritiva, aos testes ANOVA *one-way* e *Tukey HSD* para avaliar estatisticamente os resultados com $p \leq 0,05$.

Resultados: Todos os dentífricos afetaram significativamente, ao longo do tempo, a tensão elástica das cadeias elásticas ($p \leq 0,004$). Apenas o dentífrico contendo carvão ativado e sem flúor afetou o ponto de rutura das cadeias da Ormco[®] ao 28º dia ($p \leq 0,001$). Ainda, verificou-se alterações estatisticamente significativas na cor dos segmentos das três marcas estudadas ($p \leq 0,011$).

Conclusões: Os diversos dentífricos utilizados nesta investigação demonstraram uma influência estatisticamente significativa na tensão elástica. Porém os dentífricos utilizados não afetaram significativamente a variação da cor dos elásticos ortodônticos em cadeia.

Palavras-chave: carvão ativado, cadeias elásticas ortodônticas, força elástica, estabilidade de cor.

ABSTRACT

Aims: Orthodontic elastomeric chains (EC) are auxiliary materials used daily in orthodontic clinical practice. These, ideally, should exert a continuous force throughout the treatment. Good oral hygiene is essential for a successful orthodontic treatment. This requires adequate mechanical and chemical bacterial plaque control. Therefore, this study aimed to evaluate and analyze the possible influence of activated charcoal toothpaste on the properties of orthodontic EC.

Materials and Methods: in this *in vitro* study, a sample of 450 segments from three different brands of ECs was used: 3M Unitek[®],Ormco[®] and Ortho Classic[®]. These pieces were kept in artificial saliva at 37°C and brushed twice a day, with three distinct types of toothpaste: Colgate[®] Total, Colgate[®] Max White and Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste. Each EC segment was stretched up to 50% of its initial length. Three evaluation parameters were established: tensile strength, resistance to traction and color variation. These parameters were recorded at time zero, day 7, day 21 and day 28. Descriptive statistics, ANOVA *one-way* and *Tukey HSD* tests were used to statistically evaluate the outcome at $p \leq 0,05$.

Results: The three types of toothpaste significantly reduced the tensile strength of the EC segments over time ($p \leq 0,004$). However, only the toothpaste containing activated charcoal and without fluoride affected the breaking point of the Ormco[®] EC at day 28 ($p \leq 0,001$). Furthermore, there was a statistically significant alteration of the color of the three ECs examined brands ($p \leq 0,011$). The three brands of chains evaluated had significant differences between them.

Conclusion: The different toothpastes used in this study showed a statistically significant influence on the elastic tensile strength. However, the toothpastes used did not significantly affected the ECs color.

Keywords: activated charcoal, orthodontic elastic chains, tensile strength, color stability.

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	15
1. Contextualização e Justificação do Trabalho	15
2. Objetivos	16
2.1. Objetivo Geral	16
2.2. Objetivos Específicos	17
3. Metodologia de Investigação Resumida	17
4. Revisão Bibliográfica	18
4.1. Cadeias Elásticas Ortodônticas	18
4.1.1. História e evolução	19
4.1.2. Aplicações clínicas das cadeias elásticas.....	20
4.1.3. Vantagens e desvantagens das cadeias elásticas.....	21
4.2. Biomecânica das Cadeias Elásticas Ortodônticas	22
4.3. Higiene Oral no Tratamento Ortodôntico	26
4.4. Pastas Dentífricas com Agentes Branqueadores	26
4.4.1. Pastas dentífricas com carvão ativado	27
4.5. Estudos Precedentes	29
II. MATERIAIS E MÉTODOS	33
1. Métodos de Pesquisa Bibliográfica	33
2. Tipo de Estudo	33
3. Local de Estudo	33
4. Amostra	34
4.1. Cadeias Elásticas Ortodônticas	34
4.2. Dentífricos.....	35
5. Metodologia de Investigação	36
5.1. Placas de Resina Acrílica	36
5.2. Solução de Saliva Artificial.....	38
5.3. Incubação	39
5.4. Avaliação das Cadeias Elásticas Ortodônticas.....	42
5.4.1. Determinação da força exercida pelas cadeias elásticas	44
5.4.2. Determinação do ponto de rutura das cadeias elásticas	46
5.4.3. Determinação da cor das cadeias elásticas.....	46
6. Hipóteses da Investigação	48
7. Metodologia de Análise Estatística	50

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
1. Resultados.....	51
1.1. Avaliação da Tensão Elástica das Cadeias Elásticas no Momento Inicial... 51	51
1.2. Avaliação do Ponto de Rutura das Cadeias Elásticas no Momento Inicial.. 53	53
1.3. Avaliação da Tensão Elástica, ao Longo do Tempo, das Cadeias Elásticas Após a Escovagem com os Diferentes Dentífricos	55
1.4. Avaliação do Ponto de Rutura, ao Longo do Tempo, das Cadeias Elásticas Após a Escovagem com os Diferentes Dentífricos	63
1.5. Avaliação da Cor, ao Longo do Tempo, das Cadeias Elásticas Após a Escovagem com os Diferentes Dentífricos.....	71
2. Discussão.....	77
2.1. Escolha da Investigação e Relevância Clínica	77
2.2. Escolha do Método de Investigação.....	78
2.3. Discussão dos Resultados.....	80
2.4. Limitações da Investigação	83
2.5. Sugestões para Estudos Futuros	83
IV. CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama tensão-deformação. LP - limite de proporcionalidade; PR - ponto de rutura. (Adaptado de Profft et al, 2013).....	23
Figura 2 - Representação esquemática da deformação elástica ou reversível sofrida por uma cadeia polimérica (Adaptado de Anusavice et al, 2013).	24
Figura 3 - Representação esquemática da deformação viscoelástica sofrida por uma cadeia polimérica (Adaptado de Anusavice et al, 2013).	24
Figura 4 - Embalagem da 3M Unitek®.....	34
Figura 5 - Segmento elástico da 3M Unitek®.....	34
Figura 6 - Embalagem da Ortho Classic®.....	35
Figura 7 - Segmento elástico da Ortho Classic®.	35
Figura 8 - Embalagem daOrmco®.	35
Figura 9 - Segmento elástico da Ormco®.	35
Figura 10 – Dentífrico Colgate® Total Original utilizado.....	35
Figura 11 - Dentífrico Colgate® Max White Charcoal utilizado.....	36
Figura 12 – Dentífrico Dr.Organic® Extra Whitening Charcoal Toothpaste utilizado. 36	
Figura 13 - Exemplar da placa de acrílico utilizada com os segmentos colocados.....	37
Figura 14 - Esquema da divisão dos vários grupos que compuseram a amostra estudada.	38
Figura 15 - Preparação da saliva artificial.....	39
Figura 16 - Controlo do pH final da solução.....	39
Figura 17 - Estufa utilizada.	40
Figura 18 - Cadeias elásticas em saliva artificial na estufa a 37°C.	40
Figura 19 - Seringa graduada utilizada.....	41
Figura 20 - Colocação de dentífrico nas cadeias.	41
Figura 21 - Momento da escovagem em 10 repetições de movimentos de vai-e-vem..	41
Figura 22 - Metodologia usada para a avaliação das cadeias elásticas e respetiva distribuição dos grupos de estudo.....	43
Figura 23 - Máquina de Teste Universal Shimadzu Autograph AG-IS.	44
Figura 24 – Jig utilizado. O elástico foi colocado nos apoios de cada uma das peças do jig. Este foi inserido na máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS para a realização das medições.....	45

Figura 25 - Momento da medição da força exercida pelo elástico em 50% de estiramento na máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS.	45
Figura 26 - Momento da tração da cadeia elástica a uma velocidade de 100 mm/min na máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS.	46
Figura 27 - Espectrofotômetro SpetroShade Micro utilizado.	47
Figura 28 - Calibração do aparelho.	47
Figura 29 - Valores médios da tensão elástica inicial, em Newtons, no momento zero, de cada uma das marcas.	52
Figura 30 - Valores médios distância em que ocorreu o ponto de rutura, em milímetros, no momento zero, de cada uma das marcas.	54
Figura 31 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca 3M Unitek® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	56
Figura 32 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marcaOrmco® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	57
Figura 33 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca Ortho Classic® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	58
Figura 34 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca 3M Unitek® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	64
Figura 35 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marcaOrmco® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	65
Figura 36 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca Ortho Classic® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos estudos in vitro precedentes.	29
Tabela 2 - Valores médios da tensão elástica inicial, em Newtons, no momento zero, de cada uma das marcas.	51
Tabela 3 - Teste ANOVA one-way para a tensão elástica no momento inicial.	52
Tabela 4 - Comparações múltiplas de Duncan para a tensão elástica no momento inicial.	53
Tabela 5 - Valores médios distância em que ocorreu o ponto de rutura, em milímetros, no momento zero, de cada uma das marcas.....	53
Tabela 6 - Teste ANOVA one-way para o ponto de rutura no momento inicial.....	54
Tabela 7 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para o ponto de rutura no momento inicial.	55
Tabela 8 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca 3M Unitek® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	55
Tabela 9 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca Ormco® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	56
Tabela 10 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca Ortho Classic® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	57
Tabela 11 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados ao 7º dia para a tensão elástica.	58
Tabela 12 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para a tensão elástica no 7º dia. ..	59
Tabela 13 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados ao 21º dia para a tensão elástica.	59
Tabela 14 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para a tensão elástica no 21º dia. 60	
Tabela 15 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados ao 28º dia para a tensão elástica.	60
Tabela 16 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para a tensão elástica no 28º dia. 61	
Tabela 17 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para a tensão elástica das três marcas estudadas.....	61

Tabela 18 - Teste de comparações múltiplas entre as três marcas de cadeias elásticas ortodônticas ao longo do tempo, para a tensão elástica.....	62
Tabela 19 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para a tensão elástica dos três dentífricos estudados.....	62
Tabela 20 - Teste de comparações múltiplas entre as três pastas dentífricas ao longo do tempo, para a tensão elástica.	62
Tabela 21 - Teste de efeitos dentre-sujeitos para a tensão elástica das cadeias elásticas ortodônticas.	63
Tabela 22 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca 3M Unitek® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	64
Tabela 23 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca Ormco® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	64
Tabela 24 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca Ortho Classic® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.	65
Tabela 25 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados ao 7º dia para o ponto de rutura.....	67
Tabela 26 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para o ponto de rutura no 7º dia. .	67
Tabela 27 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados ao 21º dia para o ponto de rutura.	67
Tabela 28 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para o ponto de rutura no 21º dia.	68
Tabela 29 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados ao 28º dia para o ponto de rutura.	68
Tabela 30 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para o ponto de rutura no 28º dia.	69
Tabela 31 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para o ponto de rutura das três marcas estudadas.	69
Tabela 32 - Teste de comparações múltiplas entre as três marcas de cadeias elásticas ortodônticas ao longo do tempo, para o ponto de rutura.	70
Tabela 33 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para o ponto de rutura dos três dentífricos estudados.	70
Tabela 34 – Teste de comparações múltiplas entre as três pastas dentífricas ao longo do tempo, para o ponto de rutura.....	70

Tabela 35 - Teste de efeitos dentre-sujeitos para o ponto de rutura das cadeias elásticas ortodônticas.	71
Tabela 36 - Valores médios do ΔE , para a cor, de cada marca de cadeias elásticas quando expostas aos diferentes dentífricos ao 7º dia.....	72
Tabela 37 - Valores médios do ΔE , para a cor, de cada marca de cadeias elásticas quando expostas aos diferentes dentífricos ao 21º dia.....	72
Tabela 38 - Valores médios do ΔE , para a cor, de cada marca de cadeias elásticas quando expostas aos diferentes dentífricos ao 28º dia.....	72
Tabela 39 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados do $\Delta E(T7)$	73
Tabela 40 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para o $\Delta E(T7)$	73
Tabela 41 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados do $\Delta E(T21)$	73
Tabela 42 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para o $\Delta E(T21)$	74
Tabela 43 - Teste estatístico ANOVA one-way para a avaliação dos resultados do $\Delta E(T28)$	74
Tabela 44 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para o $\Delta E(T28)$	75
Tabela 45 - Teste de comparações múltiplas entre as três marcas de cadeias elásticas ortodônticas ao longo do tempo, para a magnitude da variação de cor.	76
Tabela 46 - Teste de comparações múltiplas entre as três pastas dentífricas ao longo do tempo, para a magnitude da variação de cor.....	76
Tabela 47 - Teste de efeitos dentre-sujeitos para a magnitude da variação de cor das cadeias elásticas ortodônticas.	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz

I. INTRODUÇÃO

1. Contextualização e Justificação do Trabalho

As cadeias elásticas são utilizadas frequentemente em Ortodontia devido às suas diversas aplicações, entre elas: o encerramento de espaços, fixação do arco aos *brackets*, correção de desvios e trações dentárias. Idealmente, a força exercida por estas deverá ser constante durante o tratamento ortodôntico (Kochenborger *et al*, 2011).

Contudo, apesar das suas inúmeras vantagens, as forças exercidas pelas cadeias elásticas são inconstantes, visto que se alteram ao longo do tempo, sendo vários os fatores que contribuem para a sua degradação e, conseqüente, perda de elasticidade e força. Alguns desses fatores são: a configuração da cadeia, o pré-estiramento exercido, a saliva, as alterações de pH, os alimentos, a higiene química e a ação física de mastigação e da escovagem (Weissheimer *et al*, 2013). Existe um grande número de estudos publicados a demonstrarem essa degradação e a determinar quais as suas causas (Kochenborger *et al*, 2011). Por outro lado, a resistência a alterações de cor dos elásticos ortodônticos também tem vindo a ser estudado, dado que os elásticos sofrem uma degradação tanto química como mecânica, que podem conduzir à sua pigmentação (Hussein & Mohammed, 2018^a).

Os pacientes ortodônticos apresentam retentores adicionais de placa bacteriana na sua cavidade oral, desta forma uma higiene oral cuidada é essencial (Ficho *et al*, 2014). Existem múltiplos estudos a demonstrar que o controlo mecânico do biofilme é o mais eficaz e o mais correto. Assim, na escovagem, a utilização de dentífricos e colutórios adequados ao paciente ortodôntico é fundamental. Por conseguinte, na cavidade oral, os elásticos encontram-se em contacto direto com a saliva e com todas as substâncias presentes quer na dieta quer na higiene oral do paciente, incluindo as substâncias ativas dos dentífricos (Pithon *et al*, 2014).

Nos últimos anos, ocorreu um aumento de procura e oferta de pastas dentífricas contendo carvão ativado na sua composição, devido à constante procura pelos consumidores de produtos branqueadores de uso doméstico. Este composto, segundo os fabricantes, remove os pigmentos externos do esmalte, mas, por outro lado, poderá ser excessivamente abrasivo devido ao tamanho das partículas presentes (Brooks *et al*, 2017; Pertiwi *et al*, 2017).

Dos principais motivos que conduzem ao tratamento ortodôntico é a estética dentária e a harmonia do sorriso. Geralmente, o paciente ortodôntico preocupa-se com a sua estética a nível de alinhamento dentário, mas também de cor, desejando dentes mais brancos. Por esta razão, é frequente procurarem métodos de branqueamento através de pastas dentífricas, durante e no final do tratamento ortodôntico (Santos *et al*, 2018; Consolaro *et al*, 2011).

Deste modo, coloca-se a questão: será que as substâncias ativas presentes nos dentífricos, particularmente o carvão ativado, alteram a cor e influenciam diretamente a força exercida pelas cadeias elásticas sobre os dentes, comprometendo o tratamento ortodôntico? Uma vez sendo o objetivo deste estudo a resposta desta questão, justifica-se a sua realização. Por outro lado, após uma pesquisa da literatura, constatou-se existir uma escassez de estudos abordando os efeitos que os dentífricos com carvão ativado podem ter na cavidade oral e na aparatologia ortodôntica. É de notar também, não existir nenhum estudo idêntico ao presente, sendo impossível ter uma resposta à questão colocada sobre este assunto pela literatura.

Caso se verifiquem ligações entre o uso destas pastas dentífricas e a diminuição de força verificada, este estudo tornar-se-á um auxílio para médicos dentistas generalistas e especialistas em ortodontia, na escolha das cadeias elásticas mais adequadas a utilizar, do intervalo de tempo entre consultas para a substituição das mesmas (dado que será feita uma monitorização das amostras ao longo do tempo) e, ainda, apoiar no aconselhamento dos seus pacientes para a escolha correta de pastas dentífricas a utilizar durante o tratamento ortodôntico.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é avaliar e analisar a possível influência de pastas dentífricas com carvão ativado nas propriedades das cadeias elásticas ortodônticas.

2.2. Objetivos Específicos

Apresenta-se como objetivos específicos deste trabalho:

- Verificar a presença de degradação das cadeias elásticas das três marcas estudadas: 3M Unitek^{®1}, Ormco^{®2} e Ortho Classic^{®3};
- Verificar a presença de degradação das cadeias elásticas das três marcas quando sujeitas a três dentífricos diferentes: Colgate[®] Total Original⁴, uma pasta de dentes com flúor e sem carvão na sua composição; Colgate[®] Max White Charcoal⁵, uma pasta de dentes com flúor e com carvão na sua composição; Dr.Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste⁶, uma pasta de dentes sem flúor e com carvão na sua composição.
- Realizar uma análise comparativa entre os diferentes dentífricos em relação à degradação que poderão causar nas cadeias.
- Realizar uma análise comparativa da degradação das três marcas de cadeias elásticas estudadas.
- Verificar a existência ou não de alteração de cor das cadeias elásticas das três marcas quando sujeitas aos três dentífricos diferentes.
- Realizar uma análise comparativa entre os diferentes dentífricos em relação ao efeito que poderão ter na alteração de cor.
- Realizar uma análise comparativa da alteração de cor das três marcas de cadeias elásticas estudadas.

3. Metodologia de Investigação Resumida

Neste estudo experimental foram testados, no total, 450 segmentos de cadeias elásticas, 150 segmentos de cada uma das seguintes marcas: 3M Unitek[®], Ormco[®] e Ortho Classic[®]. Durante o período de incubação, as amostras foram reservadas em saliva

¹ 3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia, USA

² Ormco, Glendora, USA

³ OC Orthodontics, McMinnville, USA

⁴ Colgate – Palmolive, New York, USA

⁵ Colgate – Palmolive, New York, USA

⁶ Dr. Organic, Swansea, UK

artificial a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. De forma a testar os efeitos do uso diário dos três dentífricos utilizados, Colgate® Total Original, Colgate® Max White Charcoal, Dr.Organic® Extra Whitening Charcoal Toothpaste, as cadeias elásticas foram submetidas a uma simulação de escovagem manual duas vezes ao dia, ao longo de 28 dias.

Cada cadeia foi colocada em pinos paralelos fixos em placas de acrílico, sofrendo um estiramento de 50% do seu comprimento inicial.

Foram estabelecidos três parâmetros de avaliação das amostras: a tensão elástica, a resistência à tração e a cor. Os dois primeiros parâmetros foram avaliados usando a máquina de teste universal e o último com um espectrofotômetro. As avaliações foram feitas previamente à escovagem e, de seguida, no 7º dia de escovagem, 14º dia e 28º dia.

4. Revisão Bibliográfica

4.1.Cadeias Elásticas Ortodônticas

As cadeias elásticas ortodônticas são muito utilizadas na retração de caninos e fecho de espaços. As cadeias elásticas sintéticas têm variações de tamanho, existindo geralmente três tipos, que são escolhidas de acordo com a distância entre o centro de um elo ao outro: as curtas (3mm), as médias (3,6mm) e as longas (4mm) (Henriques *et al*, 2003; Loriato *et al*, 2006). Podem ainda apresentar-se como cadeias abertas, tendo espaços entre os elos, ou fechadas/contínuas. Estas estão também disponíveis em várias cores e transparente (Halimi *et al*, 2012). Inicialmente, apenas eram produzidas cadeias elásticas transparentes, mas, devido à crescente procura pela estética, foram criadas cadeias coloridas. A cor é dada por partículas que são adicionadas à matriz dos elásticos. No entanto, a pigmentação afeta a força das cadeias elásticas, segundo a evidência na literatura existente (Antony & Paulose, 2014).

O conhecimento das variações e alterações das propriedades mecânicas das cadeias elásticas quando em estiramento torna-se fundamental para a aplicação destes materiais, dado que permanecem na cavidade oral durante algum tempo e será desejável que, durante esse intervalo, exerçam uma força clinicamente adequada (Kochenberger *et al*, 2011). Vários foram os estudos realizados em elásticos em cadeia, concluindo-se que

a maioria das marcas apresentam, usualmente, uma perda de 50% a 70% da sua força inicial no primeiro dia de colocação. Sendo que, ao fim de três semanas, os elásticos retêm apenas 30% a 40% da sua força inicial (Singh *et al*, 2012).

Ao nível da composição e da estrutura, as cadeias elásticas são poliuretanos, polímeros termofixos, formados numa reação de polimerização em etapas. Na fase inicial, é formado um polímero de baixo peso molecular, normalmente um poliéster ou um poliéter, que reage com um di-isocianato aromático para produzir um pré-polímero. Este sofre um processo de vulcanização através de grupos isocianatos por reação com álcoois e glicóis (Brantley & Eliades, 2001). Assim, as cadeias elastoméricas disponíveis no mercado são produzidas por injeção em moldes e podem ser poli(éster)uretanos ou poli(éter)uretanos. O processo de produção, a composição dos elastómeros, os aditivos neles colocados e diferenças morfológicas e dimensionais das cadeias levam às variações da força elástica entre as várias marcas (Eliades *et al*, 2004).

4.1.1. História e evolução

Todos os elásticos, quando combinados com um paciente cooperante, são componentes valiosos do tratamento ortodôntico e têm a capacidade de corrigir tanto discrepâncias ântero-posteriores como verticais (Singh *et al*, 2012).

A introdução das cadeias elásticas, como parte integrante da prática diária da ortodontia, ocorreu durante a década de 60 do século XX (Baty *et al*, 1994).

A designação mais correta para os elásticos ortodônticos em cadeia é elastómero, que são materiais que após deformação possuem a capacidade de voltar à dimensão original. Na ortodontia, estes são utilizados para gerar forças ligeiras e contínuas para retração de dentes, fechar diastemas e corrigir rotações (Baty *et al*, 1994). As forças produzidas são influenciadas por inúmeros fatores: o tipo de material da cadeia, o ponto de aplicação e direção da força, a anatomia radicular dos dentes, a saúde e idade do paciente (Henriques *et al*, 2003).

O registo conhecido mais antigo de elastómeros é a borracha natural nas civilizações Incas e Maias (Baty *et al*, 1994). Esta era obtida da árvore *Hevea brasiliensis* proveniente da Amazônia (Martins *et al*, 2006). Baker, Case e Angle foram os primeiros

Ortodontistas a defenderem o uso da borracha natural (Baty *et al*, 1994; Singh *et al*, 2012). Contudo, a utilização destas borrachas naturais era limitada devido à instabilidade térmica e elevada absorção de água das mesmas. Assim, ao longo dos tempos os elastómeros sofreram modificações para melhorar as suas propriedades físicas, tais como a vulcanização, preconizado por Charles Goodyear em 1839, aumentando a elasticidade e estabilidade térmica, o que promoveu um aumento considerável da utilização de elastómeros (Alexandre *et al*, 2008; Martins *et al*, 2006). Durante a Primeira Grande Guerra, de 1914 a 1918, a importância da borracha tornou-se evidente, assim, sendo a borracha natural escassa iniciou-se, nesta época, o desenvolvimento de borracha sintética. Deste modo, na década de vinte, empresas petroquímicas, chefiadas por cientistas alemães e norte-americanos, iniciam o fabrico de borracha sintética com fraca atração molecular, consistindo em ligações primárias e secundárias (Martins *et al*, 2006; Singh *et al*, 2012). Atualmente, os elastómeros são poliuretanos, que se trata mais especificamente de polímeros amorfos formados por polimerização de condensação, apresentando características tanto de borracha como de plástico (Alexandre *et al*, 2008; Brantley & Eliades, 2001).

Por fim, a classificação dos elásticos ortodônticos pode ser feita de acordo com três critérios distintos: material, uso dado e força aplicada. Em relação à classificação de acordo com o material que os compõe, existem elásticos sintéticos/plásticos e elásticos de borracha/látex, tendo diferentes aplicações. Os de látex são utilizados em conjunto com aparelhos extra-orais ou como elásticos intermaxilares. Os sintéticos têm como indicação a retração de caninos, encerramento de diastemas, correção de giroversões, fecho de espaços e como substitutos de ligaduras metálicas (Henriques *et al*, 2003; Singh *et al*, 2012).

4.1.2. Aplicações clínicas das cadeias elásticas

Os elásticos foram introduzidos na Ortodontia inicialmente para melhorar a relação na intercuspidação dentária e também para corrigir as relações entre as bases ósseas. As cadeias elásticas foram adotadas já nos anos 60, quando a exodontia surgiu como uma hipótese de tratamento em determinados casos e posteriormente seria necessário encerrar esses espaços livres. As cadeias passaram a ser usadas para gerar

forças leves e contínuas na retração de dentes, no encerramento de espaços e diastemas, na correção rotacional e, especialmente, durante a retração de caninos após a extração de pré-molares (Alexandre *et al*, 2008; Baratieri *et al*, 2012). As cadeias têm ainda a função de fixação do arco ortodôntico aos *brackets*, substituindo as ligaduras metálicas e elásticas (Neto, 2001; Araújo & Ursi, 2006).

No entanto, existem outros produtos disponíveis no mercado com as mesmas aplicações que os elastómeros em cadeia, nomeadamente, molas incorporadas ou confeccionadas nos arcos ortodônticos e molas de níquel-titânio (Neto, 2001).

4.1.3. Vantagens e desvantagens das cadeias elásticas

Entre os vários mecanismos usados na ortodontia para movimentação dentária, o recurso a cadeias elásticas é, indiscutivelmente, o mais utilizado na prática diária, devido às suas inúmeras vantagens (Yagura *et al*, 2013). As cadeias elásticas ortodônticas são um recurso de baixo custo, simples de utilizar pelo clínico, fácil de higienizar, que requer pouca ou até mesmo nenhuma colaboração por parte do paciente (Alexandre *et al*, 2008) e são compatíveis com os tecidos moles da cavidade oral (Yagura *et al*, 2013). A disponibilidade de uma variada gama de cores de elásticos também se torna uma vantagem, para a motivação, interesse e cooperação do paciente (Henriques *et al*, 2003).

Apesar das várias vantagens expostas, as cadeias elásticas apresentam limitações relevantes para que não seja considerado o material ideal (Araújo & Ursi, 2006). Entre as suas desvantagens, é de realçar serem sensíveis à exposição prolongada à água, a enzimas presentes na cavidade oral e à temperatura. É de referir ainda que a pigmentação utilizada no fabrico de elásticos coloridos pode interferir na degradação da força (Kochenborger *et al*, 2011). Assim sendo, os elastómeros utilizados nas cadeias elásticas e ligaduras, tal como a borracha, têm tendência para se deteriorar na sua capacidade elástica após um período relativamente pequeno em boca. Isto ocorre por absorverem água, sendo pouco resistentes ao meio intraoral. Contudo, esta característica não torna os elastómeros contraindicados em situações de encerramento de pequenos espaços. Deve ser tido em conta, quando estes são utilizados no movimento dentário, que a sua força diminui rapidamente, podendo assim ser considerados materiais que desenvolvem forças interrompidas em vez de contínuas (Proffit *et al*, 2013).

Portanto, o meio interfere no comportamento dos elásticos quando são mantidos em estiramento continuamente. Estudos relatam que os elastômeros quando testados em meio húmido apresentam uma maior degradação na tensão elástica do que quando testados em meio seco. Em relação à temperatura, quanto mais alta for menor será a força gerada pelas cadeias elásticas e ligaduras (Kochenborger *et al*, 2011).

4.2. Biomecânica das Cadeias Elásticas Ortodônticas

A elasticidade, sendo a principal característica dos materiais elásticos, é aquela que define a sua eficiência. Esta propriedade refere-se à capacidade que determinado material tem para retornar à sua forma e dimensão original, após ser aplicada uma força. O padrão geométrico e o tipo de atração molecular presente nos elastômeros é que irá definir a sua elasticidade (Alexandre *et al*, 2008).

As cadeias elásticas, contudo, não tem uma capacidade elástica perfeita, dado que sofrem deformação permanente e diminuição de força ao longo do tempo. O mecanismo desta deformação é predominantemente relacionado com o deslizamento das cadeias moleculares e o alongamento molecular (Mirhashemi *et al*, 2012). A deformação, por sua vez, existe em três tipos diferentes: elástica, plástica e viscoelástica. O tipo de deformação que um material sofreu é avaliada num diagrama de tensão-deformação, apresentado na figura 1 (Anusavice *et al*, 2013).

O comportamento elástico de um determinado material é definido pela sua resposta de tensão-deformação a uma carga externa. Tanto a tensão como a deformação dizem respeito ao estado interno do material avaliado: a tensão diz respeito à distribuição interna da carga, definindo-se por força por unidade de área; a deformação trata-se da distorção interna provocada pela carga, definindo-se por deflexão por unidade de comprimento (Proffit *et al*, 2013).

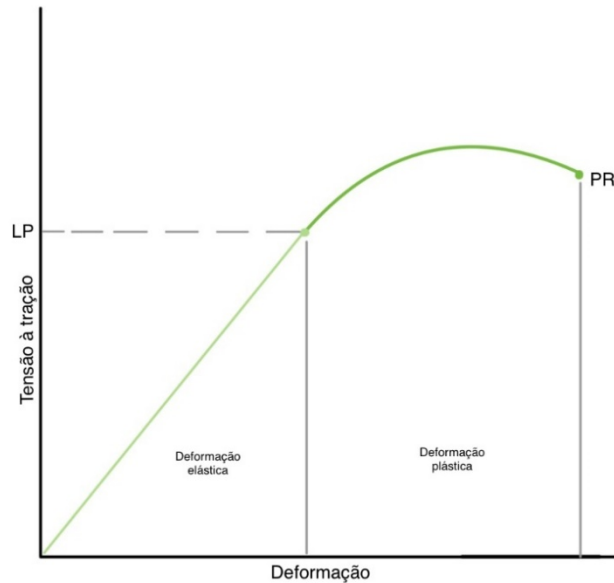


Figura 1 - Diagrama tensão-deformação. LP - limite de proporcionalidade; PR - ponto de rutura. (Adaptado de Profft et al, 2013)

No diagrama de tensão-deformação, três pontos podem ser tidos em conta como representativos das características de um material, sendo estes: o limite de proporcionalidade, o limite de resistência e o ponto de última resistência à tensão. Os primeiros dois pontos descrevem o limite da deformação elástica, ou seja, inicialmente a tensão e deformação são diretamente proporcionais, o que é representado no diagrama por um segmento reto. Aqui, o material tem capacidade de recuperar a sua forma original caso a tensão seja eliminada. Assim, a deformação elástica é totalmente reversível quando as cadeias poliméricas se desenrolam e, em seguida, se enrolam de novo, como está representado na figura 2 (Anusavice *et al*, 2013; Proffit *et al*, 2013).

Desta forma, o módulo de *Young* ou de Elasticidade é um dos parâmetros responsável por descrever o comportamento dos materiais em relação à sua deformação elástica, ou seja, este descreve a rigidez relativa de um material, a qual é mensurável pela inclinação do segmento reto do diagrama de tensão-deformação (Anusavice *et al*, 2013).



Figura 2- Representação esquemática da deformação elástica ou reversível sofrida por uma cadeia polimérica (Adaptado de Anusavice et al, 2013).

Mantendo a força aplicada e sendo ultrapassado o limite de proporcionalidade, o ponto máximo de carga que pode ser exercida sobre a cadeia elástica sem sofrer uma deformação permanente, inicia-se assim a deformação plástica. Este tipo de deformação é irreversível e resulta numa nova forma permanente, devido ao deslizamento entre as cadeias poliméricas (Anusavice *et al*, 2013; Proffit *et al*, 2013).

A deformação viscoelástica é, então, uma combinação da deformação elástica e plástica, em que se dá uma recuperação parcial do material. Ou seja, após retirar a tensão, ao longo do tempo, ocorre uma recuperação da porção elástica da cadeia ortodôntica e a quantidade de deformação que não é recuperada trata-se da porção plástica do material, como é ilustrado na figura 3 (Anusavice *et al*, 2013).

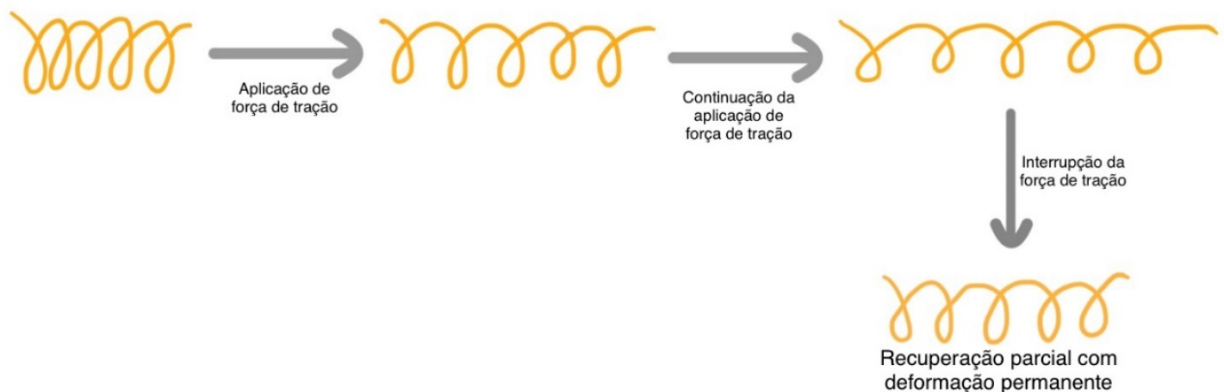


Figura 3- Representação esquemática da deformação viscoelástica sofrida por uma cadeia polimérica (Adaptado de Anusavice et al, 2013).

O padrão de deformação das cadeias elásticas, quando aplicada determinada força, tem sido amplamente estudado, e este é variável consoante a marca comercial das cadeias utilizadas. Apesar de a maioria dos elastômeros em cadeia disponíveis no mercado serem fabricados com materiais similares e com métodos similares, existem vários fatores que justificam as diferenças no comportamento das cadeias, como por exemplo as variações

na técnica de confecção (injeção por molde ou por recorte), a variação nos aditivos incorporados no polímero de poliuretano básico do produto, e as variações nas características morfológicas e dimensionais das cadeias moleculares (Brantley & Eliades, 2001).

Efetivamente, as cadeias elásticas ortodônticas não são o material perfeito, visto que, ao longo do tempo, ocorre uma deformação permanente e perdem força, o que vai contra a um dos principais objetivos ortodônticos, a aplicação de forças leves e contínuas, que permitam o máximo de movimento dentário com o mínimo de efeitos colaterais sobre o periodonto (Mirhashemi *et al*, 2012).

Vellini, em 1996, definiu uma força ortodôntica ideal como aquela capaz de gerar movimento dentário no menor espaço de tempo, sem efeitos secundários a nível periodontal e com o menor desconforto para o paciente. Por outro lado, Schwarz definiu que esta deverá desenvolver uma pressão entre 20 e 26 g por cm² de superfície radicular, comparável à pressão que o sangue exerce sobre os vasos capilares sanguíneos. Esta intensidade de força permite um movimento dentário controlado, sem afetar negativamente o ligamento periodontal e o osso alveolar, com um desconforto suportável. Daí, a força ideal ou força ótima é variável de paciente para paciente, uma vez que fatores como a oclusão e intercuspidação dos dentes, a área de superfície da raiz do dente a ser movimentado, a direção do movimento e a inclinação natural do dente condicionam qual a quantidade de força que deverá ser aplicada (Alexandre *et al*, 2008; Schwarz, 1932; Vellini, 1996).

Consequentemente, a instabilidade das forças geradas pelos elásticos em cadeia, torna-os incapazes de gerar uma força ótima/ideal, leve e contínua, indicada para o movimento dentário, resultando numa diminuição da sua eficiência (Mattos, 2013).

Por fim, é de referir que estudos revelam que a perda de força verificada nas cadeias elásticas era superior em estudos *in vivo* do que *in vitro*, mesmo quando as condições criadas eram bastante semelhantes (Brantley & Eliades, 2001).

4.3.Higiene Oral no Tratamento Ortodôntico

Os pacientes em tratamento ortodôntico são mais propensos à retenção de placa bacteriana, visto que o uso de *brackets*, bandas metálicas, elásticos e arcos promove uma maior acumulação de restos alimentares e dificultam a higiene oral (Ficho *et al*, 2014; Vanderlei *et al*, 2018). Assim, estes acessórios ortodônticos podem levar à desmineralização do esmalte, *white spots*, gengivite e recessões gengivais (Bardal *et al*, 2011). Portanto, os pacientes ortodônticos devem ser sujeitos a cuidados particulares com a sua higiene oral, devendo ser corretamente motivados e disciplinados, para prevenir as patologias orais anteriormente descritas (Bardal *et al*, 2011; Santos *et al*, 2018).

A placa bacteriana é considerada o fator etiológico primário da inflamação gengival e da periodontite. A sua formação está associada a várias origens, incluindo a dieta, a higiene oral, a exposição ao flúor, a qualidade da saliva e composição da microflora oral (Chhibber *et al*, 2017). A remoção desta é conseguida através de uma correta escovagem dos dentes, que no caso de um paciente ortodôntico deve ser mais cuidadosa durando no mínimo 10 minutos (Bardal *et al*, 2011).

O tratamento ortodôntico é procurado pelos pacientes por vários motivos, sendo um dos principais a estética dentária e a harmonização do sorriso (Santos *et al*, 2018). Assim, um paciente ortodôntico por norma apresenta preocupações com a estética dentária, incluindo nas suas preocupações a sua higiene oral e a remoção de pigmentação, ambicionando dentes mais brancos. Portanto, é frequente questionarem os profissionais de saúde oral sobre métodos de branqueamento, como as pastas dentífricas branqueadoras, tanto no final como durante o tratamento ortodôntico (Consolaro *et al*, 2011).

4.4.Pastas Dentífricas com Agentes Branqueadores

Na sociedade contemporânea os dentes brancos são vistos como um padrão da perfeição de beleza e estética. Literatura publicada releva que pelo menos 30% dos pacientes apresentam algum grau de insatisfação em relação à cor dos seus dentes. Os fabricantes dos produtos de higiene oral estão cientes disto e, por esta razão, tem ocorrido

um desenvolvimento exponencial de dentífricos branqueadores. Na sua maioria, apresentam ingredientes e formulações semelhantes, que oferecem os benefícios terapêuticos das pastas dentífricas convencionais (anti-cáries e anti-gengivite) adicionando a sua atividade branqueadora através de abrasivos, partículas adsorventes, peróxidos, enzimas ou agentes com efeitos óticos (Franco *et al*, 2020; Joiner, 2010; Vaz *et al*, 2018).

Em geral, estes dentífricos têm como principal benefício a remoção e prevenção de pigmentação extrínseca no esmalte. Esta pigmentação tem como origem determinados alimentos, o tabaco, a ingestão de produtos químicos como a clorexidina ou uma incorreta técnica de escovagem (Casado *et al*, 2018; Joiner, 2010).

Assim, as pastas dentífricas branqueadoras podem ser divididas em quatro grupos consoante a sua formulação. O primeiro grupo engloba as pastas que contém abrasivos como a sílica hidratada, o carbonato de cálcio, o fosfato de cálcio hidratado, a alumina ou o bicarbonato de sódio. Estas removem o biofilme pigmentado da superfície do esmalte e modificam-no de forma a reduzir a adesão do biofilme, prevenindo a coloração. No segundo grupo inclui-se os dentífricos contendo oxidantes ou enzimas que modificam quimicamente os pigmentos aderidos ao dente, reduzindo a sua intensidade. Em terceiro lugar encontram-se os dentífricos com agentes com efeitos óticos, como a *blue covarine*, que alteram a cor aparente do dente depositando uma camada fina e semitransparente de um pigmento azulado, que modifica a interação do dente com a incidência da luz, dando a perceção de estar mais branco e brilhante. Por fim, recentemente foram lançadas para o mercado o último grupo, as pastas dentífricas com carvão ativado que tem a capacidade de adsorverem pigmentos e manchas responsáveis pela pigmentação dos dentes. Contudo, não foram feitos ainda estudos suficientes que comprovem a eficácia do carvão ativado (Vaz *et al*, 2018).

4.4.1. Pastas dentífricas com carvão ativado

O registo mais antigo existente do uso de carvão na saúde oral foi feito por Hipócrates na Grécia Antiga. O carvão era utilizado como um agente de limpeza em várias partes do mundo e por diferentes culturas. Ou seja, o pó natural do carvão era utilizado como um dentífrico de apenas um ingrediente. Porém, existem vários estudos

que demonstram que a utilização do carvão isolado e natural, pode não ser benéfico na limpeza dos dentes e não possui uma capacidade anti-cariogénica (Franco *et al*, 2020).

Os dentífricos contendo carvão ativado tiveram um crescimento rápido na sua popularidade nos últimos anos (Brooks *et al*, 2017). Estes são produtos são utilizados na escovagem para remoção da pigmentação extrínseca e supostamente com um efeito branqueador (Greenwall *et al*, 2019).

O carvão, contido na maioria destas pastas, trata-se de um pó fino na forma de carvão ativado, que sofreu oxidação por meios químicos ou de reaquecimento controlado. Este é proveniente de materiais ricos em carbono, como a casca de noz ou de côco, o bambu, a turfa ou a madeira. A origem do carvão utilizado em cada pasta e os métodos utilizados para a sua preparação influenciará diretamente a abrasividade da mesma, sendo esta a razão da variabilidade da abrasividade entre os vários dentífricos disponíveis no mercado. Um nível de abrasividade superior levará a uma remoção de pigmentação extrínseca mais eficaz, contudo, poderá provocar um desgaste dentário maior, associando-se diretamente a um aumento da hipersensibilidade (Brooks *et al*, 2017; Greenwall *et al*, 2019).

Os dentífricos com carvão ativado funcionam de forma relativamente semelhante aos dentífricos mais convencionais. Assim, supõe-se que o tempo de escovagem, a técnica utilizada e a escova de dentes utilizada têm uma maior influência na qualidade da higiene oral dos pacientes do que os constituintes do dentífrico utilizado (Greenwall *et al*, 2019).

A forma de ação defendida pelas marcas destes produtos é que o carvão ativado se irá ligar a toda a superfície dentária com o auxílio da argila bentonita, nas formulações que contém argila, mantendo a placa bacteriana e os pigmentos nos poros do carvão vegetal, libertando-os da superfície dentária. Contudo, ainda não existe evidência científica suficiente que suporte esta teoria, defendida pelas marcas para promoção dos seus produtos (Greenwall *et al*, 2019).

Dada a elevada capacidade de absorção do carvão ativado, o flúor ou qualquer ião ativo presente nas pastas com carvão não estará disponível para atuar no substrato do dente. A capacidade de absorção do carvão é tão elevada que é utilizada, entre outros propósitos, para extrair o flúor presente em água potável de regiões em que a água disponível contém excesso de flúor. Logo, dentífricos de carvão ativado, mesmo contendo

flúor na sua composição, têm capacidade limitada na remineralização do esmalte, não prevenindo a cárie dentária (Greenwall *et al*, 2019).

4.5. Estudos Precedentes

Na tabela 1 apresentam-se alguns estudos anteriores a este, nos quais são avaliados os efeitos de diferentes pastas dentífricas sobre cadeias elásticas ortodônticas. É de destacar que nenhum dos estudos é idêntico ao presente trabalho de investigação, no entanto, verificaram-se alguns objetivos e pontos similares, que serão aqui expostos e resumidos na Tabela 1.

Tabela 1- Resumo dos estudos *in vitro* precedentes.

ANO	AUTORES	OBJETIVOS	DENTÍFRICOS TESTE	METODOLOGIA	RESULTADOS/DISSCUSSÃO
2014	Pithon, Macena, Prado & Pinto	Avaliar o efeito de substâncias ativas nos dentífricos na força de degradação de cadeias elásticas ortodônticas	-Colgate Sensitive Original -Sensodyne Original - Colgate Luminous White -Oral-B Pró-Saúde Whitening	Duração do estudo: 28 dias. Incubação: em saliva artificial a 37°C. Aplicação do dentífrico: escovagem 3 vezes ao dia. Teste utilizado: medição da força com um dinamómetro.	As cadeias elásticas apresentaram comportamento os semelhantes independente mente da substância usada para a escovagem.
2017	Behnaz, Dalaie, Hosseinpour, Namvar & Kazemi	Avaliar o efeito de dentífricos branqueadores <i>in vitro</i> na perda de força de cadeias elásticas ortodônticas.	-Crest anticavity -Crest 3D whitening -Sensodyne 29ente whitening -Água destilada	Duração do estudo: 28 dias. Incubação: numa solução de água destilada com o dentífrico correspondente a cada grupo experimental a 37°C. Aplicação do dentífrico: imersão em água destilada	Os dentífricos regulares têm menos efeitos adversos nas cadeias do que os dentífricos branqueadores .

				com dentífrico durante 2 minutos 1 vez ao dia. Teste utilizado: máquina de teste universal	
2018b	Hussein & Mohammed	Avaliar e comparar o efeito de escovar ligaduras ortodônticas com diferentes dentífricos branqueadores	-Kin Progressive White -Lacalut white -Silca Brilliant White -Opalescence White -Fluor Kin Regular	Duração do estudo: 4 semanas Incubação: saliva artificial 23 horas e mistura de chá, café, açafrão e água 1 hora por dia Aplicação do dentífrico: escovagem elétrica 1 vez ao dia por 1 minuto. Teste utilizado: medição da cor com espectrofotômetro	O dentífrico sem agentes branqueadores reduziu mais a alteração da cor de ligaduras transparentes do que os outros dentífricos após a exposição à mistura que pigmenta.
2019	Nasab	Avaliar, <i>in vitro</i> , o efeito de 2 tipos de dentífricos e de 3 tipos de colutórios na força de cadeias elásticas ortodônticas.	-Dentífrico sem agentes branqueadores -Dentífrico com agentes branqueadores - Colutório com 0,2% de fluoreto de sódio - Colutório com agentes branqueadores -Colutório sem agentes branqueadores	Duração do estudo: 3 semanas. Incubação: saliva artificial Aplicação do dentífrico: escovagem manual 2 vezes ao dia por 1 minuto. Aplicação do colutório: imersão 2 vezes ao dia por 1 minuto. Teste utilizado: medição da força com um dinamómetro.	O colutório com fluoreto de sódio e dentífrico com agentes branqueadores causam maior degradação de força que os restantes grupos.

Ao analisar os resultados dos vários estudos, verifica-se a inexistência de um consenso em relação ao efeito que as diferentes pastas dentífricas possam ter nas propriedades dos elásticos ortodônticos em cadeia. Existem, ainda, poucos estudos a avaliar a possível influência destes produtos e nenhum utiliza na sua metodologia pastas contendo carvão ativado. Em relação à metodologia, em todos estes estudos foi utilizada apenas uma forma de medir a degradação elástica, sendo relevante avaliar de mais formas e ainda analisar se ocorrem alterações a nível da cor.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Métodos de Pesquisa Bibliográfica

Para a realização desta investigação e da revisão bibliográfica a esta inerente, a estratégia de pesquisa recorreu aos motores de busca e às bases de dados da *PubMed*, da *B-on*, da Google Académico e da *Trip*. Foram também utilizados livros relevantes na área da Ortodontia. Foram analisados artigos disponíveis em três idiomas: inglês, português e francês.

As palavras-chave utilizadas foram: *orthodontic elastomeric chains, degradation of elastomeric chains, oral hygiene in orthodontics, charcoal toothpastes, whitening charcoal toothpastes, effects of toothpaste in orthodontic elastomers*.

Após a revisão bibliográfica verificou-se existirem quatro estudos a abordarem a temática do efeito dos dentífricos sobre cadeias elásticas ortodônticas (Tabela 1). Em nenhum dos trabalhos encontrados foi avaliado o efeito dentífricos que contêm carvão ativado na sua constituição.

2. Tipo de Estudo

O presente estudo enquadra-se numa investigação primária aplicada, quantitativa e experimental. O desenvolvimento do trabalho apresenta duas componentes. Uma componente teórica, que engloba uma revisão bibliográfica narrativa do tema em causa, e uma componente laboratorial, que se enquadra no formato de um estudo experimental *in vitro*.

3. Local de Estudo

A investigação *in vitro* foi realizada em duas fases. A incubação dos materiais em estufa e escovagem das amostras foi realizada nos Laboratórios Gerais do Instituto

Universitário Egas Moniz (IUEM) e a avaliação das amostras no Laboratório de Biomateriais do IUEM.

4. Amostra

4.1. Cadeias Elásticas Ortodônticas

A amostra foi constituída por segmentos de cadeias elásticas transparentes com quatro anéis, de três marcas diferentes. As marcas escolhidas para serem avaliadas foram a 3M Unitek^{®7}, Ormco^{®8} e Ortho Classic^{®9}. A amostra de cada marca consistiu em 150 segmentos de cadeias elásticas, perfazendo um total de 450 segmentos. De forma que as condições de avaliação fossem iguais, foram selecionadas cadeias do tipo fechado e de cor transparente para toda a amostra, o que permitiu também avaliar as alterações de cor com maior exatidão. Assim, os segmentos foram cortados com quatro anéis, que correspondem a um comprimento de 8,5mm na marca 3M Unitek[®], 9mm na Ormco[®] e 9,5mm na Ortho Classic[®] (Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9).



Figura 4 - Embalagem da 3M Unitek[®].

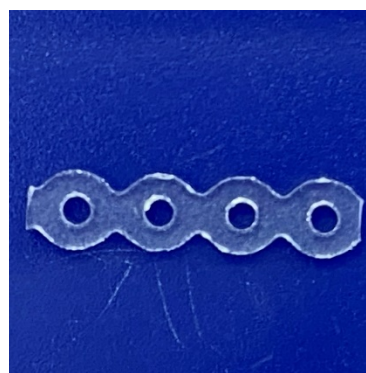


Figura 5- Segmento elástico da 3M Unitek[®].

⁷ 3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia, USA

⁸ Ormco, Glendora, USA

⁹ OC Orthodontics, McMinnville, USA

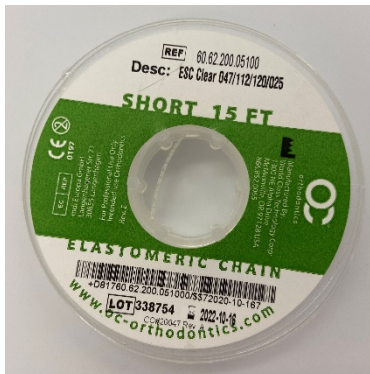


Figura 6 - Embalagem da Ortho Classic®.

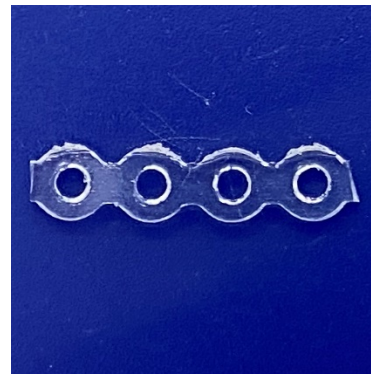


Figura 7 - Segmento elástico da Ortho Classic®.



Figura 8 - Embalagem da Ormco®.



Figura 9 - Segmento elástico da Ormco®.

4.2. Dentífricos

Os dentífricos escolhidos para avaliação foram três:

- Colgate® Total Original¹⁰, uma pasta de dentes com flúor e sem carvão na sua constituição, que irá funcionar como grupo controlo (Figura 10).



Figura 10 – Dentífrico Colgate® Total Original utilizado.

¹⁰ Colgate – Palmolive, New York, USA

- Colgate® Max White Charcoal¹¹, uma pasta de dentes com flúor e com carvão na sua constituição (Figura11).



Figura 11 - Dentífrico Colgate® Max White Charcoal utilizado.

- Dr.Organic® Extra Whitening Charcoal Toothpaste¹², uma pasta de dentes sem flúor e com carvão na sua constituição (Figura12).



Figura 12 – Dentífrico Dr.Organic® Extra Whitening Charcoal Toothpaste utilizado.

O critério de seleção das pastas dentífricas foi ter as três combinações possíveis destes dois constituintes na amostra, sendo possível analisar, posteriormente, se estes têm ou não influência nas cadeias elásticas.

5. Metodologia de Investigação

5.1.Placas de Resina Acrílica

De forma a estabilizar e manter os segmentos estendidos durante toda a investigação, foi necessário a confecção de nove placas de acrílico.

¹¹ Colgate – Palmolive, New York, USA

¹² Dr. Organic, Swansea, UK

Estas foram fabricadas com 24 cm de comprimento, 1 cm de espessura e 3 cm de largura. Em cada uma das placas foram soldados 90 pinos de aço, com 1mm de diâmetro, em duas linhas paralelas possibilitando colocar as 45 cadeias em cada placa, sendo 15 por marca, com a distância de 5 mm entre as cadeias (Figura 13).

A decisão do tamanho da amostra foi baseada em que, para um nível de significância de 5% e uma potência de 95%, o valor mínimo a considerar seriam nove segmentos de cada marca por grupo, assim, a escolha foi de 15 segmentos.

Sendo o propósito destas placas possibilitarem um estiramento de 50% do comprimento inicial das cadeias, os pinos foram colocados a 12,75 mm de distância para as cadeias da 3M Unitek®, a 13,5 mm para as daOrmco® e a 14,25 mm para as da Ortho Classic®.

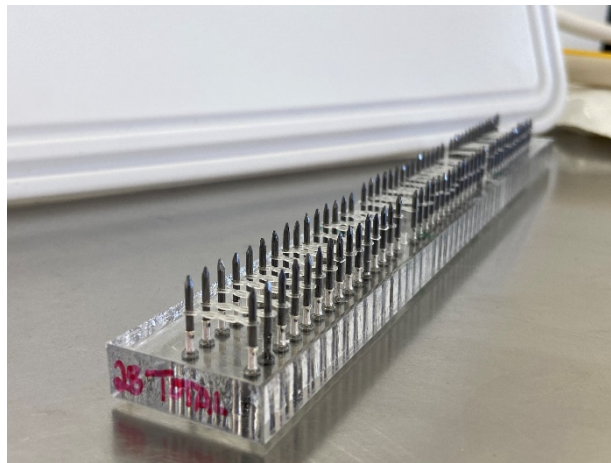


Figura 13 - Exemplar da placa de acrílico utilizada com os segmentos colocados.

Assim, as nove placas foram divididas em três grupos, esquematizados na figura 14:

Grupo 1: constituído por três placas escovadas, duas vezes ao dia, com Colgate® Total Original

Grupo 2: constituído por três placas escovadas, duas vezes ao dia, com Colgate® Max White Charcoal.

Grupo 3: constituído por três placas escovadas, duas vezes ao dia, com Dr.Organic® Extra Whitening Charcoal Toothpaste.

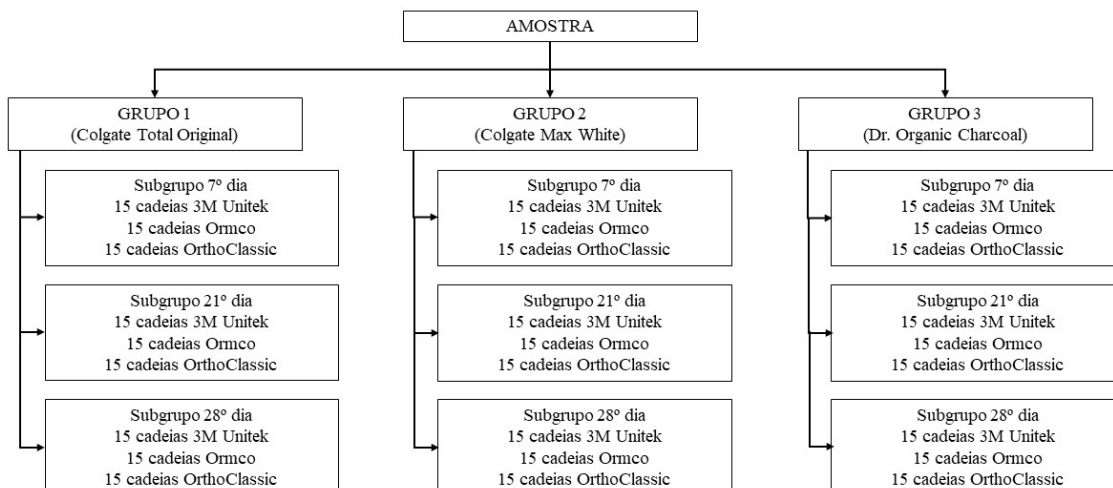


Figura 14 - Esquema da divisão dos vários grupos que compuseram a amostra estudada.

5.2.Solução de Saliva Artificial

Foi preparada saliva artificial, em água desionizada esterilizada a pH 6,34, para submergir a amostra quando se encontrava na estufa. A fórmula utilizada foi a de Fusayama/Meyer (Fusayama, Katayori & Nomoto, 1963) e foram necessários cinco litros deste preparado (Figura 15 e 16). A composição do preparado foi:

- NaCl (cloreto de sódio) – 2,000 g
- KCl (cloreto de potássio) – 2,000 g
- CaCl₂.2H₂O (cloreto de cálcio dihidratado) - 4,530 g
- NaH₂PO₄.H₂O (dihidrogenofosfato de sódio) - 1,950 g
- Na₂HPO₄ (fosfato dissódico) - 0,710 g
- Na₂S.9H₂O (sulfureto de sódio) - 0,025 g
- Ureia - 5,000 g
- Azida de sódio - 2,500 g
- Água desionizada esterilizada – 5000 ml



Figura 15 - Preparação da saliva artificial.



Figura 16 - Controlo do pH final da solução.

5.3. Incubação

Para a incubação durante os 28 dias da investigação, as placas de acrílico foram imersas em saliva artificial e colocadas numa estufa a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Figura 17 e 18).



Figura 17 - Estufa utilizada.



Figura 18 - Cadeias elásticas em saliva artificial na estufa a 37°C.

Durante o período da investigação as amostras eram retiradas da estufa duas vezes ao dia e sofriam um processo de escovagem, realizada sempre pelo mesmo operador, com uma escova manual de cerdas suaves e direitas, do modelo Jordan® Clean Smile Toothbrush¹³, em movimentos de vai-e-vem repetidos 10 vezes (Figura 21). Para a colocação da mesma quantidade de dentífrico nas cadeias foi utilizada uma seringa graduada, onde foi colocado 0,4 ml de pasta de dentes por cada grupo de 15 cadeias (Figura 19 e 20).

¹³ Jordan – Orkla, Oslo, Norway



Figura 19 - Seringa graduada utilizada.



Figura 20 - Colocação de dentífrico nas cadeias.



Figura 21 - Momento da escovagem em 10 repetições de movimentos de vai-e-vem.

Após a escovagem, as placas foram colocadas em água corrente durante 30 segundos, de forma a remover os restos de dentífrico presente nas cadeias, e por fim mergulhadas em água destilada durante 30 segundos para serem novamente submersas na saliva artificial na estufa. As escovas utilizadas foram lavadas e secas após cada utilização e reservadas no mesmo recipiente durante todo o estudo.

5.4. Avaliação das Cadeias Elásticas Ortodônticas

Para a avaliação dos efeitos dos dentífricos contendo carvão ativado foram estabelecidos três parâmetros: a tensão elástica, a resistência à tração e a cor das cadeias.

No dia zero, de forma a fazer uma avaliação inicial, estes três parâmetros foram avaliados nas cadeias elásticas das diferentes marcas antes de serem distendidas e submetidas a escovagem com qualquer tipo de dentífrico. De seguida, iniciou-se a exposição das placas à escovagem e uma placa de cada grupo foi avaliada em tempos diferentes: uma ao 7º dia, outra ao 14º dia e uma ao 28º dia (Figura 22).

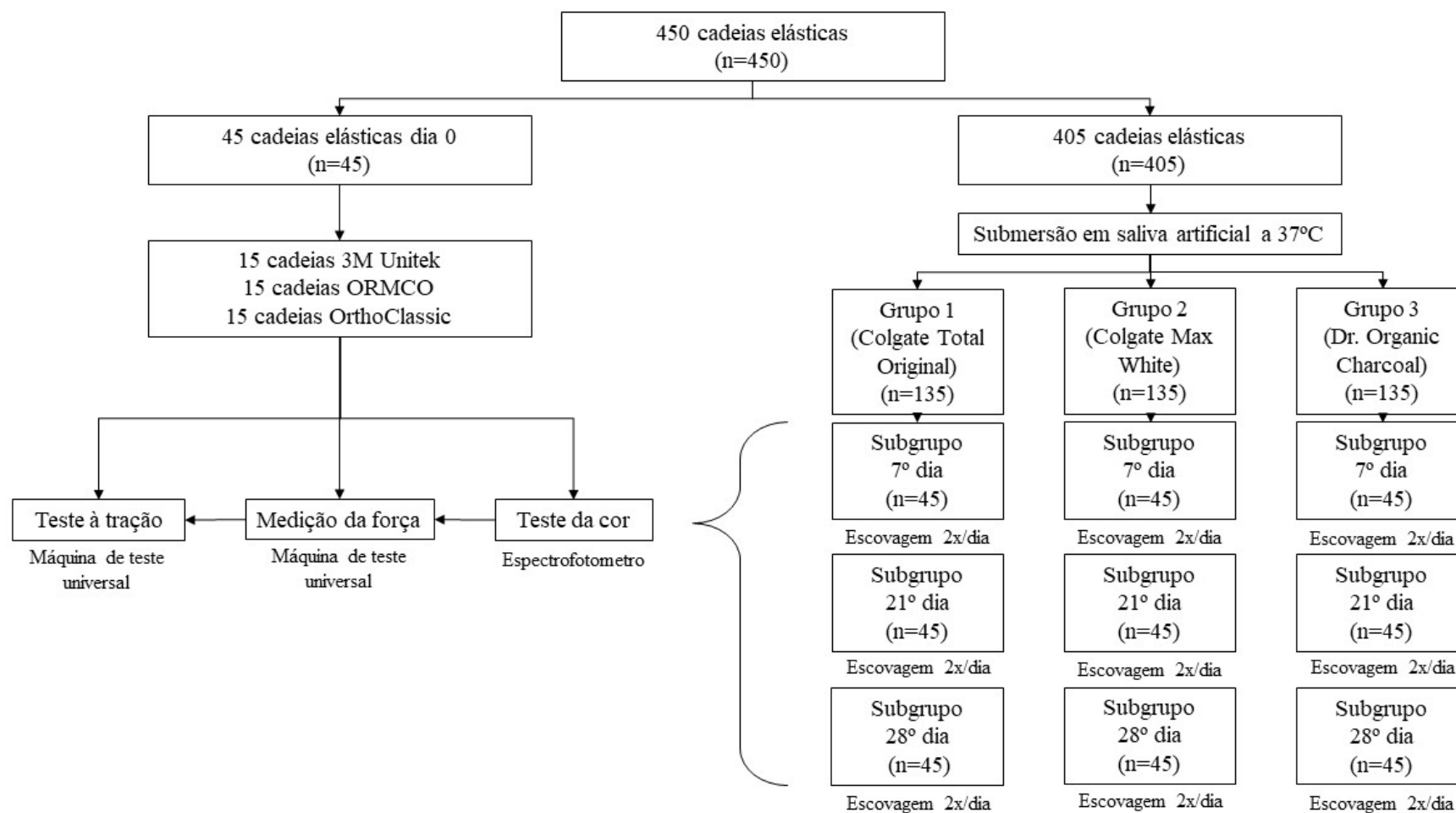


Figura 22 - Metodologia usada para a avaliação das cadeias elásticas e respetiva distribuição dos grupos de estudo.

5.4.1. Determinação da força exercida pelas cadeias elásticas

A tensão elástica de cada segmento de cadeia elástica foi avaliada utilizando a máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS¹⁴ (Figura 23).

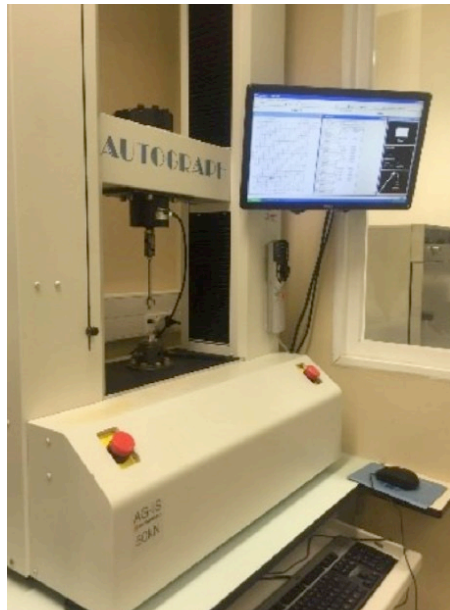


Figura 23 - Máquina de Teste Universal Shimadzu Autograph AG-IS.

A medição da força elástica foi realizada previamente à determinação do ponto de rutura na mesma máquina. Para tal, foi utilizado um *jig* com dois postes fixos por um parafuso (Figura 24).

¹⁴ Shimadzu Corporation, Tóquio, Japão



Figura 24 – *Jig* utilizado. O elástico foi colocado nos apoios de cada uma das peças do *jig*. Este foi inserido na máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS para a realização das medições.

Assim, após a calibração da máquina, foi colocado o segmento elástico no *jig* e anotada a força inicial exercida pelo elástico quando se encontra com 50% de estiramento (Figura 25).



Figura 25 - Momento da medição da força exercida pelo elástico em 50% de estiramento na máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS.

5.4.2. Determinação do ponto de rutura das cadeias elásticas

A resistência de cada cadeia elástica foi avaliada pela determinação do ponto de rutura quando sujeita a uma força de tração na máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS.

Cada segmento foi esticado entre os dois postes fixos no *jig*, sendo de seguida, tracionado a uma velocidade constante de 100 mm/min até à rutura (Figura 26).



Figura 26 - Momento da tração da cadeia elástica a uma velocidade de 100 mm/min na máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS.

5.4.3. Determinação da cor das cadeias elásticas

A cor dos segmentos foi avaliada através do uso de um espectrofotómetro, o *SpectroShade Micro*¹⁵, com o sistema CIE L*a*b* (Figura 27).

O sistema CIE L*a*b* consiste em três coordenadas de cor, L*, a* e b*, em que: L* *lightness* (-L*= preto e +L*= branco); a* verde-vermelho (-a*= verde e +a*= vermelho); b* azul-amarelo (-b*= azul; +b*= amarelo). A magnitude da diferença de cor

¹⁵ Medical High Technologies, Niederhasli, Switzerland

total (entre o dia zero e após escovagem) é representado por um único número ΔE , onde $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. Sendo que o ΔE é resultado da diferença cromática de cada coordenada entre o valor final e o inicial, assim: $\Delta L^* = L^*_{\text{final}} - L^*_{\text{inicial}}$; $\Delta a^* = a^*_{\text{final}} - a^*_{\text{inicial}}$; $\Delta b^* = b^*_{\text{final}} - b^*_{\text{inicial}}$. A literatura refere que quando o valor ΔE é superior a 3.3 reflete uma alteração de cor clinicamente e visivelmente significativa (Aldrees *et al.*, 2015).



Figura 27 - Espectrofotômetro *SpectroShade Micro* utilizado.

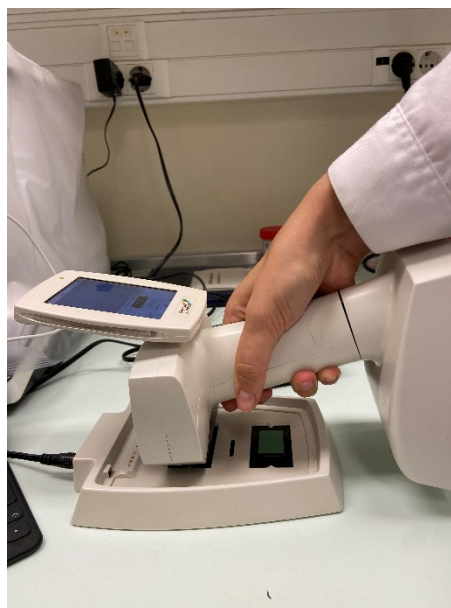


Figura 28 - Calibração do aparelho.

Para determinação da cor, os segmentos foram colocados numa base branca tendo as mesmas condições de medição em todas as amostras. Esta base com as amostras foi colocada numa caixa preta, para evitar possíveis alterações de luz.

Após ligar o aparelho, foi feita a sua calibração (Figura 28) e medição dos valores das amostras, seguindo as instruções do fabricante.

6. Hipóteses da Investigação

Neste estudo foram definidas seis questões para investigação:

Problema 1: será que o uso diário de dentífricos contendo carvão ativado na sua constituição afeta, ao longo do tempo, a tensão elástica das cadeias elásticas ortodônticas?

Hipótese nula (H0): a degradação da tensão elástica das cadeias elásticas, ao longo do tempo, é idêntica entre as diferentes pastas dentífricas testadas.

Hipótese alternativa (H1): a degradação da tensão elástica das cadeias elásticas, ao longo do tempo, não é idêntica entre as diferentes pastas dentífricas testadas.

Problema 2: será que o uso diário de dentífricos contendo carvão ativado na sua constituição afeta, ao longo do tempo, a resistência à fratura das cadeias elásticas ortodônticas, alterando o seu ponto de rutura?

Hipótese nula (H0): o ponto de rutura das cadeias elásticas, ao longo do tempo, é idêntico entre as diferentes pastas dentífricas testadas.

Hipótese alternativa (H1): o ponto de rutura das cadeias elásticas, ao longo do tempo, não é idêntico entre as diferentes pastas dentífricas testadas.

Problema 3: será que o uso diário de dentífricos contendo carvão ativado na sua constituição afeta, ao longo do tempo, a cor das cadeias elásticas ortodônticas?

Hipótese nula (H0): a variação da cor das cadeias elásticas, ao longo do tempo, é idêntica entre as diferentes pastas dentífricas testadas.

Hipótese alternativa (H1): a variação da cor das cadeias elásticas, ao longo do tempo, não é idêntica entre as diferentes pastas dentífricas testadas.

Problema 4: será que existem diferenças na tensão elástica das cadeias elásticas ortodônticas de marcas diferentes, ao longo do tempo?

Hipótese Nula (H0): a tensão elástica das cadeias elásticas, ao longo do tempo, é idêntica entre marcas.

Hipótese Alternativa (H1): a tensão elástica das cadeias elásticas, ao longo do tempo, não é idêntica entre marcas.

Problema 5: será que existem diferenças no ponto de ruptura das cadeias elásticas ortodônticas de marcas diferentes, ao longo do tempo?

Hipótese Nula (H0): o ponto de ruptura das cadeias elásticas, ao longo do tempo, é idêntico entre marcas.

Hipótese Alternativa (H1): o ponto de ruptura das cadeias elásticas, ao longo do tempo, não é idêntico entre marcas.

Problema 6: será que existem diferenças na variação da cor das cadeias elásticas ortodônticas de marcas diferentes, ao longo do tempo?

Hipótese Nula (H0): a variação da cor das cadeias elásticas, ao longo do tempo, é idêntica entre marcas.

Hipótese Alternativa (H1): a variação da cor das cadeias elásticas, ao longo do tempo, não é idêntica entre marcas.

7. Metodologia de Análise Estatística

A análise estatística foi realizada com recurso ao programa *IBM® SPSS Statistics*¹⁶ versão 27.0 para *Windows*^{®17}.

Os dados obtidos foram registados originalmente num ficheiro *Microsoft Excel*^{®18} para *Windows*[®] sendo posteriormente transferidos para o *software* de análise estatística. Utilizaram-se metodologias de análise estatística descritiva e inferencial. Neste último caso foi utilizado o teste ANOVA *one-way*, para comparação dos valores médios, seguido do teste *post-hoc* de *Tukey*. Os pressupostos de aplicação da ANOVA (adequação à normalidade e homogeneidade de variâncias) foram previamente avaliados e validados.

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

¹⁶ IBM, New York, USA

¹⁷ Microsoft, Redmond, USA

¹⁸ Microsoft, Redmond, USA

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Resultados

Este capítulo é constituído por três partes. Na primeira serão apresentados os resultados da força e do ponto de rutura das cadeias elásticas no momento zero. Seguidamente, serão apresentados os resultados do efeito da exposição das cadeias elásticas aos três dentífricos, ao longo do tempo. Por fim, serão igualmente apresentados os resultados da variação de cor sofrida pelas cadeias elásticas, ao longo do tempo, quando sujeitas aos três dentífricos estudados.

1.1. Avaliação da Tensão Elástica das Cadeias Elásticas no Momento Inicial

Na tabela 2 estão apresentados os dados relativos às médias e o desvio padrão da tensão elástica inicial medida na máquina de teste universal, em Newtons, atingida no dia zero pelas cadeias das três marcas estudadas, quando em 50% de estiramento.

Tabela 2 - Valores médios da tensão elástica inicial, em Newtons, no momento zero, de cada uma das marcas.

Marca	Força (N)
3M Unitek [®]	3,287±0,143
Ormco [®]	3,327±0,092
OrthoClassic [®]	3,717±0,111

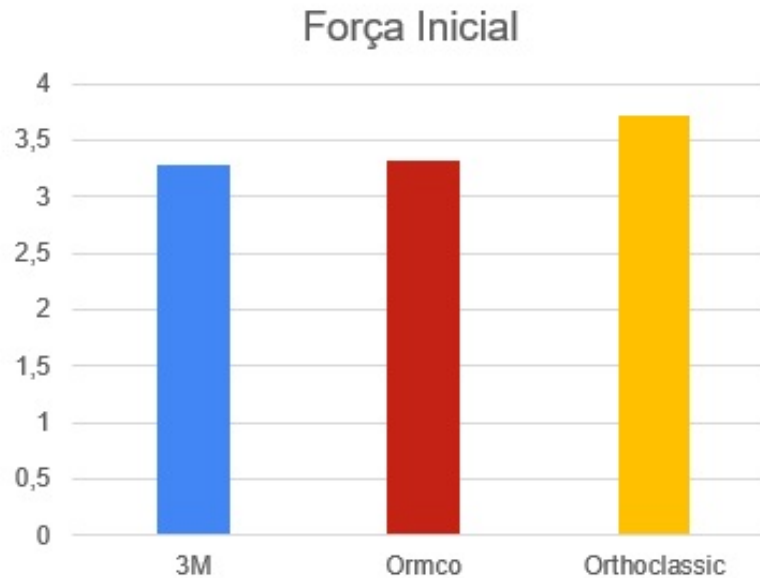


Figura 29 - Valores médios da tensão elástica inicial, em Newtons, no momento zero, de cada uma das marcas.

Na figura 29 observa-se uma representação gráfica da estatística descritiva presente na tabela 2, em ambas se verifica a existência de diferenças no comportamento inicial das três marcas, sem o efeito de nenhum dos dentífricos. Através da análise estatística, utilizando o teste ANOVA *one-way*, verificou-se que essas diferenças são estatisticamente significativas ($p=0,003$) (Tabela 3), confirmado pela existência de dois subconjuntos homogêneos no teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Duncan* (Tabela 4), em que as cadeias elásticas da marca Ortho Classic^{®19} apresentam uma força inicial significativamente superior às da 3M Unitek^{®20} e Ormco^{®21}.

Tabela 3 - Teste ANOVA *one-way* para a tensão elástica no momento inicial.

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
TE (T0)	Entre Grupos	5,079	8	,635	3,085	,003
	Nos grupos	25,930	128	,206		
	Total	31,009	134			

¹⁹ OC Orthodontics, McMinnville, USA

²⁰ 3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia, USA

²¹ Ormco, Glendora, USA

Tabela 4 - Comparações múltiplas de *Duncan* para a tensão elástica no momento inicial.

TE (T0)

Duncan^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3M	15	3,2873	
ORMCO	15	3,3273	
OClassic	15		3,7173
Sig.		,837	1,000

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

1.2.Avaliação do Ponto de Rutura das Cadeias Elásticas no Momento Inicial

Na tabela 5, estão apresentados os dados relativos às médias e o desvio padrão da distância medida na máquina de teste universal, em milímetros, correspondente ao ponto de rutura das cadeias das três marcas avaliadas, quando sob influência de uma força de tração, no dia zero.

Tabela 5 - Valores médios distância em que ocorreu o ponto de rutura, em milímetros, no momento zero, de cada uma das marcas.

Marca	Distância (mm)
3M Unitek [®]	36,352±0,604
Ormco [®]	42,628±0,213
OrthoClassic [®]	31,323±0,210

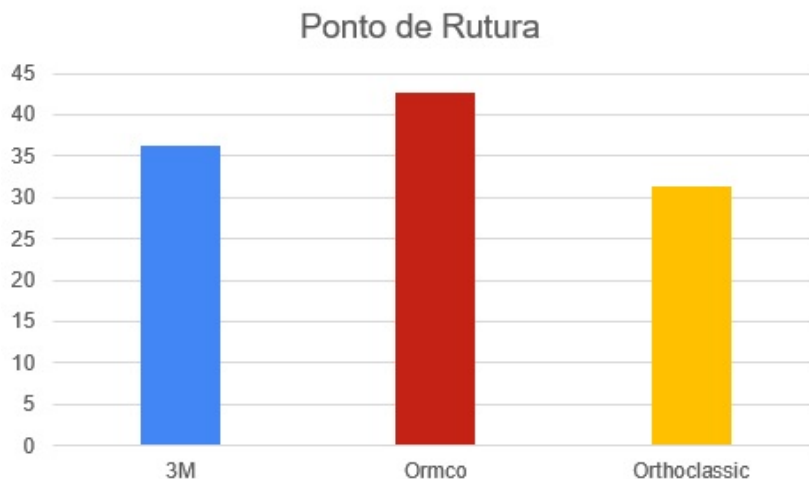


Figura 30 - Valores médios distância em que ocorreu o ponto de rutura, em milímetros, no momento zero, de cada uma das marcas.

Na figura 30 observa-se uma representação gráfica da estatística descritiva presente na tabela 5, em ambas se verifica a existência de diferenças no comportamento inicial das três marcas, antes do efeito dos dentífricos. Através da análise estatística, utilizando o teste ANOVA *one-way*, verificou-se que essas diferenças são estatisticamente significativas ($p < 0,001$) (Tabela 6), confirmado pela existência de três subconjuntos homogêneos no teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Tukey HSD* (Tabela 7), ou seja, todas as marcas das cadeias elásticas têm pontos de rutura no momento inicial distintos entre si.

Tabela 6 - Teste ANOVA *one-way* para o ponto de rutura no momento inicial.

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
PR (T0)	Entre Grupos	2887,168	8	360,896	159,108	,000
	Nos grupos	285,798	126	2,268		
	Total	3172,966	134			

Tabela 7 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para o ponto de rutura no momento inicial.

PR (T0)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
OClassic	15	31,3233		
3M	15		36,3521	
ORMCO	15			42,6281
Sig.		1,000	1,000	1,000

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

1.3. Avaliação da Tensão Elástica, ao Longo do Tempo, das Cadeias Elásticas Após a Escovagem com os Diferentes Dentífricos

Nas tabelas 8, 9 e 10 e nas figuras 31, 32 e 33 está exposta a estatística descritiva da tensão elástica das cadeias de cada marca, ao longo do tempo, quando expostas duas vezes ao dia à escovagem com um dentífrico sem carvão ativado (Colgate Total^{®22}) e dois com carvão ativado (Colgate Max White^{®23} e Dr. Organic^{®24}).

Tabela 8 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca 3M Unitek[®] quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Dia	3M Unitek [®]		
	Colgate Total [®]	Colgate Max White [®]	Dr. Organic [®]
0	3,287±0,143	3,287±0,143	3,287±0,143
7	2,993±0,281 (-8,96%)	2,375±0,112 (-27,74%)	2,003±0,072 (-39,06%)
21	1,687±0,067 (-48,67%)	1,571±0,050 (-52,22%)	1,658±0,117 (-49,56%)
28	1,448±0,014 (-55,93%)	1,484±0,026 (-54,86%)	1,406±0,014 (-57,23%)

²² Colgate – Palmolive, New York, USA

²³ Colgate – Palmolive, New York, USA

²⁴ Dr. Organic, Swansea, UK

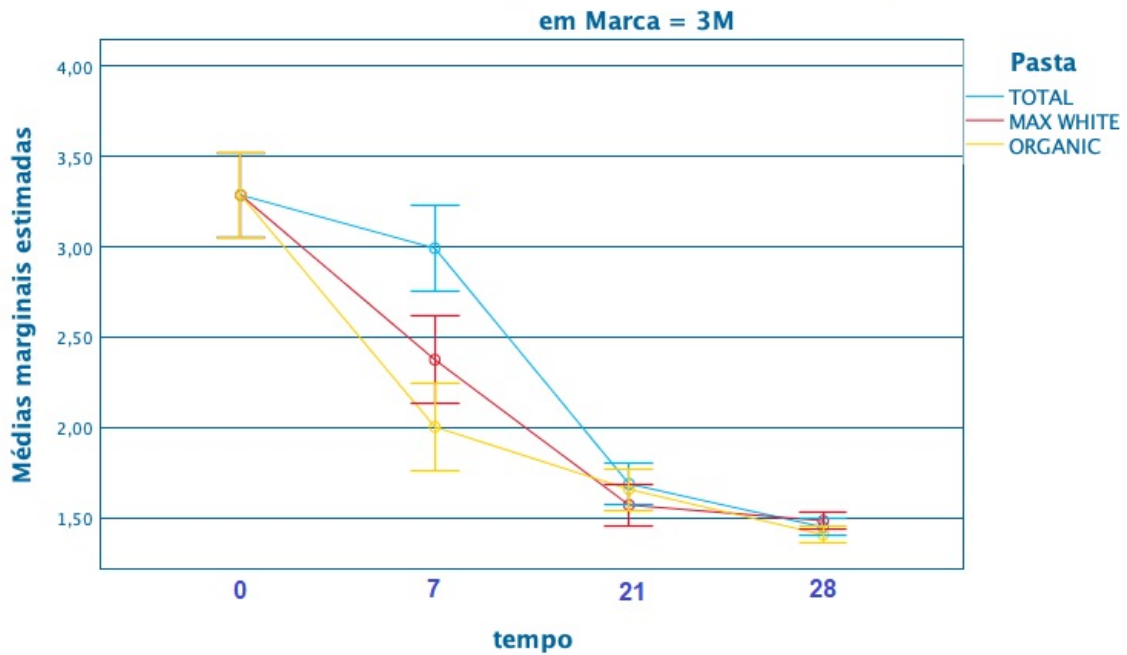


Figura 31 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca 3M Unitek® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Tabela 9 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca Ormco® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Dia	Ormco®		
	Colgate Total®	Colgate Max White®	Dr. Organic®
0	3,327±0,092	3,327±0,092	3,327±0,092
7	2,807±0,140 (-15,65%)	2,844±0,079 (-14,53%)	2,157±0,058 (-35,16%)
21	1,872±0,051 (-43,74%)	1,603±0,017 (-51,83%)	1,620±0,022 (-51,31%)
28	1,718±0,021 (-48,37%)	1,739±0,030 (-47,73%)	1,584±0,013 (-52,39%)

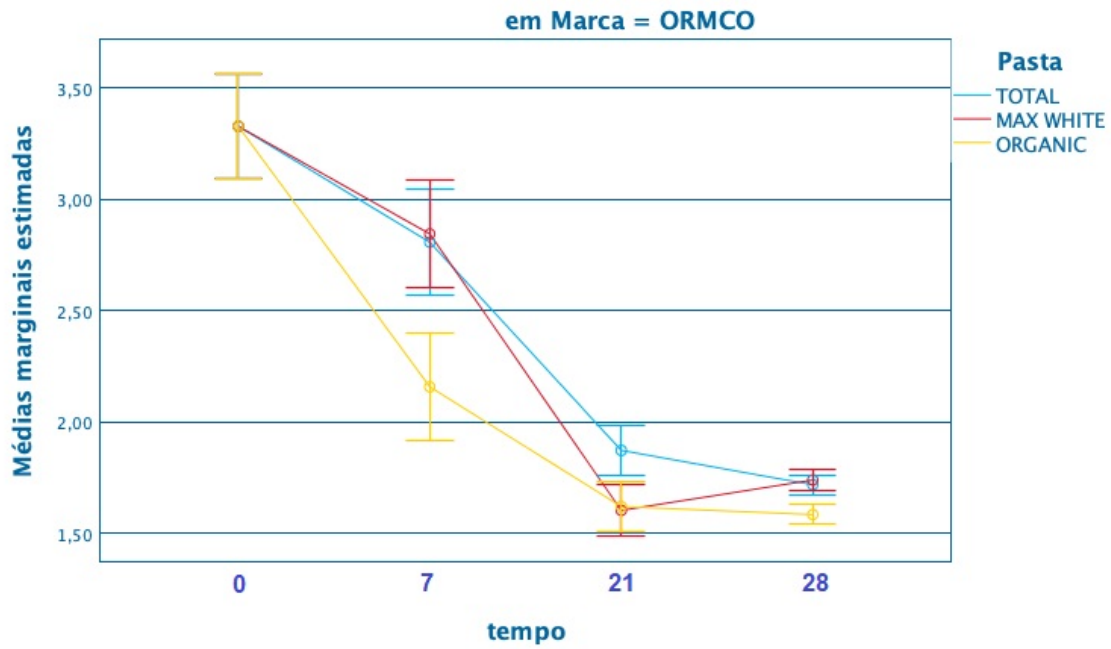


Figura 32 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca Ormco[®] quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Tabela 10 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca Ortho Classic[®] quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Dia	Ortho Classic [®]		
	Colgate Total [®]	Colgate Max White [®]	Dr. Organic [®]
0	3,717±0,111	3,717±0,111	3,717±0,111
7	2,696±0,059 (-27,47%)	2,587±0,047 (-30,4%)	1,858±0,034 (-50,02%)
21	1,622±0,039 (-56,37%)	1,805±0,060 (-51,44%)	1,623±0,036 (-56,35%)
28	1,454±0,017 (-60,89%)	1,318±0,018 (-64,54%)	1,543±0,038 (-58,48%)

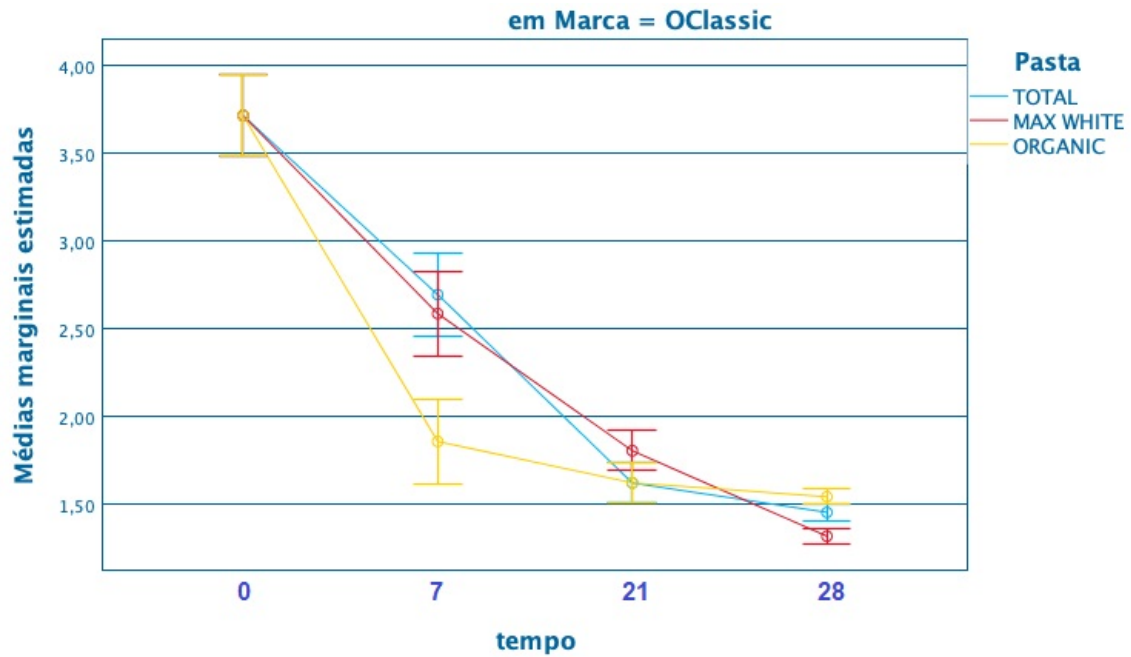


Figura 33 - Valores médios da força elástica, em Newtons, e percentagem da diminuição de força das cadeias elásticas da marca Ortho Classic® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Para a avaliação de possíveis diferenças significativas entre os vários grupos, recorreu-se ao teste estatístico ANOVA *one-way*. Posteriormente, utilizou-se o teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Tukey HSD* para avaliar quais as combinações de marca de cadeia elástica com dentífrico que se revelavam estatisticamente diferentes das restantes.

Ao 7º dia, através do teste ANOVA *one-way*, observou-se diferenças significativas entre os vários grupos ($p < 0,001$), como é visível na tabela 11. As cadeias elásticas da 3M Unitek® e Ortho Classic® escovadas com a pasta Dr. Organic®, com uma menor tensão elástica, e as cadeias elásticas da 3M Unitek® escovadas com a pasta Colgate Total®, com uma maior tensão elástica, apresentaram diferenças significativas em relação às outras, como se verifica no teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Tukey HSD*, apresentado na tabela 12.

Tabela 11 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados ao 7º dia para a tensão elástica.

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
TE (T7)	Entre Grupos	19,341	8	2,418	10,946	,000
	Nos grupos	27,829	126	,221		
	Total	47,170	134			

Tabela 12 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para a tensão elástica no 7º dia.

TE (T7)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
OClassic/ORGANIC	15	1,8580			
3M/ORGANIC	15	2,0033			
ORMCO/ORGANIC	15	2,1573	2,1573		
3M/MAXWHITE	15	2,3753	2,3753	2,3753	
OClassic/ORGANIC	15		2,5873	2,5873	2,5873
OClassic/TOTAL	15		2,6960	2,6960	2,6960
ORMCO/TOTAL	15			2,8067	2,8067
ORMCO/MAXWHITE	15			2,8440	2,8440
3M/TOTAL	15				2,9927
Sig.		,073	,052	,148	,314

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

Ao 21º dia, também foram encontradas diferenças com significância estatística entre os grupos ($p=0,004$) (Tabela 13). As cadeias elásticas da 3M Unitek® e Ormco® escovadas com a pasta Colgate Max White®, com uma menor tensão elástica, e as cadeias elásticas da Ormco® escovadas com a pasta Colgate Total®, com uma maior tensão elástica, apresentaram diferenças significativas em relação às outras, apresentado na tabela 14.

Tabela 13 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados ao 21º dia para a tensão elástica.

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
TE (T21)	Entre Grupos	1,214	8	,152	2,998	,004
	Nos grupos	6,376	126	,051		
	Total	7,590	134			

Tabela 14 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para a tensão elástica no 21º dia.

TE (T21)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3M/MAXWHITE	15	1,5707	
ORMCO/MAXWHITE	15	1,6027	
ORMCO/ORGANIC	15	1,6200	1,6200
OClassic/TOTAL	15	1,6220	1,6220
OClassic/ORGANIC	15	1,6227	1,6227
3M/ORGANIC	15	1,6580	1,6580
3M/TOTAL	15	1,6873	1,6873
OClassic/MAXWHITE	15	1,8053	1,8053
ORMCO/TOTAL	15		1,8720
Sig.		,110	,064

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

Ao 28º dia, foram igualmente encontradas diferenças com significância estatística entre os grupos ($p < 0,001$) (Tabela 15). As cadeias elásticas da Ortho Classic® escovadas com a pasta Colgate Max White®, com uma menor tensão elástica, e as cadeias elásticas da Ormco® escovadas com a pasta Colgate Total® e Colgate Max White®, com uma maior tensão elástica, apresentaram diferenças significativas em relação às outras, apresentado na tabela 16.

Tabela 15 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados ao 28º dia para a tensão elástica.

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
TE (T28)	Entre Grupos	2,347	8	,293	38,098	,000
	Nos grupos	,970	126	,008		
	Total	3,317	134			

Tabela 16 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para a tensão elástica no 28º dia.

TE (T28)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
OClassic/MAXWHITE	15	1,3180				
3M/ORGANIC	15	1,4060	1,4060			
3M/TOTAL	15		1,4487	1,4487		
OClassic/TOTAL	15		1,4540	1,4540		
3M/MAXWHITE	15		1,4840	1,4840	1,4840	
OClassic/ORGANIC	15			1,5433	1,5433	
ORMCO/ORGANIC	15				1,5840	
ORMCO/TOTAL	15					1,7180
ORMCO/MAXWHITE	15					1,7393
Sig.		,143	,275	,086	,055	,999

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

Além destas avaliações, foram também feitos testes de comparações múltiplas em que as marcas de elásticos e pastas foram comparadas entre si, ao longo do tempo.

Entre as marcas de cadeias elásticas verificou-se que a 3M Unitek[®] tem diferenças significativas em relação à Ormco[®] ($p=0,009$) e à Ortho Classic[®] ($p=0,043$), sendo que estas duas últimas não apresentam diferenças entre si ($p=0,844$). Na 3M Unitek[®] é observável uma média de tensão elástica inferior à das outras marcas (Tabela 17 e 18).

Entre as pastas dentífricas verificou-se que a Dr. Organic[®] apresenta diferenças significativas comparando com a Colgate Total[®] ($p<0,001$) e a Colgate Max White[®] ($p<0,001$), sendo que estas duas últimas não apresentam diferenças no seu comportamento ao longo do tempo ($p=0,112$). Na Dr. Organic[®] é visível uma média de tensão elástica inferior às outras marcas (Tabela 19 e 20).

Tabela 17 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para a tensão elástica das três marcas estudadas.

Estimativas

Medida: MEASURE_1

Marca	Média	Erro Erro	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
3M	2,207	,028	2,151	2,263
ORMCO	2,327	,028	2,271	2,383
OClassic	2,305	,028	2,249	2,361

Tabela 18 - Teste de comparações múltiplas entre as três marcas de cadeias elásticas ortodônticas ao longo do tempo, para a tensão elástica.

Comparações múltiplas

Medida: MEASURE_1
Tukey HSD

(I) Marca	(J) Marca	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
3M	ORMCO	-,1198*	,04008	,009	-,2149	-,0248
	OClassic	-,0976*	,04008	,043	-,1926	-,0025
ORMCO	3M	,1198*	,04008	,009	,0248	,2149
	OClassic	,0223	,04008	,844	-,0728	,1173
OClassic	3M	,0976*	,04008	,043	,0025	,1926
	ORMCO	-,0223	,04008	,844	-,1173	,0728

Com base em médias observadas.
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = ,036.
*. A diferença média é significativa no nível ,05.

Tabela 19 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para a tensão elástica dos três dentífricos estudados.

Estimativas

Medida: MEASURE_1

Pasta	Média	Erro Erro	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
TOTAL	2,386	,028	2,330	2,442
MAX WHITE	2,305	,028	2,249	2,361
ORGANIC	2,149	,028	2,093	2,205

Tabela 20 - Teste de comparações múltiplas entre as três pastas dentífricas ao longo do tempo, para a tensão elástica.

Comparações múltiplas

Medida: MEASURE_1
Tukey HSD

(I) Pasta	(J) Pasta	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
TOTAL	MAX WHITE	,0809	,04008	,112	-,0142	,1759
	ORGANIC	,2371*	,04008	,000	,1420	,3321
MAX WHITE	TOTAL	-,0809	,04008	,112	-,1759	,0142
	ORGANIC	,1562*	,04008	,000	,0611	,2512
ORGANIC	TOTAL	-,2371*	,04008	,000	-,3321	-,1420
	MAX WHITE	-,1562*	,04008	,000	-,2512	-,0611

Com base em médias observadas.
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = ,036.
*. A diferença média é significativa no nível ,05.

Finalmente, nos testes de efeitos dentre-sujeitos é possível avaliar, através do Eta parcial quadrado, qual a variável deste estudo que teve maior efeito na degradação das cadeias elásticas ortodônticas. Aqui confirmou-se ser o tempo a variável com maior influência ($p=0,880$), seguida das pastas dentífricas ($p=0,209$) e, por fim, as marcas dos elásticos ($p=0,133$) (Tabela 21).

Tabela 21 - Teste de efeitos dentre-sujeitos para a tensão elástica das cadeias elásticas ortodônticas.

Testes de efeitos dentre-sujeitos

Medida: MEASURE_1

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Eta parcial quadrado
tempo	Esfericidade considerada	315,616	3	105,205	927,204	,000	,880
	Greenhouse-Geisser	315,616	2,292	137,683	927,204	,000	,880
	Huynh-Feldt	315,616	2,485	126,987	927,204	,000	,880
	Limite inferior	315,616	1,000	315,616	927,204	,000	,880
tempo * marca	Esfericidade considerada	6,552	6	1,092	9,624	,000	,133
	Greenhouse-Geisser	6,552	4,585	1,429	9,624	,000	,133
	Huynh-Feldt	6,552	4,971	1,318	9,624	,000	,133
	Limite inferior	6,552	2,000	3,276	9,624	,000	,133
tempo * pasta	Esfericidade considerada	11,347	6	1,891	16,668	,000	,209
	Greenhouse-Geisser	11,347	4,585	2,475	16,668	,000	,209
	Huynh-Feldt	11,347	4,971	2,283	16,668	,000	,209
	Limite inferior	11,347	2,000	5,674	16,668	,000	,209
tempo * marca * pasta	Esfericidade considerada	2,897	12	,241	2,128	,015	,063
	Greenhouse-Geisser	2,897	9,169	,316	2,128	,026	,063
	Huynh-Feldt	2,897	9,942	,291	2,128	,022	,063
	Limite inferior	2,897	4,000	,724	2,128	,081	,063
Erro(tempo)	Esfericidade considerada	42,890	378	,113			
	Greenhouse-Geisser	42,890	288,835	,148			
	Huynh-Feldt	42,890	313,164	,137			
	Limite inferior	42,890	126,000	,340			

1.4.Avaliação do Ponto de Rutura, ao Longo do Tempo, das Cadeias Elásticas Após a Escovagem com os Diferentes Dentífricos

Nas tabelas 22, 23 e 24 e figuras 34, 35 e 36 está exposta a estatística descritiva dos valores do ponto de rutura das cadeias elásticas de cada marca, ao longo do tempo, quando expostas duas vezes ao dia à escovagem com um dentífrico sem carvão ativado (Colgate Total®) e dois com carvão ativado (Colgate Max White® e Dr. Organic®).

Tabela 22 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca 3M Unitek® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Dia	3M Unitek®		
	Colgate Total®	Colgate Max White®	Dr. Organic®
0	36,352±0,604	36,352±0,604	36,352±0,604
7	37,472±0,249 (+3,08%)	36,422±0,292 (+0,19%)	36,139±0,251 (-0,59%)
21	35,980±0,282 (-1,02%)	36,037±0,324 (-0,87%)	36,991±0,351 (+1,76%)
28	35,674±0,309 (-1,87%)	35,517±0,264 (-2,30%)	36,343±0,232 (-0,63%)

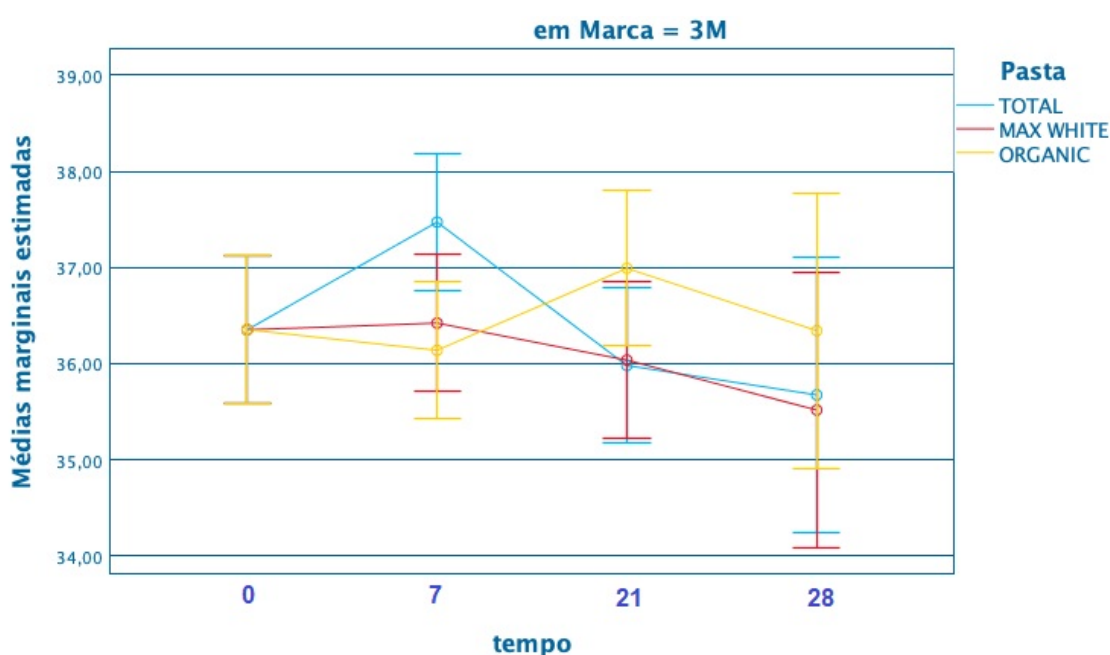


Figura 34 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca 3M Unitek® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Tabela 23 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca Ormco® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Dia	Ormco®		
	Colgate Total®	Colgate Max White®	Dr. Organic®
0	42,628±0,213	42,628±0,213	42,628±0,213
7	43,645±0,572 (+2,39%)	45,828±0,235 (+7,51%)	41,997±0,263 (-1,48%)
21	43,782±0,472 (2,71%)	43,883±0,664 (+2,94%)	43,679±0,555 (+2,47%)
28	42,782±0,643 (+0,36%)	41,604±0,663 (-2,4%)	38,155±1,885 (-10,49%)

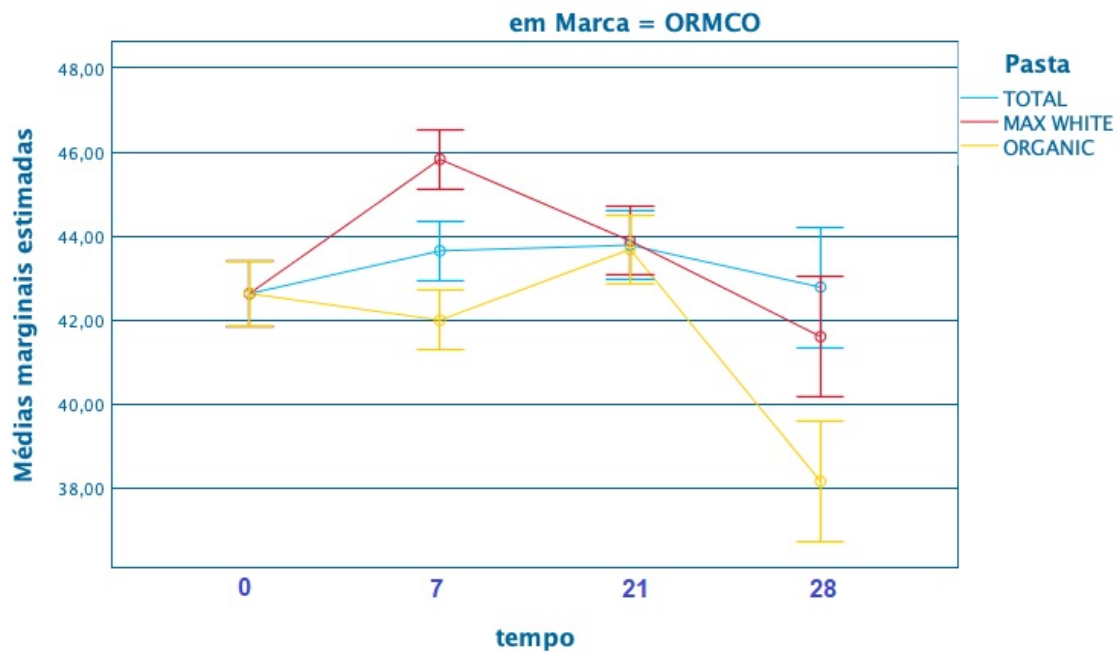


Figura 35 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca Ormco[®] quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Tabela 24 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca Ortho Classic[®] quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Dia	Ortho Classic [®]		
	Colgate Total [®]	Colgate Max White [®]	Dr. Organic [®]
0	31,323±0,209	31,323±0,209	31,323±0,209
7	30,100±0,679 (-3,9%)	32,159±0,156 (+2,67%)	30,867±0,147 (-1,46%)
21	31,780±0,196 (+1,46%)	30,379±0,304 (-3,01%)	32,691±0,314 (+4,37%)
28	31,945±0,138 (+1,98%)	31,404±0,187 (+0,26%)	31,907±0,214 (+1,86%)

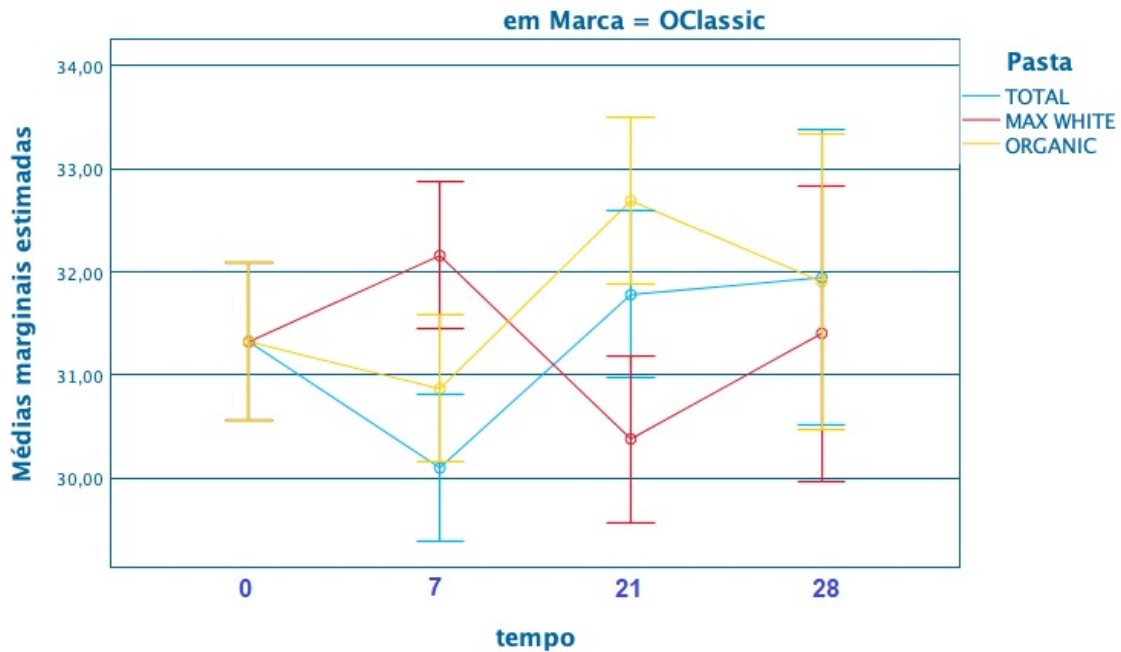


Figura 36 - Valores médios do ponto de rutura, em milímetros, e percentagem de alteração do ponto de rutura das cadeias elásticas da marca Ortho Classic® quando expostas aos três dentífricos, ao longo do tempo.

Tal como para a tensão elástica, recorreu-se ao teste estatístico ANOVA *one-way* e teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Tukey HSD* para avaliar a existência ou não de diferenças significativas entre os vários grupos.

Ao 7º dia, através do teste ANOVA *one-way*, constatou-se diferenças significativas entre os vários grupos ($p < 0,001$), como é visível na tabela 25. No teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Tukey HSD*, apresentado na tabela 26, é observável que as cadeias da 3M Unitek® apresentam um ponto de rutura semelhante independente do dentífrico a que foram submetidas, o mesmo se verifica para a Ortho Classic®. Já na Ormco® o comportamento foi diferente consoante a pasta utilizada, sendo que a que apresentou menor ponto de rutura foi a Dr. Organic®. Contudo, os pontos de rutura são significativamente diferentes entre as várias marcas de cadeias elásticas, sendo que os elásticos da Ormco® apresentam a maior resistência à fratura e os da Ortho Classic® a menor.

Tabela 25 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados ao 7º dia para o ponto de rutura.

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
PR (T7)	Entre Grupos	3851,115	8	481,389	247,277	,000
	Nos grupos	245,291	126	1,947		
	Total	4096,407	134			

Tabela 26 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para o ponto de rutura no 7º dia.

		PR (T7)					
		Tukey HSD ^a					
Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
OClassic/TOTAL	15	30,1000					
OClassic/ORGANIC	15	30,8663	30,8663				
OClassic/MAXWHITE	15		32,1585				
3M/ORGANIC	15			36,1387			
3M/MAXWHITE	15			36,4215			
3M/TOTAL	15			37,4722			
ORMCO/ORGANIC	15				41,9967		
ORMCO/TOTAL	15					43,6450	
ORMCO/MAXWHITE	15						45,8284
Sig.		,852	,225	,190	1,000	1,000	1,000

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

Ao 21º dia, também foram encontradas diferenças com significância estatística entre os grupos ($p < 0,001$) (Tabela 27). As cadeias elásticas da 3M Unitek[®], Ormco[®] (maior resistência à fratura) e Ortho Classic[®] (menor resistência à fratura) apresentaram diferenças significativas entre si, apesar de não ser visível diferenças nos seus pontos de rutura devido aos diferentes dentífricos utilizados (Tabela 28).

Tabela 27 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados ao 21º dia para o ponto de rutura.

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
PR (T21)	Entre Grupos	3436,168	8	429,521	170,860	,000
	Nos grupos	316,748	126	2,514		
	Total	3752,916	134			

Tabela 28 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para o ponto de rutura no 21º dia.

PR (T21)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
OClassic/MAXWHITE	15	30,3795			
OClassic/TOTAL	15	31,7800	31,7800		
OClassic/ORGANIC	15		32,6907		
3M/TOTAL	15			35,9797	
3M/MAXWHITE	15			36,0365	
3M/ORGANIC	15			36,9914	
ORMCO/ORGANIC	15				43,6797
ORMCO/TOTAL	15				43,7827
ORMCO/MAXWHITE	15				43,8830
Sig.		,283	,817	,716	1,000

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

Ao 28º dia, também foram encontradas diferenças com significância estatística entre os grupos ($p < 0,001$) (Tabela 29). Aqui também as cadeias elásticas da 3M Unitek[®], Ormco[®] (maior resistência à fratura) e Ortho Classic[®] (menor resistência à fratura) apresentaram diferenças significativas entre si. Porém, neste caso a pasta Dr.Organic[®] provoca uma diminuição significativa na resistência à fratura das cadeias da Ormco[®] ao invés das outras duas pastas dentífricas (Tabela 30).

Tabela 29 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados ao 28º dia para o ponto de rutura.

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
PR (T28)	Entre Grupos	2049,311	8	256,164	32,529	,000
	Nos grupos	992,253	128	7,875		
	Total	3041,563	134			

Tabela 30 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para o ponto de rutura no 28º dia.

PR (T28)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
OClassic/MAXWHITE	15	31,4044		
OClassic/ORGANIC	15	31,9069		
OClassic/TOTAL	15	31,9449		
3M/MAXWHITE	15		35,5167	
3M/TOTAL	15		35,6739	
3M/ORGANIC	15		36,3426	
ORMCO/ORGANIC	15		38,1545	
ORMCO/MAXWHITE	15			41,6037
ORMCO/TOTAL	15			42,7823
Sig.		1,000	,208	,965

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

Do mesmo modo que foi feito para a tensão elástica, aqui também foram feitos testes de comparações múltiplas em que as marcas de elásticos e pastas foram comparadas entre si, ao longo do tempo.

Entre as três marcas de cadeias elásticas ocorreram diferenças significativas ($p < 0,001$). Nas cadeias Ormco[®] verifica-se que o ponto de rutura médio é superior à das outras marcas, e as cadeias da Ortho Classic[®] são as que apresentam um ponto de rutura médio inferior (Tabela 31 e 32).

Entre nenhuma das pastas dentífricas se verificou diferenças significativas no seu efeito no ponto de rutura dos elásticos ($p > 0,195$) (Tabela 33 e 34).

Tabela 31 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para o ponto de rutura das três marcas estudadas.

Estimativas

Medida: MEASURE_1

Marca	Média	Erro Erro	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
3M	36,302	,151	36,003	36,602
ORMCO	42,770	,151	42,471	43,070
OClassic	31,433	,151	31,134	31,733

Tabela 32 - Teste de comparações múltiplas entre as três marcas de cadeias elásticas ortodônticas ao longo do tempo, para o ponto de rutura.

Comparações múltiplas

Medida: MEASURE_1
Tukey HSD

(I) Marca	(J) Marca	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
3M	ORMCO	-6,4676*	,21401	,000	-6,9752	-5,9600
	OClassic	4,8690*	,21401	,000	4,3614	5,3766
ORMCO	3M	6,4676*	,21401	,000	5,9600	6,9752
	OClassic	11,3366*	,21401	,000	10,8290	11,8442
OClassic	3M	-4,8690*	,21401	,000	-5,3766	-4,3614
	ORMCO	-11,3366*	,21401	,000	-11,8442	-10,8290

Com base em médias observadas.
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = 1,030.
*. A diferença média é significativa no nível ,05.

Tabela 33 - Médias de todas as medições, ao longo do tempo, para o ponto de rutura dos três dentífricos estudados.

Estimativas

Medida: MEASURE_1

Pasta	Média	Erro Erro	Intervalo de Confiança 95%	
			Limite inferior	Limite superior
TOTAL	36,955	,151	36,656	37,255
MAX WHITE	36,961	,151	36,662	37,261
ORGANIC	36,589	,151	36,290	36,889

Tabela 34 – Teste de comparações múltiplas entre as três pastas dentífricas ao longo do tempo, para o ponto de rutura.

Comparações múltiplas

Medida: MEASURE_1
Tukey HSD

(I) Pasta	(J) Pasta	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
TOTAL	MAX WHITE	-,0060	,21401	1,000	-,5135	,5016
	ORGANIC	,3661	,21401	,205	-,1415	,8737
MAX WHITE	TOTAL	,0060	,21401	1,000	-,5016	,5135
	ORGANIC	,3721	,21401	,195	-,1355	,8796
ORGANIC	TOTAL	-,3661	,21401	,205	-,8737	,1415
	MAX WHITE	-,3721	,21401	,195	-,8796	,1355

Com base em médias observadas.
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = 1,030.

Finalmente, nos testes de efeitos dentre-sujeitos é possível avaliar, através do Eta parcial quadrado, qual a variável deste estudo que teve maior efeito no comportamento das cadeias elásticas ortodônticas. Aqui confirmou-se ser a marca dos elásticos a variável com maior influência ($p=0,126$), seguida das pastas dentífricas ($p=0,084$) e, por fim, o tempo ($p=0,072$) (Tabela 35).

Tabela 35 - Teste de efeitos dentre-sujeitos para o ponto de rutura das cadeias elásticas ortodônticas.

Testes de efeitos dentre-sujeitos

Medida: MEASURE_1

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Eta parcial quadrado
tempo	Esfericidade considerada	103,181	3	34,394	9,844	,000	,072
	Greenhouse-Geisser	103,181	2,331	44,263	9,844	,000	,072
	Huynh-Feldt	103,181	2,528	40,807	9,844	,000	,072
	Limite inferior	103,181	1,000	103,181	9,844	,002	,072
tempo * marca	Esfericidade considerada	189,623	6	31,604	9,045	,000	,126
	Greenhouse-Geisser	189,623	4,662	40,673	9,045	,000	,126
	Huynh-Feldt	189,623	5,057	37,497	9,045	,000	,126
	Limite inferior	189,623	2,000	94,811	9,045	,000	,126
tempo * pasta	Esfericidade considerada	121,246	6	20,208	5,784	,000	,084
	Greenhouse-Geisser	121,246	4,662	26,006	5,784	,000	,084
	Huynh-Feldt	121,246	5,057	23,976	5,784	,000	,084
	Limite inferior	121,246	2,000	60,623	5,784	,004	,084
tempo * marca * pasta	Esfericidade considerada	136,260	12	11,355	3,250	,000	,094
	Greenhouse-Geisser	136,260	9,324	14,613	3,250	,001	,094
	Huynh-Feldt	136,260	10,114	13,472	3,250	,000	,094
	Limite inferior	136,260	4,000	34,065	3,250	,014	,094
Erro(tempo)	Esfericidade considerada	1320,719	378	3,494			
	Greenhouse-Geisser	1320,719	293,717	4,497			
	Huynh-Feldt	1320,719	318,591	4,146			
	Limite inferior	1320,719	126,000	10,482			

1.5.Avaliação da Cor, ao Longo do Tempo, das Cadeias Elásticas Após a Escovagem com os Diferentes Dentífricos

Para a avaliação das diferenças de cor das cadeias elásticas ortodônticas ao longo do tempo, foi utilizado o sistema CIE L*a*b*. Assim, a magnitude da diferença da cor total entre o dia zero e após escovagem é representado pelo ΔE .

Por este motivo, neste capítulo serão apresentados três valores para o ΔE : $\Delta E(T7)$, que representa a diferença de cor total entre o dia 7 e o dia 0; $\Delta E(T21)$, que representa a diferença de cor total entre o dia 21 e o dia 0; $\Delta E(T28)$, que representa a diferença de cor total entre o dia 28 e o dia 0.

Nas tabelas 36, 37 e 38, são apresentadas as estatísticas descritivas do $\Delta E(T7)$, o $\Delta E(T21)$ e o $\Delta E(T28)$, respetivamente.

Tabela 36 - Valores médios do ΔE , para a cor, de cada marca de cadeias elásticas quando expostas aos diferentes dentífricos ao 7º dia.

Marca	$\Delta E(T7)$		
	Colgate Total®	Colgate Max White®	Dr. Organic®
3M Unitek®	0,683±0,321	1,059±0,421	0,820±0,549
Ormco®	1,645±1,157	1,662±1,006	2,463±1,332
Ortho Classic®	1,599±2,351	2,293±2,096	1,934±2,279

Tabela 37 - Valores médios do ΔE , para a cor, de cada marca de cadeias elásticas quando expostas aos diferentes dentífricos ao 21º dia.

Marca	$\Delta E(T21)$		
	Colgate Total®	Colgate Max White®	Dr. Organic®
3M Unitek®	0,758±0,399	0,962±0,923	0,975±1,113
Ormco®	2,310±2,369	1,821±1,034	4,235±3,552
Ortho Classic®	1,664±2,357	1,623±2,294	1,533±2,037

Tabela 38 - Valores médios do ΔE , para a cor, de cada marca de cadeias elásticas quando expostas aos diferentes dentífricos ao 28º dia.

Marca	$\Delta E(T28)$		
	Colgate Total®	Colgate Max White®	Dr. Organic®
3M Unitek®	0,667±0,478	0,664±0,483	0,921±0,691
Ormco®	1,474±0,998	2,063±1,151	2,555±1,158
Ortho Classic®	1,867±1,989	1,551±1,931	2,663±2,101

Recorreu-se ao teste estatístico ANOVA *one-way* e teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Tukey HSD* para avaliar a existência ou não de diferenças significativas entre os vários grupos.

Assim para o $\Delta E(T7)$, através do teste ANOVA *one-way*, observou-se diferenças significativas entre os vários grupos ($p=0,011$), como é visível na tabela 39. No teste *Post-Hoc* de comparações múltiplas de *Tukey HSD*, apresentado na tabela 40, é observável que as cadeias da 3M Unitek® escovadas com Colgate Total® apresentam a menor variação de cor entre o 7º dia e o momento zero e que as cadeias da Ortho Classic® escovadas com Dr. Organic® apresentam a maior.

Tabela 39 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados do $\Delta E(T7)$.

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Delta E (T7)	Entre Grupos	46,214	8	5,777	2,623	,011
	Nos grupos	277,526	126	2,203		
	Total	323,741	134			

Tabela 40 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para o $\Delta E(T7)$.

Delta E (T7)			
Tukey HSD ^a			
Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3M/TOTAL	15	,6825	
OClassic/TOTAL	15	,8197	,8197
ORMCO/TOTAL	15	1,0589	1,0589
3M/ORGANIC	15	1,5995	1,5995
3M/MAXWHITE	15	1,6447	1,6447
ORMCO/MAXWHITE	15	1,6623	1,6623
OClassic/ORGANIC	15	1,9343	1,9343
ORMCO/ORGANIC	15	2,2934	2,2934
OClassic/ORGANIC	15		2,4634
Sig.		,082	,070

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

No $\Delta E(T21)$, também foram encontradas diferenças com significância estatística entre os grupos ($p < 0,001$) (Tabela 41). Neste caso é de destacar as cadeias elásticas da Ortho Classic[®] escovadas com a Dr. Organic[®], que apresentaram uma alteração de cor bastante superior aos outros grupos (Tabela 42).

Tabela 41 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados do $\Delta E(T21)$.

		ANOVA				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Delta E (T21)	Entre Grupos	131,547	8	16,443	4,053	,000
	Nos grupos	511,247	126	4,058		
	Total	642,795	134			

Tabela 42 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para o $\Delta E(T21)$.

Delta E (T21)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3M/TOTAL	15	,7583	
ORMCO/TOTAL	15	,9622	
OClassic/TOTAL	15	,9746	
OClassic/ORGANIC	15	1,5328	
ORMCO/ORGANIC	15	1,6232	
3M/ORGANIC	15	1,6637	
ORMCO/MAXWHITE	15	1,8205	
3M/MAXWHITE	15	2,3104	2,3104
OClassic/ORGANIC	15		4,2353
Sig.		,471	,190

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

No $\Delta E(T28)$, também foram encontradas diferenças com significância estatística entre os grupos ($p < 0,001$) (Tabela 43). Neste caso é de destacar que as três marcas de cadeias elásticas escovadas com Colgate Total apresentaram uma alteração de cor menor em relação aos outros grupos e que as cadeias elásticas da Ortho Classic[®] escovadas com Colgate Max White[®] e Dr. Organic[®] apresentaram a maior alteração de cor (Tabela 44).

Tabela 43 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a avaliação dos resultados do $\Delta E(T28)$.

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Delta E (T28)	Entre Grupos	68,291	8	8,536	4,601	,000
	Nos grupos	233,756	126	1,855		
	Total	302,047	134			

Tabela 44 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para o $\Delta E(T28)$.

Delta E (T28)

Tukey HSD^a

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
ORMCO/TOTAL	15	,6644	
3M/TOTAL	15	,6667	
OClassic/TOTAL	15	,9212	
3M/MAXWHITE	15	1,4738	1,4738
ORMCO/ORGANIC	15	1,5508	1,5508
3M/ORGANIC	15	1,8669	1,8669
ORMCO/MAXWHITE	15	2,0630	2,0630
OClassic/MAXWHITE	15		2,5546
OClassic/ORGANIC	15		2,6632
Sig.		,122	,298

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 15,000.

Do mesmo modo que foi feito para a tensão elástica e para o ponto de rutura, também foram feitos testes de comparações múltiplas em que as marcas de elásticos e pastas foram comparadas entre si, ao longo do tempo.

Em relação às três marcas de cadeias elásticas ocorreram diferenças significativas entre as da 3M Unitek[®] e as da Ormco[®] ($p < 0,001$) e entre as da 3M Unitek[®] e as da Ortho Classic[®] ($p = 0,002$). Entre as cadeias da Ormco[®] e da Ortho Classic[®] não ocorreram diferenças significativas ($p = 0,378$) (Tabela 45).

Entre nenhuma das pastas dentífricas se verificou diferenças significativas no seu efeito na alteração da cor dos elásticos, ao longo do tempo ($p > 0,099$) (Tabela 46).

Tabela 45 - Teste de comparações múltiplas entre as três marcas de cadeias elásticas ortodônticas ao longo do tempo, para a magnitude da variação de cor.

Comparações múltiplas

Medida: MEASURE_1
Tukey HSD

(I) Marca	(J) Marca	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
3M	ORMCO	-1,4133*	,29095	,000	-2,1034	-,7232
	OClassic	-1,0244*	,29095	,002	-1,7144	-,3343
ORMCO	3M	1,4133*	,29095	,000	,7232	2,1034
	OClassic	,3889	,29095	,378	-,3012	1,0790
OClassic	3M	1,0244*	,29095	,002	,3343	1,7144
	ORMCO	-,3889	,29095	,378	-1,0790	,3012

Com base em médias observadas.
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = 1,905.
*. A diferença média é significativa no nível ,05.

Tabela 46 - Teste de comparações múltiplas entre as três pastas dentífricas ao longo do tempo, para a magnitude da variação de cor.

Comparações múltiplas

Medida: MEASURE_1
Tukey HSD

(I) Pasta	(J) Pasta	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
TOTAL	MAX WHITE	-,1147	,29095	,918	-,8048	,5754
	ORGANIC	-,6036	,29095	,099	-1,2937	,0865
MAX WHITE	TOTAL	,1147	,29095	,918	-,5754	,8048
	ORGANIC	-,4889	,29095	,217	-1,1790	,2012
ORGANIC	TOTAL	,6036	,29095	,099	-,0865	1,2937
	MAX WHITE	,4889	,29095	,217	-,2012	1,1790

Com base em médias observadas.
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = 1,905.

Finalmente, nos testes de efeitos dentre-sujeitos é possível verificar que quer o tempo quer as pastas dentífricas utilizadas não tiveram um efeito significativo na alteração da cor ($p= 0,305$ e $p=0,247$ respectivamente), contudo a marca das cadeias elásticas influenciou a cor ($p=0,001$). Isto é confirmado através do Eta parcial quadrado, em que é possível determinar qual a variável deste estudo que teve maior efeito no comportamento das cadeias elásticas ortodônticas. Aqui confirmou-se ser a marca dos elásticos a variável com maior influência ($p=0,068$), seguida das pastas dentífricas ($p=0,021$) e, por fim, o tempo ($p=0,009$) (Tabela 47).

Tabela 47 - Teste de efeitos dentre-sujeitos para a magnitude da variação de cor das cadeias elásticas ortodônticas.

Testes de efeitos dentre-sujeitos

Medida: MEASURE_1

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Eta parcial quadrado
tempo	Esfericidade considerada	2,866	2	1,433	1,194	,305	,009
	Greenhouse-Geisser	2,866	1,726	1,661	1,194	,300	,009
	Huynh-Feldt	2,866	1,859	1,542	1,194	,303	,009
	Limite inferior	2,866	1,000	2,866	1,194	,277	,009
tempo * marca	Esfericidade considerada	22,125	4	5,531	4,607	,001	,068
	Greenhouse-Geisser	22,125	3,452	6,410	4,607	,002	,068
	Huynh-Feldt	22,125	3,717	5,952	4,607	,002	,068
	Limite inferior	22,125	2,000	11,063	4,607	,012	,068
tempo * pasta	Esfericidade considerada	6,552	4	1,638	1,364	,247	,021
	Greenhouse-Geisser	6,552	3,452	1,898	1,364	,252	,021
	Huynh-Feldt	6,552	3,717	1,763	1,364	,249	,021
	Limite inferior	6,552	2,000	3,276	1,364	,259	,021
tempo * marca * pasta	Esfericidade considerada	22,393	8	2,799	2,332	,020	,069
	Greenhouse-Geisser	22,393	6,903	3,244	2,332	,027	,069
	Huynh-Feldt	22,393	7,434	3,012	2,332	,023	,069
	Limite inferior	22,393	4,000	5,598	2,332	,059	,069
Erro(tempo)	Esfericidade considerada	302,542	252	1,201			
	Greenhouse-Geisser	302,542	217,447	1,391			
	Huynh-Feldt	302,542	234,186	1,292			
	Limite inferior	302,542	126,000	2,401			

2. Discussão

2.1. Escolha da Investigação e Relevância Clínica

O principal objetivo desta investigação foi a avaliação do comportamento de cadeias elásticas ortodônticas de três marcas diferentes, 3M Unitek[®], Ormco[®] e OrthoClassic[®], quando expostas a três dentífricos diferentes, um sem e dois deles com carvão ativado na sua constituição, respetivamente os dentífricos Colgate[®] Total Original, Colgate[®] Max White Charcoal e Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste. Portanto, simulou-se o uso destas pastas dentífricas durante o tratamento ortodôntico.

A movimentação dentária é influenciada diretamente pela força que os dispositivos elásticos exercem sobre os dentes. Em estudos anteriores, os elásticos em cadeia tem sido descritos como elementos que perdem força ao longo do tempo e, assim, dificultam e atrasam o tratamento ortodôntico (Kamisetty *et al*, 2014; Kochenborger *et al*, 2011; Mirhashemi *et al*, 2012; Teixeira *et al*, 2008). O conhecimento das propriedades dos elásticos é necessário para o sucesso do tratamento ortodôntico, assim como a monitorização da quantidade de força libertada por estes ao longo do tempo. A literatura

não é consensual em relação à decadência da tensão elástica com o passar do tempo (Motta *et al*, 2011). Neste sentido, esta investigação torna-se importante, tendo como intuito o conhecimento das propriedades destes materiais e relacioná-las com os materiais utilizados pelos pacientes na sua higiene oral diária. Será que a utilização de uma pasta dentífrica com carvão ativado irá alterar significativamente a força e a cor das cadeias elásticas, condicionando o movimento dentário e, conseqüentemente, todo o tratamento ortodôntico?

A análise do efeito das pastas dentífricas nas cadeias elásticas é, ainda, uma temática pouco estudada. Foram encontrados quatro estudos que avaliaram o uso de distintos dentífricos, descritos na Tabela 1, mas que apresentam resultados contraditórios. Além disso, nenhum destes utilizou pastas dentífricas com carvão ativado na sua constituição, justificando-se assim a realização desta investigação.

Só estudando e investigando, na procura das respostas a estas questões, é que se poderá contornar as limitações das cadeias elásticas, na tentativa de estabilizar a força exercida por estas ao longo do tempo, melhorando a sua eficácia em Ortodontia.

2.2. Escolha do Método de Investigação

Nesta investigação foi planeado um estudo experimental *in vitro*. Esta escolha foi baseada no facto deste tipo de estudo (*in vitro*) ser preferível, em comparação ao *in vivo*, para o teste e estudo de materiais, dado que é possível um maior controlo e eliminação de vários fatores, como a pigmentação provocada por alimentos, as forças da mastigação, as alterações de pH ou a ação da microflora oral (Mattos, 2013). Com este tipo de estudo torna-se mais simples compreender se o fator a ser estudado, neste caso o carvão ativado, influencia o comportamento das cadeias elásticas ao longo do tempo.

A amostra selecionada para esta investigação foi de cadeias elásticas ortodônticas, dos materiais mais usados na prática da Ortodontia (Quenzer *et al*, 2015), do tipo fechado, de cor transparente com quatro argolas em cada segmento. A escolha do tipo fechado é justificada por os elásticos sem espaço entre os elos manterem uma maior percentagem de força ao longo do tempo (Halimi *et al*, 2012; Motta *et al*, 2011). Em relação à cor transparente, esta é justificada por os pigmentos utilizados na confeção dos elásticos

coloridos poderem ter influência na degradação da força (Kochenberg *et al*, 2011) e, por outro lado, os elastómeros são suscetíveis à descoloração, característica que pretendeu-se avaliar neste estudo (Aldrees *et al*, 2015).

Os elásticos em cadeia podem sofrer um estiramento inicial de 200%, 100% ou 50%, sendo que quanto menor for o estiramento menor será a degradação da força ao longo do tempo (Masoud *et al*, 2014). Adicionalmente, segundo Rock, Wilson & Fisher (1985), a extensão dos elásticos entre 50% a 70% irá produzir a força mais adequada e satisfatória para o movimento dentário. Por esta razão, neste estudo optou-se por manter todos os segmentos de cadeias elásticas, ao longo dos 28 dias, sobre 50% de estiramento em relação ao seu comprimento inicial.

Tal como em três dos estudos precedentes apresentados na Tabela 1 (Introdução), as amostras foram mantidas em saliva artificial a 37°C durante toda a investigação, com o intuito de reproduzir as condições da cavidade oral num meio controlado. A duração foi de 28 dias, tal como nestes estudos, por ser o tempo mais comum entre as consultas de manutenção de Ortodontia (Baty *et al*, 1994; Hussein & Mohammed, 2018; Nasab, 2019; Pithon *et al*, 2014).

A escovagem foi realizada duas vezes ao dia e com dez movimentos de vai-e-vem da escova sobre as cadeias, pois a literatura revela que a maioria dos pacientes escova os dentes duas vezes por dia, realizando cinco a dez movimentos de vai-e-vem por área (Baruah *et al*, 2017).

Este trabalho de investigação teve como principal objetivo compreender se o carvão ativado contido nas pastas dentífricas exerce algum efeito sobre a degradação das cadeias elásticas. Para tal foram utilizadas três pastas dentífricas disponíveis no mercado. A Colgate Total®, sem carvão ativado para funcionar como grupo controlo, e duas, Colgate Max White® e Dr. Organic®, contendo carvão ativado. Nem todas as pastas dentífricas com carvão ativado tem na sua composição flúor (Brooks *et al*, 2017), por isso foi tomada a decisão de nesta investigação utilizar um dentífrico com fluor e carvão e outro sem fluor e com carvão, para verificar se existe alguma diferença devido a esse aspeto.

Foram definidos quatro tempos de avaliação das cadeias elásticas: no momento zero, ao 7º dia, ao 21º dia e ao 28º dia (Behnaz *et al*, 2017; Weissheimer *et al*, 2013).

Nos dias de avaliação, os três parâmetros a ser testados seguiram uma ordem obrigatória, a cor, a tensão elástica e, por fim, o ponto de ruptura.

Para o parâmetro da cor, os segmentos de cadeias foram retirados um a um dos pinos da placa de acrílico e colocados sobre uma base branca de forma a ser utilizado um espectrofotômetro para a medição da cor nesse momento (Aldrees *et al*, 2015). Após a medição da cor, a cadeia foi colocada cuidadosamente num *jig*, já previamente posicionado na máquina de teste universal. De seguida, o segmento era distendido de novo ao comprimento correspondente a 50% da sua dimensão inicial e era determinada a força exercida pelo elástico após a estabilização do valor apresentado (Behnaz *et al*, 2017; Weissheirmer *et al*, 2013). No final, foi realizado o teste à tração na máquina de teste universal, avaliando a resistência à fratura das cadeias. Em estudos prévios em que foi avaliada a força de produtos de poliuretano, o instrumento utilizado para a medição foi um dinamómetro, contudo este não permite uma exatidão nas medições, dado que não é possível garantir que as cadeias elásticas estejam em 50% de estiramento. Assim, a máquina de teste universal para a medição da tensão elástica torna a metodologia deste estudo mais precisa, por se verificar maior rigor nas suas avaliações em comparação às do dinamómetro (Antony & Paulose, 2014).

2.3. Discussão dos Resultados

Atualmente, na literatura disponível e utilizada neste estudo, verifica-se a inexistência de alguma investigação idêntica à presente. Por esta razão, torna-se impossível uma comparação direta com outros estudos e, por consequência, na discussão dos resultados apresentada de seguida foi feita apenas uma correlação com os estudos precedentes apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos permitem verificar que, no geral, os três dentífricos interferem na degradação da tensão elástica dos elásticos em cadeia, ao longo do tempo. É de referir que o dentífrico que apresentou maior efeito na degradação da tensão elástica foi o da Dr. Organic[®], em que o valor médio ao longo do tempo foi de 2,149N. Contudo, os dentífricos Colgate Max White[®] e Colgate Total[®] apresentam influências semelhantes na degradação elástica, com valores médios de 2,305N e 2,386N respetivamente. Deste modo, rejeita-se a hipótese nula do Problema 1.

Adicionalmente, constatou-se que a marca das cadeias elásticas também afeta o nível de degradação da tensão elástica destas, assim sendo, a marca que apresentou a menor tensão elástica ao longo do tempo, foi a 3M Unitek[®], com um valor médio de 2,207N. Porém, não foram verificadas diferenças entre o efeito na degradação das cadeias nas marcas Ormco[®] e Ortho Classic[®], com valores médios de 2,327N e 2,305N respectivamente. Rejeita-se assim a hipótese nula do Problema 4.

Em relação ao efeito que os dentífricos possam ter sobre a resistência à fratura das cadeias elásticas, os resultados obtidos demonstram que as três pastas estudadas não apresentaram diferenças entre si, sendo o valor médio do ponto de rutura para a Colgate Total[®] de 36,955 mm, para a Colgate Max White[®] de 36,961 mm e para a Dr. Organic[®] de 36,589 mm. Por isso, o comportamento das cadeias elásticas não foi influenciado por este fator. Com isto, aceita-se a hipótese nula do Problema 2.

Por outro lado, entre as várias marcas de elásticos em cadeia, ao longo de todo o tempo da investigação, foi sempre notória a diferença do ponto de rutura entre si. As cadeias da Ormco[®] apresentaram sempre a maior resistência à fratura, sendo a sua média 42,770 mm e as da Ortho Classic[®] a menor, com média de 31,433 mm. Desta forma, rejeita-se a hipótese nula do Problema 5.

Após a análise da estatística relativa à cor verificou-se não existirem diferenças estatísticas significativas entre nenhum dos três dentífricos estudados. Assim, aceita-se a hipótese nula do Problema 3. Porém, ao avaliar as três marcas das cadeias elásticas constatou-se que a marca 3M Unitek[®] apresentou uma diferença estatística significativa em relação às outras duas marcas, ou seja, demonstrou valores de variação de cor inferiores aos da Ormco[®] e Ortho Classic[®]. Por isso, rejeita-se a hipótese nula do Problema 6.

Por outro lado, a literatura refere que, para a avaliação de variações de cor com valor clínico, deve-se utilizar como referência o valor de 3.3 para o ΔE , ou seja, só aquando de um resultado superior a este valor é que se considera ter ocorrido uma variação de cor clinicamente visível e relevante (Aldrees *et al*, 2015). Deste modo, é notório que apenas um grupo apresentou um $\Delta E > 3.3$, sendo este o grupo do 21º dia de cadeias elásticas da Ormco[®] escovadas com o dentífrico Dr. Organic[®]. Ou seja, apenas este grupo apresentou uma diferença de cor relevante, por ser clinicamente visível. Por outro lado, o grupo do 28º dia de cadeias elásticas da Ormco[®] escovadas com o dentífrico

Dr. Organic[®] apresentou um $\Delta E < 3.3$, assim pressupõe-se que o resultado do 21º dia poderá ser insuficiente para concluir que apenas esta marca de cadeias e este dentífrico poderão levar a alterações de cor visíveis.

Efetivamente, verifica-se que a pasta dentífrica com carvão ativado e sem flúor (Dr. Organic[®]) apresentou um maior efeito na degradação da força exercida pelas cadeias quando comparada com a pasta com carvão ativado e com flúor (Colgate Max White[®]) e com a pasta sem carvão ativado (Colgate Total[®]). Por outro lado, é demonstrado que nenhuma destas apresentou diferenças significativas na influência da resistência à fratura nem na variação da cor das cadeias elásticas.

É de referir ainda, que no parâmetro da tensão elástica e durante a comparação entre as várias marcas é de facto notório que a 3M Unitek[®] apresentou a menor tensão elástica ao longo do tempo (média = 2,207N). Contudo, é de ressaltar que a marca que apresentou a maior diminuição da sua tensão, ao longo do tempo e independentemente da pasta utilizada, foi a Ortho Classic[®], ou seja, esta teve uma tensão no dia zero superior e no 28º dia inferior à da 3M Unitek[®]. Isto é compreendido após a avaliação da Tabela 10, em que se verifica que a percentagem de diminuição da força nas cadeias da Ortho Classic[®], no 28º dia, foi de 60,89% para a Colgate Total[®], de 64,54% para a Colgate Max White[®] e de 58,48% para a Dr. Organic[®]. No caso da 3M Unitek[®], na Tabela 8, verifica-se que estas percentagens foram de 55,93% para a Colgate Total[®], de 54,86% para a Colgate Max White[®] e de 57,23% para a Dr. Organic[®].

Por fim, é possível observar que os resultados obtidos nesta investigação são contraditórios, quando comparados aos de outros estudos encontrados na literatura. Nomeadamente, os resultados deste estudo não são concordantes com os de Pithon, Macena, Prado & Pinto (2014) que concluíram que o comportamento das cadeias elásticas foi semelhante independentemente das pastas dentífricas utilizadas para a escovagem. Por oposição, estudos de Behnaz *et al* (2017) e de Nasab (2019), concluem ambos que os dentífricos com agentes branqueadores apresentam maior efeito na degradação da força das cadeias. Considerando o carvão ativado um agente branqueador, esta investigação também verifica uma maior degradação das cadeias elásticas escovadas com pastas contendo o agente branqueador estudado, sendo assim estudos que apresentam resultados com algumas semelhanças.

2.4.Limitações da Investigação

Os estudos *in vitro*, apesar das suas vantagens anteriormente mencionadas, apresentam limitações na sua capacidade de reproduzir com rigor o meio oral, dado que não apresentam a possibilidade de submeter as amostras às variações enzimáticas, de pH e da microflora naturais na cavidade oral do paciente (Mattos, 2013).

Outra limitação deste estudo foi o facto de a escovagem não ter sido efetuada através de um método altamente rigoroso. Apesar de esta ter sido realizada sempre pelo mesmo operador e com o mesmo número de movimentos, a força aplicada durante a escovagem não foi exatamente igual em toda a amostra, devido à impossibilidade de calibrar com precisão a mão do operador.

Adicionalmente, outra limitação foi o espectrofotómetro utilizado na realização deste estudo. Este é um espectrofotómetro indicado para a medição da cor da superfície dentária e, por essa razão, não foi o aparelho mais apropriado para a medição de cor das cadeias elásticas ortodônticas.

Nesta investigação as cadeias elásticas estiveram sempre à mesma distância nos pinos das placas de acrílico, não tendo sido feita uma simulação do movimento dentário, que é uma das condições predisponentes para a decadência da força destes materiais (Araújo & Ursi, 2006).

2.5.Sugestões para Estudos Futuros

O presente estudo conclui que o carvão ativado efetivamente afeta a degradação das cadeias elásticas e pelo facto de não existirem estudos semelhantes a este, continua a ser pertinente uma investigação mais aprofundada desta temática, com uma amostra maior para a posterior comparação com os resultados aqui apresentados.

Dado que nesta investigação foram utilizadas duas pastas com carvão ativado e não apresentaram sempre efeitos iguais, seria interessante avaliar também outras pastas dentífricas com carvão ativado, também devido à elevada variedade de pastas com diferentes composições disponíveis no mercado.

Os dentífricos com carvão ativado continuam a ser produtos relativamente recentes no mercado, com poucos estudos realizados sobre os seus efeitos em diferentes materiais dentários, deste modo, seria relevante a realização de mais estudos no futuro sobre a influência que possam ter sobre o esmalte, a dentina e sobre diversos materiais utilizados na prática da medicina dentária.

Seria igualmente pertinente a realização de mais estudos relacionando produtos de higiene oral e as cadeias elásticas. Devido às diferenças significativas entre as marcas de elásticos, seria importante a compreensão da sua composição química e do seu comportamento perante os diferentes produtos de higiene oral, com o intuito de compreender qual a marca que reage de forma mais controlada a estes e quais os produtos que exercem menor influência, conduzindo assim, a um aumento da sua eficácia ao longo do tratamento ortodôntico.

IV. CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados obtidos nesta investigação experimental, conclui-se que:

- Os resultados desta investigação são indicativos que as pastas dentífricas têm a capacidade de afetar a força das cadeias elásticas, mas não afetam da mesma forma a sua resistência à fratura.
- A escovagem com a pasta Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste²⁵ parece ser a que provocou uma maior diminuição da força das cadeias ortodônticas ao longo do tempo, ou seja, pode-se inferir que pastas com carvão ativado sem flúor têm um efeito negativo na tensão elástica das cadeias.
- De uma forma geral, verificou-se que a escovagem com um dentífrico convencional sem carvão ativado, a Colgate[®] Total Original²⁶, tem o menor efeito sobre a força das cadeias elásticas ortodônticas.
- As cadeias elásticas ortodônticas, apesar de se verificarem diferenças estatisticamente significativas, apenas apresentaram alterações de cor clinicamente visíveis nas cadeias da Ormco[®] ao 21^o dia quando escovadas com o dentífrico da Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste.
- As três marcas de cadeias ortodônticas estudadas apresentaram comportamentos distintos entre si ao longo do tempo. Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas em todos os tempos avaliados, tanto no ponto de rutura como na tensão elástica e na variação de cor.
- Para o parâmetro da tensão elástica verificou-se que o fator que mais influenciou a sua diminuição foi a passagem do tempo. Por outro lado, o dentífrico utilizado tem maior influência na degradação do que a marca das cadeias.
- Para o parâmetro do ponto de rutura este é completamente distinto entre as marcas das cadeias, mas os dentífricos utilizados não revelaram afetar esta característica.
- A marca Ortho Classic^{®27}, no momento inicial, exibiu níveis de tensão elástica superiores às outras marcas, mas a menor resistência à fratura. Ainda assim, foi a

²⁵ Dr. Organic, Swansea, UK

²⁶ Colgate – Palmolive, New York, USA

²⁷ OC Orthodontics, McMinville, USA

que apresenta a maior redução de força ao longo do tempo. O seu ponto de ruptura foi constante ao longo do tempo para todos os dentífricos.

- A marca 3M Unitek^{®28} foi a que apresentou a menor média de tensão elástica no momento inicial e ao longo do tempo, sendo que ao 28º dia o dentífrico que a mais afetou foi o Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste. O seu ponto de ruptura foi constante ao longo do tempo para todos os dentífricos.
- A marcaOrmco^{®29} revelou ser afetada por todos os dentífricos no parâmetro da tensão elástica ao longo do tempo, sendo que o dentífrico da Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste foi o que mais afetou. O seu ponto de ruptura foi constante ao longo do tempo para todos os dentífricos, exceto o da Dr. Organic[®] Extra Whitening Charcoal Toothpaste que diminuiu a sua resistência à fratura significativamente ao 28º dia.

²⁸ 3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia, USA

²⁹Ormco, Glendora, USA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldrees, A., Al-Foraidi, S., S. Murayshed, M. & Almoammar, K. (2015) Color stability and force decay of clear orthodontic elastomeric chains: An *in vitro* study. *International Orthodontics*, 13(1), 287-301.

Alexandre, L., Júnior, G., Dressano, D., Paranhos, L. & Scanavini, M. (2008) Avaliação das propriedades mecânicas dos elásticos e cadeias elastoméricas em ortodontia. *Revista Odonto*, 16(32), 53-63.

Antony, P. & Paulose, J. (2014) An *in-vitro* study to compare the force degradation of pigmented and non-pigmented elastomeric chains. *Indian Journal of Dental Research*, 25(2), 208-213.

Anusavice, K., Shen, C. & Rawls, H. (2013) *Phillips Materiais Dentários* (12ª edição) Elsevier.

Araújo, F. & Ursi, W. (2006) Estudo da degradação da força gerada por elásticos ortodônticos sintéticos. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 11(6), 52-61.

Baratieri, C., Mattos, C., Alves Jr, M., Lau, T., Nojima, L., Souza, M., Araujo, M. & Nojima, M. (2012) *In Situ* Evaluation of Orthodontic Elastomeric Chains. *Brazilian Dental Journal*, 23(4), 394-398.

Bardal, P., Olympio, K., Bastos, J. R., Henriques, J. F. & Buzalaf, M. (2011) Education and Motivation in Oral Health - Preventing Disease and Promoting Health in Patients Undergoing Orthodontic Treatment. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(3), 95-102.

Baruah, K., Thumpala, V., Khetani, P., Baruah, Q., Tiwari, R., & Dixit, H. (2017) A Review on Toothbrushes and Tooth Brushing Methods. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, 6(5), 29-38.

Baty, D. L., Storie, D. J. & von Fraunhofer, J. A. (1994) Synthetic elastomeric chains: A literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 105(6), 536-542.

Behnaz, M., Dalaie, K., Hosseinpour, S., Namvar, F. & Kazemi, L. (2017) The effect of toothpastes with bleaching agents on the force decay of elastomeric orthodontic chains. *European Journal of Dentistry*, 11(4), 427-431.

Brantley, W., & Eliades, T. (2001) *Orthodontic Materials - Scientific and Clinical Aspects* (1ª edição) Thieme.

Brooks, J. K., Bashirelahi, N. & Reynolds, M. A. (2017) Charcoal and charcoal-based dentifrices: A literature review. *Journal of American Dental Association*, 148(9), 661-670.

Casado, B., Moraes, S., Souza, G., Guerra, C., Souto-Maior, J. R., Lemos, C., Vasconcelos, B., & Pellizzer, E. P. (2018). Efficacy of Dental Bleaching with Whitening Dentifrices: A Systematic Review. *International Journal of Dentistry*, 2018, 7868531.

Chhibber, A., Agarwal, S., Yadav, S., Kuo, C. & Upadhyay, M. (2017) Which orthodontic appliance is best for oral hygiene? A randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 153(2), 175-183.

Consolaro, A., Francischone, L. & Consolaro, R. (2011) O clareador dentário atua como co-carcinógeno na mucosa bucal, inclusive quando em dentífricos e antissépticos - Fundamentos para orientação de pacientes ortodônticos e como evitar seus efeitos indesejáveis. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(2), 28-35.

Eliades, T., Eliades, G., Silikas, N. & Watts, D. (2004) Tensile properties of orthodontic elastomeric chains. *European Journal of Orthodontics*, 26(2), 157-162.

- Ficho, A. C., Capistrano, A., Castro, R. C., Cardoso, M. & Almeida-Pedrin, R. (2014) Avaliação da Higiene Bucal em Pacientes Ortodônticos. *Revista Sociedade Paulista de Ortodontia*, 47(5), 551-557.
- Franco, M. C., Uehara, J., Meroni, B. M., Zuttion, G. S., & Cenci, M. S. (2020). The Effect of a Charcoal-based Powder for Enamel Dental Bleaching. *Operative Dentistry*, 45(6), 618–623.
- Fusayama, T., Katayori, T., & Nomoto, S. (1963). Corrosion of Gold and Amalgam Placed in Contact With Each Other. *Journal of Dental Research*, 42(5), 1183–1197.
- Greenwall, L., Greenwall-Cohen, J. & Wilson, N. (2019) Charcoal-containing dentifrices. *British Dental Journal*, 226(9), 697-700.
- Halimi, A., Benyahia, H., Doukkali, A., Azeroual, M. & Zaoui, F. (2012) A systematic review of force decay in orthodontic elastomeric power chains. *International Orthodontics*, 10(3), 223-240.
- Henriques, J. F., Hayasaki, S. M. & Henriques, R. (2003) Elásticos ortodônticos: como selecioná-los e utilizá-los de maneira eficaz. *Jornal Brasileiro de Ortodontia Ortopedia Facial*, 8(48), 471-475.
- Horn, B., Bittencourt, B., Gomes, O. M. & Farhat, P. (2014) Clinical Evaluation of the Whitening Effect of Over-the-Counter Dentifrices on Vital Teeth. *Brazilian Dental Journal*, 25(3), 203-206.
- Hussein, G. & Mohammed, S. (2018a) Assessment the Color Change of Esthetic Orthodontic Elastomeric Ligatures by Different Types of Dentifrices (*In Vitro* Comparative Study). *International Journal of Science and Research*, 7(1), 2-4.
- Hussein, G. & Mohammed, S. (2018b) Effect of Whitening Toothpastes with Different Whitening Agents on the Color Stability of Orthodontic Clear Elastic Ligatures. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, 7(3), 128-134.

Joiner, A. (2010). Whitening toothpastes: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 38 Suppl 2, e17–e24.

Kamisetty, S., Nimagadda, C., Begam, M., Nalamotu, R., Srivastav, T., GS, S. (2014) Elasticity in Elastics- An *in-vitro* study. *Journal of International Oral Health*, 6(2), 96-105.

Kochenborger, C., Silva, D., Marchioro, E., Vargas, D. & Hahn, L. (2011) Avaliação das tensões liberadas por elásticos ortodônticos em cadeia: estudo *in vitro*. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(6), 93-99.

Lippert, F. (2013) An Introduction to Toothpaste - Its Purpose, History and Ingredients. *Monographs in Oral Science.*, 23, 1-14.

Loriato, L., Machado, A. & Pacheco, W. (2006) Considerações Clínicas e Biomecânicas de elásticos em Ortodontia. *Revista Clínica de Ortodontia Dental Press*, 5(1), 42-55.

Martins, M., Mendes, A., Almeida, M., Goldner, M., Ramos, V. & Guimarães, S. (2006) Estudo comparativo entre as diferentes cores de ligaduras elásticas. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 11(4), 81-90.

Masoud, A. I., Tsay, T. P., BeGole, E., & Bedran-Russo, A. K. (2014). Force decay evaluation of thermoplastic and thermoset elastomeric chains: A mechanical design comparison. *The Angle Orthodontist*, 84(6), 1026–1033.

Mattos, F. (2013) Avaliação da Deformação de Cadeias Elásticas Submetidas a Diferentes Meios de Descontaminação. (Tese de Mestrado) Universidade Cidade de São Paulo.

Mirhashemi, A., Saffarshahroudi, A., Sodagar, A. & Atai, M. (2012) Force-Degradation Pattern of Six Different Orthodontic Elastomeric Chains. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 9(4), 204-215.

Motta, A., Cury-Saramago, A., Nojima, L. (2011) Avaliação *in vitro* da força liberada por elásticos em cadeia. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(6), 36e1-8.

Nasab, P. (2019) An evaluation of the effects of two different toothpastes and three different mouthwashes on the force decay of orthodontic memory chains and chains without memory. (Tese de Doutorado). Universidade de Ciências Médicas do Teerão.

Neto, J. (2001) A influência do tamanho e do pré-estiramento sobre a degradação da força de elásticos em cadeia. (Tese de Doutorado). Faculdade de Odontologia da Universidade Federal Fluminense.

Pertiwi, U., Eriwati, Y. & Irawan, B. (2017) Surface changes of enamel after brushing with charcoal toothpaste. *Journal of Physics: Conf. Series*, 884(1).

Pithon, M., Macena, J., Prado, M. & Pinto, H. (2014) Effects of Active Substances in Dentifrices on Force Degradation of Elastomeric Chain Elastics. *The Journal of Indian Orthodontic Society*, 48(1), 27-32.

Proffit, W., Fields, H. & Sarver, D. (2013) *Contemporary Orthodontics* (5ª edição), Elsevier.

Quenzer, J. P., Lucato, A. S., Vedovello, S. A. S., Valdrighi, H. C., & Vedovello Filho, M. (2015). Influence of elastic chain in the degradation of orthodontic forces- *in vitro* study. *Revista de Odontologia da UNESP*, 44(6), 320–325.

Rock, W. P., Wilson, H. J., & Fisher, S. E. (1985). A laboratory investigation of orthodontic elastomeric chains. *British Journal of Orthodontics*, 12(4), 202–207.

Santos, F., Villibor, F., Silva, M. & Ribeiro, A. L. (2018) Importância da instrução de higiene oral e motivação do paciente durante o tratamento ortodôntico - revisão de literatura. *Journal of Orofacial Investigation*, 5(3), 11-15.

Schwarz, A. M. (1932) Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography*, 18(4), 331-352.

Singh, V. P., Pokhrael, P. R., Pariekh, K., Roy, D. K., Singla, A. & Biswas, K. P. (2012) Elastics in orthodontics: a review. *Health Renaissance*, 10(1), 49-54.

Teixeira, L., Pereira, R., Bortoly, T., Brancher, J., Tanaka, O., Guariza-Filho, O. (2008) The environmental influence of Light Coke, phosphoric acid, and citric acid on elastomeric chains. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 9(7), 17-24.

Vanderlei, A., Vanderlei, J., Rangel, M., Barbosa, F., Forte, L. & Lima, D. (2018) Qualidade da Higiene Bucal de Indivíduos que fazem Uso de Aparelho Ortodôntico Fixo. *Revista Campo do Saber*, 4(5), 174-188.

Vaz, V., Jubilato, D. P., Oliveira, M., Bortolatto, J. F., Floros, M. C., Dantas, A., & Oliveira Junior, O. B. (2019). Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide or microbeads: which one is the most effective?. *Journal of Applied Oral Science*, 27, 1-8.

Vellini, F. (1996) *Ortodontia - Diagnóstico e Planejamento Clínico (5ª edição)* Artes Médicas.

Weissheimer, A., Locks, A., Menezes, L., Borgatto, A. & Derech, C. (2013) *In vitro* evaluation of force degradation of elastomeric chains used in Orthodontics. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18(1), 55-62.

Yagura, D., Baggio, P., Carreiro, L. & Takahashi, R. (2013) Deformation of elastomeric chains related to the amount and time of stretching. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18(3), 136-14

