

U. PORTO



**FACULDADE DE
MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DO PORTO**

MONOGRAFIA DE INVESTIGAÇÃO

**FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**Avaliação *in vitro* do efeito de bebidas energéticas na força exercida
por cadeias elastoméricas ortodônticas**

Artigo de investigação médico dentário

Cristiano António Veríssimo Catulo

Porto 2014

U. PORTO



**FACULDADE DE
MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DO PORTO**

MONOGRAFIA DE INVESTIGAÇÃO

**FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**Avaliação *in vitro* do efeito de bebidas energéticas na força exercida
por cadeias elastoméricas ortodônticas**

Artigo de investigação médico dentário

Cristiano António Veríssimo Catulo

Porto 2014

**Avaliação *in vitro* do efeito de bebidas energéticas na força exercida por cadeias
elastoméricas ortodônticas – Dissertação de Investigação**

Unidade Curricular:

Monografia de Investigação ou Relatório de Atividade Clínica

Autor: Cristiano António Veríssimo Catulo

Aluno do 5º Ano do Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Contacto: cristiano_catulo@hotmail.com

mimd09067@fmd.up.pt

Orientador:

Prof. Doutora Maria João Feio Ponces Ramalhão

Professora Auxiliar

Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Co-orientador:

Prof. Doutor Mário Augusto Pires Vaz

Professor Associado

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Agradecimentos

À minha orientadora, *Professora Doutora Maria João Ponces*, por todo o empenho e dedicação a este projeto e por me orientar nesta pequena aventura.

Ao *Professor Doutor Mário Vaz*, ao *Departamento de Engenharia* e à *Viviana Pinto* pela disponibilidade e cooperação.

À *Doutora Daniela Silva*, pela sua simpatia e apoio.

À *D. Ana*, *D. Estrela*, *D. Conceição* e a todos os que de certo modo estiveram envolvidos neste trabalho e deram a sua ajuda.

À minha *família*, pela oportunidade que me concederam de poder viver e experienciar 5 anos de pura vida académica.

Aos meus *amigos* pela união e o espírito de grupo e família.

Aos meus colegas de casa, *João Santos* e *Rui Fernandes* por todos os momentos únicos que vivemos, e os quais levo para a vida como irmãos.

À *Rita Duarte* por ser o meu apoio e motivação dos dias mais penosos, a minha confidente dos dias vitoriosos e a minha voz da razão de todos os dias.

À minha *Mãe*, ao meu *Pai* e ao meu *Irmão* por sempre acreditarem em mim, pelo apoio incondicional e por serem a razão pela qual cheguei até aqui.

Índice

Índice de Tabelas	V
Resumo	VII
Palavras-chave	VIII
Abstract.....	IX
Introdução.....	10
Material e Métodos	13
Introdução	13
Revisão da literatura	13
Amostra.....	14
Modelos experimentais	14
Considerações éticas	17
Questões de investigação	18
Metodologia – procedimentos de recolha de dados.....	18
Análise estatística	22
Análise das amostras em Microscopia Eletrónica de Varrimento	23
Resultados.....	24
Parte 1a: Análise das Cadeias Elastoméricas do Tipo A (ORMCO®).....	25
Parte 1b: Análise das Cadeias Elastoméricas do tipo B (3M®)	29
Parte 2a: Observação em MEV das Cadeias Elastoméricas do Tipo A (ORMCO®)	33
Parte 2b: Observação em MEV das Cadeias Elastoméricas do Grupo B (3M®).....	38
Discussão	43
Conclusão	48
Bibliografia.....	49
Anexos	50

Índice de Tabelas

Tabela I – Distribuição das amostras pelos grupos experimentais.....	17
Tabela II – Análise da degradação da força em função do tempo das cadeias elastoméricas do tipo A (<i>ORMCO</i> ®).....	25
Tabela III – Teste ANOVA para as cadeias elastoméricas do tipo A	28
Tabela IV – Análise da degradação da força em função do tempo das cadeias elastoméricas do tipo B (<i>3M</i> ®).....	31
Tabela V – Teste ANOVA para as cadeias elastoméricas do tipo B.....	32
Tabela VI – Caraterísticas observadas nas cadeias elastoméricas do tipo A	37
Tabela VII – Quantificação de irregularidade nas cadeias elastoméricas do tipo A.....	37
Tabela VIII – Caraterísticas observadas nas cadeias elastoméricas do tipo B	42
Tabela IX – Quantificação de irregularidade nas cadeias elastoméricas do tipo B.....	42

Índice de Imagens

Figura 1 - Cadeias elastoméricas tipo A (ORMCO [®]) e tipo B (3M-Unitek [®]).....	14
Figura 2 - Modelos utilizados para testar as cadeias elastoméricas do tipo B.....	16
Figura 3 - Placas utilizadas para testar as cadeias elastoméricas do tipo A.....	17
Figura 4 - Cadeia tipo A testada na ElectroPuls E1000 no início (4A) e no fim (4B) do estiramento.....	19
Figura 5 - Controlo de pH do banho, a cor verde reflete o pH=7.....	20
Figura 6 - Cuba de imersão.....	20
Figura 7 - Imersão das cadeias elastoméricas tipos A e B no produto de teste Red Bull.....	21
Figura 8 - Imersão das cadeias elastoméricas tipos A e B no produto de teste Powerade.....	21
Figura 9 - Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV) EDAX [®] Genesis X4M, CEMUP.....	22
Figura 10a - Representação da degradação média da força das cadeias tipo A nos três grupos experimentais em função dos intervalos de tempo (0-350 gf).....	26
Figura 10b - Representação da degradação média da força das cadeias tipo A nos três grupos experimentais em função dos intervalos de tempo (190-310 gf).....	26
Figura 11 - Média de forças das cadeias tipo A em função do deslocamento nos 5 tempos de avaliação.....	27
Figura 12a - Representação da degradação média da força das cadeias tipo A nos três grupos experimentais em função dos intervalos de tempo.....	30
Figura 12b - Representação da degradação média da força das cadeias tipo A nos três grupos experimentais em função dos intervalos de tempo.....	30
Figura 13 - Média de forças das cadeias tipo B em função do deslocamento nos diferentes intervalos de tempo.....	31
Figura 14 - Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A virgem.....	33
Figura 15 - Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A do grupo de controlo em T5.....	34
Figura 16 - Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A do grupo Red Bull em T5.....	35
Figura 17 - Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A do grupo Powerade em T5.....	36
Figura 18 - Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo B virgem.....	38
Figura 19 - Imagens de MEV de uma cadeia tipo B do grupo de controlo em T5.....	39
Figura 20 - Imagens de MEV de uma cadeia tipo B do grupo Red Bull em T5.....	40
Figura 21 - Imagens de MEV de uma cadeia tipo B do grupo Powerade em T5.....	41

Resumo

Introdução: As cadeias elastoméricas são amplamente utilizadas nos tratamentos ortodônticos devido à sua facilidade de utilização, ao conforto do paciente, ao nível de cooperação, à fácil higienização e ao baixo custo. São utilizadas na prática clínica nomeadamente para o encerramento de espaços, correção de rotações e retração de dentes após exodontias. O conhecimento das propriedades mecânicas e das alterações decorrentes do estiramento é de elevada importância uma vez que as cadeias permanecem no meio oral durante períodos relativamente prolongados de tempo. As bebidas energéticas são atualmente muito populares, especialmente na população jovem. Possuem vários componentes químicos que poderão influenciar a degradação das cadeias elastoméricas, alterando as propriedades mecânicas e a capacidade de cumprir o respetivo propósito.

Objetivos: Testar *in vitro* a degradação das forças proporcionadas por cadeias elastoméricas submetidas à influência de bebidas energéticas, Red Bull® e Powerade®.

Metodologia: 30 segmentos de cadeia elastomérica da marca ORMCO® de passo curto - tipo A e 8 segmentos da 3M-Unitek® de passo intermédio – tipo B foram submetidos experimentalmente à influência de 3 soluções, criando-se os grupos Red Bull®, Powerade® e água destilada (controlo). O estiramento das cadeias foi padronizado para 22 mm no tipo A e 32 mm no tipo B. As amostras foram mantidas em água destilada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ durante toda a experimentação e, nos grupos de teste efetuaram-se imersões, 5 vezes por semana, com as soluções testadas puras durante 2 minutos seguida de 10 minutos na solução diluída com água destilada. A degradação da força foi registada nos intervalos de 0 e 24 horas e 7, 14, 21 dias. Finalmente, as amostras foram estudadas em microscopia eletrónica de varrimento. Os dados recolhidos foram analisados comparativamente utilizando, para o efeito, o teste Anova com um nível de significância 0.05.

Resultados: As cadeias elastoméricas sofreram alterações dimensionais permanentes e a força degradou-se durante o período de estiramento do estudo. Para qualquer das soluções, a maior taxa de degradação da força verificou-se às 24 horas, variando entre 27,5% e 29,9% para o tipo A e entre 44,9% e 45,6% para o tipo B. Aos 21 dias as médias de força encontravam-se entre as 202,23 gf e 207,47 gf no tipo A e entre 207,13 gf e 220,42 gf no tipo B. A comparação entre os valores registados nos grupos controlo e os grupos Red Bull® e Powerade® permitiu verificar que as diferenças encontradas não apresentavam significado estatístico ($P < 0,05$).

Conclusões: Os resultados deste estudo permitiram concluir que é semelhante o padrão de degradação da força ao longo do tempo para os dois tipos de cadeias elastoméricas em qualquer dos grupos de teste, verificando-se que a maior taxa de degradação se registou às 24 horas.

Não há evidência que as bebidas energéticas Red Bull® e Powerade® sejam determinantes na degradação da força das cadeias elastoméricas.

Palavras-chave: Cadeias elastoméricas, degradação de força, bebidas energéticas.

Abstract

Introduction: Elastomeric chains are widely used in orthodontic treatment because of its practical use, comfort of the patient, the level of cooperation, easy to clean and low cost. They are clinically used for closing spaces, correcting rotations and retraction of teeth after tooth extractions. The knowledge of the mechanical properties and the changes that occur when they are stretched is highly important, since the chains remain in the oral environment during relatively long periods of time. Energy drinks are very popular nowadays, especially among young people. Energy drinks possess various chemical components that may influence the degradation of elastomeric chains, changing the mechanical properties and the ability to meet the respective purpose.

Objectives: Testing in vitro degradation of the forces provided by elastomeric chains subjected to the influence of energy drinks, Red Bull ® and Powerade ®

Methodology: 30 segments of ORMCO ® short step elastomeric chain – type A and 8 3M Unitek ® intermediate step chains – type B underwent experimentally the influence of 3 solutions, creating groups Red Bull ®, Powerade ® and distilled water (control). The stretching of the chains was standardized to 22 mm in the type A and 32 mm in the type B. The samples were stored in distilled water at 37 ± 1 ° C throughout the experiment. The test groups were immersed, 5 times a week, in pure tested solutions for 2 minutes followed by 10 minutes in the dilute solution with distilled water. The force decay was recorded in the intervals of 0 and 24 hours and 7, 14, 21 days. Finally, the samples were comparatively studied in scanning electron microscopy. The data collected were analyzed using ANOVA test with a significance of 0,05.

Results: The elastomeric chains suffered permanent dimensional changes and force decay was verified during all study time. For any of the solutions, the highest rate of force decay was verified at 24 hours, between 27.5% and 29.9% for type A and between 44.9% and 45.6% for type B. After 21 days the average strength ranged between 202,23 and 207,47 gf in type A and between 207.13 and 220.42 gf in type B. The comparison between the values recorded in the control groups and the groups Red Bull ® and Powerade ® has shown that the differences had no statistical significance.

Conclusions: The results of this study showed that the force decay pattern is common for both types of elastomeric chains in any of the test groups, verifying that the highest rate of force decay was recorded at 24 hours. There is no evidence that energy drinks Red Bull ® and Powerade ® are determinant in force decay of elastomeric chains.

Keywords: Elastomeric Chains, Force degradation, Energy drink

Introdução

O tratamento ortodôntico baseia-se no princípio de que uma pressão fisiologicamente compatível e de cariz prolongado aplicada sobre um dente é capaz de promover movimento à medida que ocorre remodelação óssea ao redor do mesmo. Durante os tratamentos ortodônticos, esta pressão é exercida por aparelhos que armazenam e libertam forças ao nível das estruturas dento-alveolares, musculares ou esqueléticas. (1, 2)

Para alcançar maior eficiência durante o tratamento ortodôntico deve-se conhecer, entre outros fatores importantes, a amplitude da força a aplicar sobre os dentes a deslocar. As forças leves e contínuas geram melhores resultados quando comparadas com as forças intermitentes e pesadas. As forças contínuas podem ser obtidas com vários tipos de dispositivos, principalmente associados a aparelhos fixos. Os mais utilizados são: molas, ímans, alças e cadeias elastoméricas. (1-4)

Os elastómeros são materiais que têm a habilidade de voltar rapidamente ao seu tamanho original após uma deformação substancial. São estruturalmente classificados como polímeros, ou seja, materiais formados por uma cadeia repetida de uma estrutura química simples. Após um processo de vulcanização, as propriedades mecânicas destes materiais são melhoradas através da união lateral entre cadeias por ligações covalentes cruzadas. São criadas estruturas tridimensionais mais flexíveis, elásticas, menos solúveis e mais resistentes à deterioração pelo calor, luz ou envelhecimento natural. (2, 3)

Assim, as cadeias elastoméricas passaram a ter ampla utilização em Ortodontia a partir da década de 1960 devido à sua facilidade de utilização, ao conforto do paciente, à inexistência de cooperação, à fácil higienização e ao baixo custo. São utilizadas clinicamente no encerramento de espaços, na correção de rotações e na retração de dentes após extrações, entre outras diversas finalidades. (4-6)

O conhecimento das propriedades mecânicas e das alterações decorrentes do respetivo estiramento é de elevada importância, uma vez que estas cadeias permanecem no meio oral durante períodos de tempo prolongados, almejando-se que mantenham características mecânicas adequadas ao longo do período de utilização. As forças desenvolvidas por estas cadeias são instáveis e alteram-se de forma significativa com o tempo. A adição de corantes no seu fabrico, a configuração da cadeia (aberta ou fechada), o estiramento prévio, a saliva, as enzimas no meio oral, as mudanças do PH, a exposição à luz, a água, os oxidantes, os alimentos, as bebidas, a

higiene oral (mecânica e química) e a mastigação são fatores condicionantes das suas propriedades. (3, 4)

As cadeias elastoméricas perdem força com o tempo, mesmo permanecendo em ambientes secos. As respetivas propriedades estão condicionadas pela humidade e pela temperatura, especialmente nas primeiras vinte e quatro horas de utilização. Quando estiradas e expostas ao meio oral, as cadeias absorvem água, saliva e pigmentos, degradando-se quimicamente. O resultado é o enfraquecimento das forças intermoleculares com a decomposição das ligações internas, originando deformação permanente. A degradação da força resulta numa perda gradual de eficácia das cadeias e perda de estabilidade dimensional, que impossibilita a manutenção da magnitude da força aplicada inicialmente. (2, 4, 7, 8)

A tecnologia empregue no fabrico das cadeias elastoméricas e os materiais utilizados na respetiva composição determinam a velocidade e a quantidade de degradação de força que estes materiais irão sofrer quando distendidos em meio oral. (3, 9)

Nos últimos anos, as bebidas energéticas tornaram-se muito populares no mundo inteiro, especialmente na população jovem na faixa etária dos 18 aos 35 anos. Em Portugal, o consumo destas bebidas tem vindo a crescer com uma taxa de cerca de 40% por ano e são procuradas sobretudo nas zonas urbanas, por estudantes em época de exames, executivos e noctívagos que querem afastar a fadiga e prolongar a atividade noturna. Assim sendo, 80% do consumo é feito em bares e discotecas. (10)

Apesar de o propósito inicial destas bebidas ter sido a melhoria da *performance*, da resistência e a prevenção da desidratação durante as atividades físicas, atualmente também são consumidas de forma generalizada sem esse propósito. (10, 11)

Numa perspetiva global, uma das bebidas mais populares parece ser o Red Bull ® Energy Drink. Esta bebida contém vários ingredientes incluindo a cafeína, a arginina, as vitaminas do complexo B, a taurina, o glucoronolactona, o inositol, entre outros. Testes efetuados a esta solução indicam efeitos positivos sobre não só no desempenho cognitivo, na fadiga, na atenção na condução, particularmente na condução prolongada, mas também um incremento na resistência física e um melhor desempenho no exercício. (11, 12)

Estas bebidas energéticas possuem várias características, nomeadamente o pH reduzido e a elevada taxa de açúcares, que poderão influenciar a degradação das cadeias elastoméricas e desse modo alterar as propriedades mecânicas relacionadas com a memória elástica e a durabilidade.

O objetivo deste trabalho de investigação foi testar *in vitro* a degradação das forças proporcionadas por cadeias elastoméricas submetidas à influência de bebidas energéticas, nomeadamente o Red Bull[®] e o Powerade[®].

Material e Métodos

Introdução

Na prossecução deste trabalho contou-se com a colaboração de várias instituições da Universidade do Porto.

A preparação de todo o material de investigação foi efetivada no Serviço de Ortodontia da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (FMDUP). Já os trabalhos relacionados com a fase experimental foram realizados na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, no Departamento de Engenharia Mecânica. A preparação das amostras no final da fase experimental para análise em Microscopia Eletrónica foi concretizada, no Departamento de Anatomia Dentária da FMDUP. A Microscopia Eletrónica de Varrimento foi efectuada no Centro de Materiais da Universidade do Porto, CEMUP, na Unidade de Imagem, Microestrutura e Microanálise, IMICROS.

Revisão da literatura

Foi feita uma pesquisa bibliográfica *on-line* através das bases de dados *PubMed* utilizando as seguintes palavras-chave: “Elastomeric Chains” , “Force degradation”, “Energy drinks” ou combinações das mesmas. A pesquisa limitou-se aos últimos 25 anos e aos idiomas inglês, português e espanhol. Incluíram-se artigos do tipo *ensaio clínico, estudo comparativo ou artigo de revisão*. A partir de um total de 27 artigos fornecidos pelas bases de dados e após a análise criteriosa dos mesmos com base nos resumos, seleccionaram-se 14 artigos relacionados com a degradação de força de cadeias elastoméricas, com objetivos semelhantes ao proposto neste estudo e cujo texto completo estivesse disponível *online*.

Amostra

Para a realização deste projeto foram utilizados um total de 38 segmentos de cadeias elastoméricas que foram testadas em condições *in vitro* procurando reproduzir a cavidade oral. Para tal foram utilizadas 30 cadeias elastoméricas Power Chain Clear Generation II de passo fechado da ORMCO[®] (12B85; validade: 02/2015), designadas por tipo A e 8 cadeias elastoméricas de passo intermédio da marca 3M-Unitek[®] (FF3TA; validade: 10/2016), designadas por tipo B. (**Figura 1**)



Figura 1 – Cadeias elastoméricas tipo A (ORMCO[®]) e tipo B (3M-Unitek[®])

Modelos experimentais

Selecionaram-se 40 dentes pré-molares humanos hígidos provenientes de uma clínica de Ortodontia, cuja extração havia sido efetuada por indicações ortodônticas.

Os critérios de inclusão aplicados foram:

- dentes pré-molares hígidos e com dimensões normais, rondando os 7 mm.

Os critérios de exclusão foram:

- cáries condicionando alterações do comprimento mesio-distal dos dentes;
- dentes cuja anatomia impossibilitasse a colocação dos *brackets*;
- presença de variabilidades anatómicas.

Os dentes selecionados foram limpos procedendo-se à remoção de resíduos com a ponta de ultrassons. De seguida, foram perfurados ao nível da raiz com uma broca esférica montada em turbina e seguidamente submetidos à colagem de *brackets*. Para tal foram utilizados, 16 *brackets* de pré-molares da marca ORMCO[®] e 24 *brackets* de pré-molares da 3M[®]. A colagem foi

efetuada nas faces vestibulares das peças dentárias, no centro da coroa anatômica e em função do longo eixo da coroa. O procedimento consistiu em: aplicação de ácido fosfórico 37% (DentaFlux, Madrid, Espanha) na face vestibular dos dentes durante 30 segundos; remoção do ácido com jato de água seguido de secagem da superfície com jato de ar; aplicação de adesivo OrthoSolo (ORMCO®, Orange, USA) com um *microbrush* na área tratada e fotopolimerização durante 20 segundos (Tecchnoflux, Barcelona, Espanha); colocação de compósito Enlight (ORMCO®, Orange, USA) na malha da base dos *brackets* e posicionamento correto dos mesmos na superfície vestibular dos dentes; por fim, fotopolimerização durante 10 segundos em cada face dos *brackets*.

Após a colagem dos *brackets*, os dentes foram agrupados em conjuntos de 5, intercalando os dentes com as duas marcas de *brackets* e fazendo com que os dentes nas extremidades de cada conjunto possuíssem *brackets* da marca 3M®. Assim sendo, cada conjunto de 5 dentes possuía 3 dentes com *brackets* 3M® e 2 dentes com *brackets* ORMCO®. Com o auxílio de segmentos com 32 mm de comprimento de arame ortodôntico retangular Remanium .016x.022” (Dentaurum, Pforzheim, Germany) introduzidos na ranhura dos *brackets* e ligados com ligaduras elásticas, formaram-se conjuntos de 5 dentes, conseguindo-se desse modo estabilizá-los numa unidade. A medida dos segmentos de arame refere-se à distância média entre os *brackets* limítrofes dos conjuntos de 5 dentes justapostos (**Figura 2**). Seguidamente estes conjuntos foram incluídos numa plataforma de acrílico. Os paralelepípedos de acrílico procuravam simular uma secção da arcada. A inclusão no acrílico envolveu os 2/3 apicais da raiz dos pré-molares, de modo a que as coroas ficassem com algum afastamento em relação ao acrílico.

Foram preparados 8 modelos com o objetivo de testar, em cada um deles, um segmento de cadeia elastomérica de passo intermédio do tipo B. Os modelos foram divididos em 3 grupos, compondo-se o grupo experimental por 6 modelos (3 modelos experimentais para o Red Bull e 3 modelos experimentais para o Powerade) e o controlo por 2 modelos.

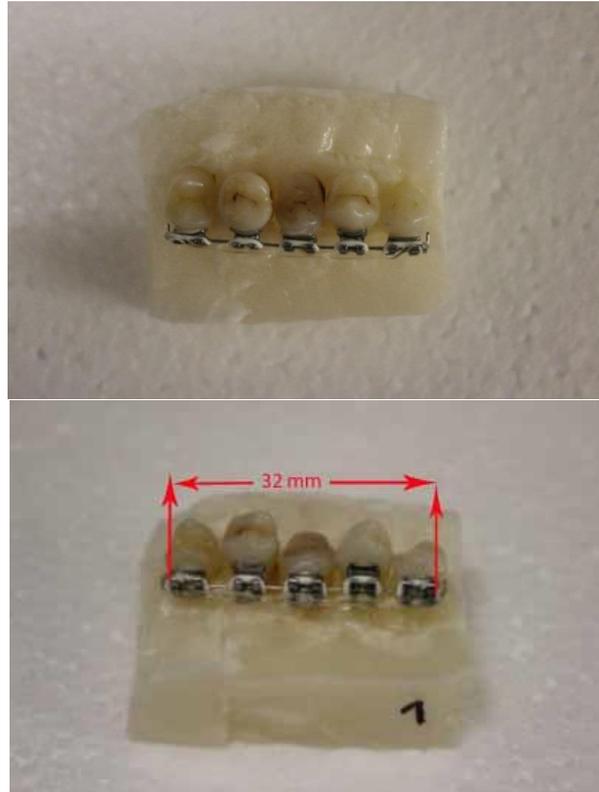


Figura 2 – Modelos utilizados para testar as cadeias elastoméricas do tipo B.

No que respeita aos modelos para testar as cadeias elastoméricas tipo A, previamente à respetiva elaboração, foram realizados ensaios em 5 segmentos de cadeia elastomérica de passo curto de forma a determinar qual o estiramento médio que assegurava a aplicação de 300 gf. O estiramento definido foi de 22 mm e foi esta a distância utilizada como referência para a criação de 3 placas experimentais contendo cada uma 10 suportes para as cadeias. Esses mantenedores consistiram em pares de espigões de aço distanciados 22 mm (**Figura 3**) para testar 10 segmentos em simultâneo.

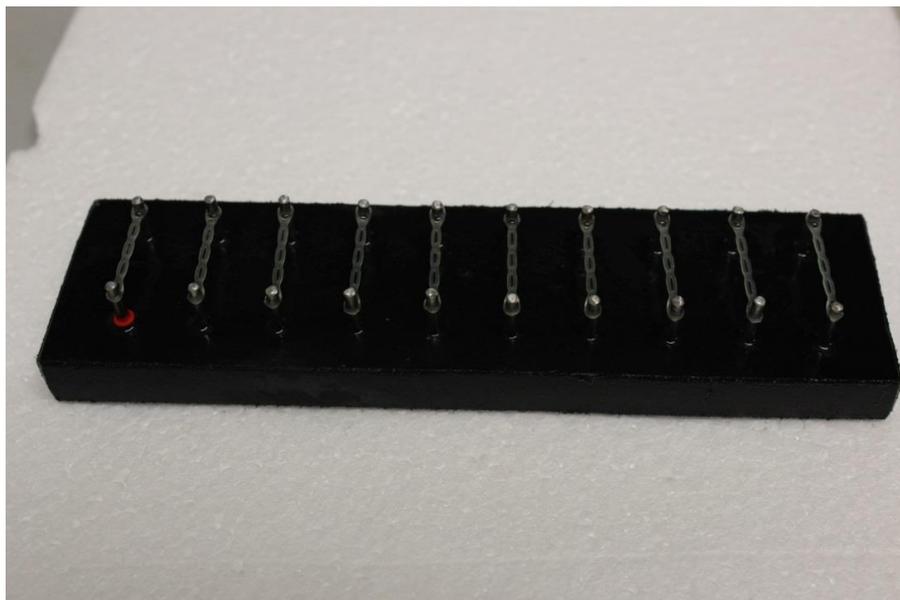


Figura 3 – Placas utilizadas para testar as cadeias elastoméricas do tipo A.

Assim sendo, construíram-se 3 placas, uma utilizada para o grupo controlo, outra o grupo experimental Red Bull® e a terceira para o grupo experimental Powerade® (**Tabela I**).

Tabela I – Distribuição das amostras pelos grupos experimentais.

Amostras	Controlo	Red Bull®	Powerade®
Tipo A - <i>ORMCO</i> ®	10	10	10
Tipo B - <i>3M-Unitek</i> ®	2	3	3

Considerações éticas

Este projeto de investigação foi submetido à Comissão de Ética da FMDUP que aprovou a respetiva realização (Anexo 1).

Tendo em conta que os dentes utilizados nos modelos de estudo provinham de uma clínica de Ortodontia onde haviam sido extraídos por motivos ortodônticos, estavam completamente anonimizados, não havendo qualquer possibilidade de associação com os indivíduos a que pertenciam. Assim sendo, este aspeto do estudo não apresentou implicações éticas.

Questões de investigação

Este estudo intentou esclarecer o efeito das bebidas energéticas nas forças desencadeadas por cadeias elastoméricas. Procurou-se verificar se essa influência se repercutiria a nível do padrão comportamental comprometendo a previsibilidade do método clínico aplicado e condicionando, por isso, a atuação profissional na prática clínica diária.

Assim sendo a questão e as hipóteses colocadas foram:

Q: Será que o efeito das bebidas energéticas sobre as cadeias elastoméricas influencia o comportamento destas de forma a produzir uma degradação significativa da respetiva força?

H0: O efeito das bebidas energéticas não influencia o comportamento das cadeias elastoméricas, não produzindo degradação significativa da sua força.

H1: O efeito das de bebidas energéticas influencia o comportamento das cadeias elastoméricas, produzindo degradação significativa da sua força.

Metodologia – procedimentos de recolha de dados

As forças das cadeias elastoméricas tipos A e B foram avaliadas com uma máquina universal de testes, ElectroPuls E1000 All-Electric Test Instrument (Instron Corporate – Norwood, MA, USA), configurada para o estiramento das cadeias a uma velocidade de 100 mm/min até à distância de 22 mm no grupo de cadeias elastoméricas de passo fechado tipo A e até à distância de 32 mm no grupo de cadeias de passo largo tipo B (**Figura 4**). As medições foram sempre realizadas sempre com o mesmo instrumental, testando a força das cadeias elastoméricas com referência aos comprimentos inicialmente programados. A medição foi efetuada em 5 tempos (0 e 24 horas, 1, 7, 14 e 21 dias). Estas medições seguiram as instruções indicadas na 1ª edição das normas ISO 21606 para auxiliares ortodônticos elastoméricos de 01/06/2007. (15)

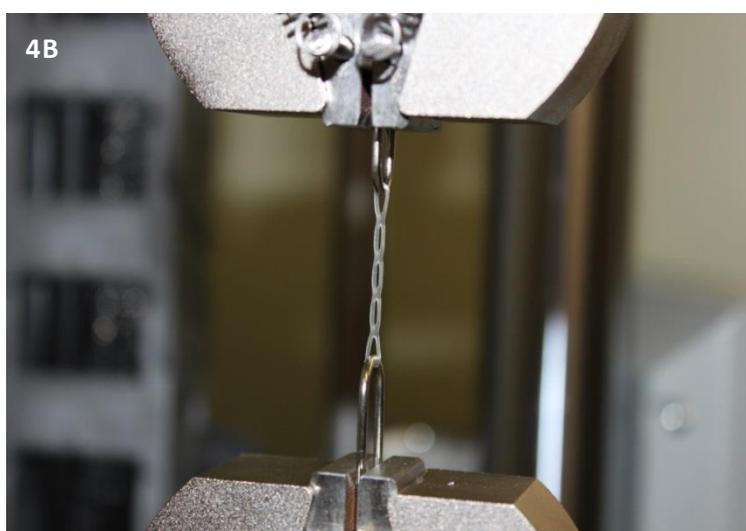


Figura 4 – Cadeia tipo A testada na ElectroPuls E1000 no início (4A) e no fim (4B) do estiramento.

Para reproduzir as condições verificadas na cavidade oral, os modelos de acrílico e as placas com as cadeias elastoméricas aplicadas foram colocados numa pequena cuba imersos em água destilada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ (**Figura 5**), com um pH de $7 \pm 0,5$ (**Figura 6**), durante toda a fase experimental, variando o protocolo de imersão nos dois grupos experimentais.

Assim sendo, nos grupos de controlo a imersão em água destilada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ ocorreu durante toda a fase experimental seguindo o protocolo de medições de forças. Já nos grupos experimentais as imersões em água destilada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ alternaram com imersões, 5 vezes por semana durante 2 minutos, nos produtos de teste e 10 minutos numa solução correspondente à mistura da bebida com água destilada, ou seja, a bebida testada diluída. Para um total de 300 ml a diluição foi efetuada na proporção de 1 para 2 com 100 ml de bebida experimental para 200 ml água destilada (**Figura 7 e 8**). Os tempos escolhidos foram estimados para o consumo médio

destas bebidas por semana e para o tempo médio que demorará o consumo das mesmas. Foram 5 os tempos selecionados para testar as cadeias (inicial (T0) e após 24 horas (T1), 7 (T2), 14 (T3), 21(T4) e 28(T5) dias).



Figura 5 – Controlo de pH do banho, a cor verde reflete o pH=7.

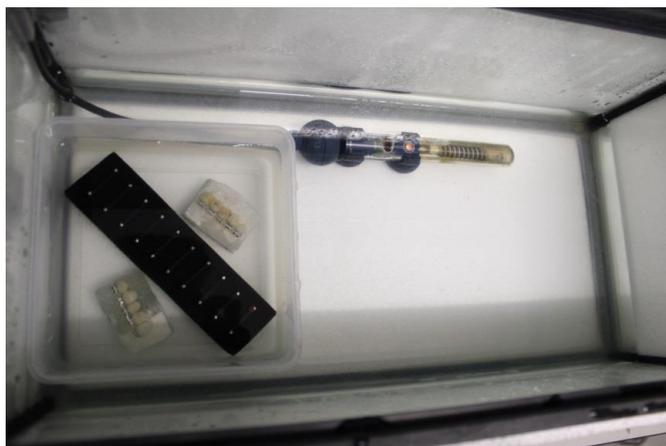


Figura 6 – Cuba de imersão.

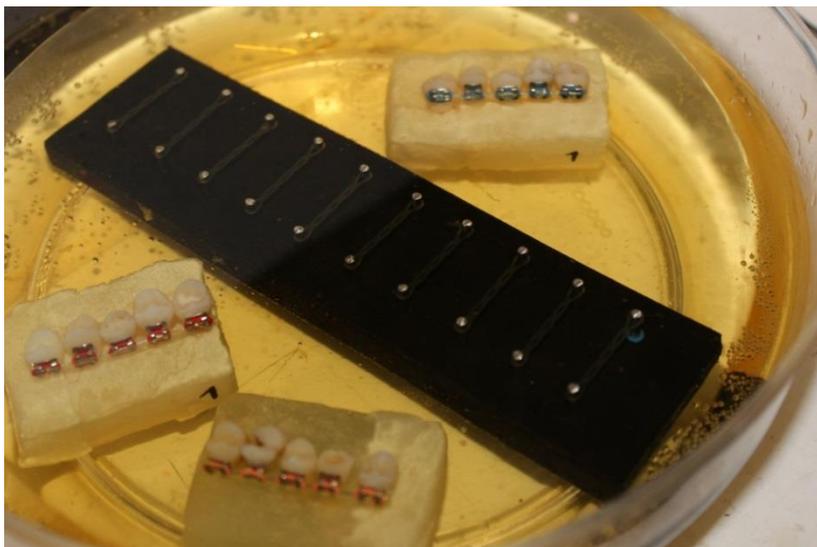


Figura 7 – Imersão das cadeias elastoméricas tipos A e B no produto de teste Red Bull.



Figura 8 – Imersão das cadeias elastoméricas tipos A e B no produto de teste Powerade.

No final da fase experimental, após a última avaliação de forças, foi selecionada aleatoriamente 1 cadeia de cada tipo (A e B) em cada grupo experimental (controlo, Red Bull e Powerade) para a análise estrutural em Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV). As amostras recolhidas totalizaram 6 unidades. A estas cadeias juntaram-se mais 2 cadeias virgens, uma de cada tipo, que foram retiradas diretamente da bobine e que nunca haviam sido sujeitas a qualquer tipo de manipulação. Assim sendo, foram 8 as cadeias elastoméricas estudadas no MEV.

As cadeias que estiveram submetidas ao teste experimental foram preparadas previamente à observação com o objetivo de remover resíduos superficiais condicionantes da

análise. Foram polidas com um pano de polimento rotativo e *spray* abrasivo aquoso à base de alumina com as granulometrias de 1 μm e $\frac{1}{4}$ μm (Struers, Denmark). Após o polimento, as amostras foram submetidas durante uma hora a um banho em ultrassons.

Já no Centro de Materiais da Universidade do Porto, CEMUP, na Unidade de Imagem, Microestrutura e Microanálise, as amostras foram desidratadas e após a secagem foram colocadas em fita de carbono para serem observadas. Para a realização das imagens de Microscopia Electrónica de Varrimento foi utilizado o EDAX® Genesis X4M com os parâmetros de HV= 15.00 kV, det ETD, WD= $9,7 \pm 0,5\text{mm}$, mode SE e nas magnitudes de 100x, 500x, 3000x e 10000x (**Figura 9**).



Figura 9 – Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV) EDAX® Genesis X4M, CEMUP.

Análise estatística

Os dados relativos às medições efetuadas na ElectroPuls E1000 All-Electric Test Instrument foram importados para uma tabela no Microsoft®Excel 2010 (Microsoft Corporation, Washington, USA) onde foram analisados de forma preliminar, face às limitações da amostra, utilizando as técnicas estatísticas que se consideraram mais adequadas para as variáveis envolvidas.

Sucintamente a análise consistiu:

- Num estudo descritivo dos dados com o objetivo de organizar, sintetizar e apresentar a informação;
- Num estudo comparativo, aplicando o teste Anova, com o objetivo fundamental de verificar se os dados eram compatíveis.

De salientar que os resultados desta análise preliminar devem ser encarados como uma abordagem primária a este tema devendo ser aprofundado posteriormente através de um trabalho estatístico mais elaborado e com base numa amostra de maior dimensão.

Análise das amostras em Microscopia Eletrónica de Varrimento

As imagens recolhidas pelo microscópio electrónico de varrimento foram analisadas por dois examinadores independentes que fizeram 3 avaliações da superfície das cadeias em 3 períodos distintos no tempo. A avaliação consistiu na observação e respetiva contagem de irregularidades na superfície das cadeias de todos os grupos de teste, nas secções lateral e central, na ampliação de 3000x. Para a apresentação de resultados foi utilizada a média ponderada de todas as avaliações feitas pelos examinadores.

Resultados

Preâmbulo

A degradação da força das cadeias elastoméricas foi avaliada em função da proporção entre a força dissipada e a força inicial apresentada. Para padronizar os dados recolhidos e facilitar a análise e comparação entre as diferentes amostras, a degradação da força foi apresentada em gramas força e de forma percentual. A média de percentagem de degradação de força das cadeias foi calculada para cada intervalo e nos dois tipos diferentes de cadeia elastomérica, tendo como referência o valor inicial da força. Esta variação das médias em todos os intervalos está registada nas tabelas II e IV.

Para melhor visualização e análise do descrito nas tabelas II e IV, foram elaborados os gráficos correspondentes, contendo a proporção de força média perdida nos intervalos de tempo em relação à força média inicial. (Figuras 10 e 12)

Para a observação das cadeias elastoméricas tipos A e B em relação ao seu comportamento mecânico e elástico nos diferentes grupos e nos diferentes tempos de estudo foram elaborados gráficos que traduzem a variação média da força destas cadeias em função do seu deslocamento/estiramento. (Figuras 11 e 13).

O teste ANOVA de fator único foi utilizado para comparar a degradação da força nos dois tipos de cadeias elastoméricas procurando verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos testados, utilizando um nível de significância de 0.05 (Tabelas – III e V).

A informação recolhida da análise microscópica foi sumarizada nas tabelas VI a IX, facilitando a comparação das alterações verificadas na superfície das diferentes cadeias nos grupos controlo, Red Bull® e Powerade®.

Para melhor compreensão e descrição dos resultados, estes foram divididos em função do tipo de cadeias estudado. Assim sendo, os resultados da análise mecânica foram organizados em duas partes: a “Parte 1a: Análise das Cadeias Elastoméricas do Tipo A (ORMCO®)” e a “Parte 1b: Análise das Cadeias Elastoméricas do Tipo B (3M®)”.

Em relação à observação microscópica das cadeias os resultados também foram divididos em: “Parte 2a: Observação em MEV das Cadeias Elastoméricas do Grupo A (ORMCO®)” e a “Parte 2b: Observação em MEV das Cadeias Elastoméricas do tipo B (3M®)”

Parte 1a: Análise das Cadeias Elastoméricas do Tipo A (ORMCO®)

Tabela II – Análise da degradação da força em função do tempo para as cadeias elastoméricas do Tipo A.

a) Tempo/ dias	Controlo (gf) ±DP	Red Bull® (gf) ±DP	Powerade® (gf) ±DP
T0/0	303,39±58,7	293,89±31,6	303,17±18,3
T1/1	219,49±9,2	212,92±11,8	212,43±6,3
T2/7	218,01±7,0	211,66±12,6	212,05±12,1
T3/14	207,29±7,9	203,65±7,0	201,67±9,1
T4/21	207,47±6,9	204,16±8,9	202,23±7,9

b) Tempo/ dias	Controlo	Red Bull®	Powerade®
T0/0	100%	100%	100%
T1/1	72,3%	72,5%	70,1%
T2/7	71,9%	72,0%	69,9%
T3/14	68,3%	69,3%	66,5%
T4/21	68,4%	69,5%	66,7%

c) Tempo/ dias	Controlo	Red Bull®	Powerade®
T1/1	27,7%	27,5%	29,9%
T2/7	28,1%	28,0%	30,1%
T3/14	31,7%	30,7%	33,5%
T4/21	31,6%	30,5%	33,3%

a) Média (gf) e desvio padrão (DP) da força nos intervalos de teste para os três grupos experimentais. b) Média da percentagem das forças nos intervalos de teste para os três grupos experimentais. c) Média da percentagem de degradação da força nos intervalos de teste para os três grupos experimentais.

O valor inicial da média de forças do grupo controlo variou entre os $303,39 \pm 58,7$ gf atingindo no final da experimentação o valor médio de $207,47 \pm 6,9$ gf, o que equivale uma perda de força de 31,6%. Os valores percentuais de degradação das forças para os grupos Red Bull e Powerade foram 30,5% e 33,3%, respetivamente. A pequena variação entre as médias de força para os diferentes grupos, acompanhada de desvios padrão elevados, sugere que as diferenças encontradas entre grupos não sejam significativas.

É importante referir que a maior taxa de degradação da força se verificou entre T0 e T1, ou seja, nas primeiras 24 horas, sendo de 27,7%, 27,5% e 29,9% para os grupos controlo, Red Bull e Powerade, respetivamente. Estes valores aproximam-se dos valores percentuais registados na avaliação final do estudo, sugerindo uma diminuição da taxa de degradação da força das cadeias ao longo do tempo.

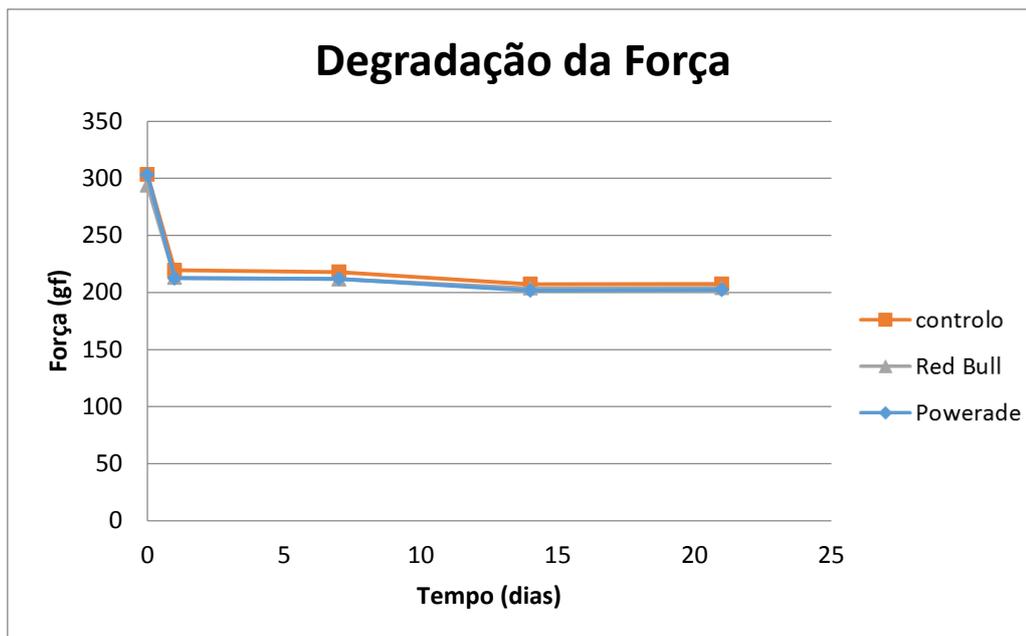


Figura 10a – Representação da degradação média da força das cadeias tipo A nos três grupos experimentais em função dos intervalos de tempo (0-350 gf).

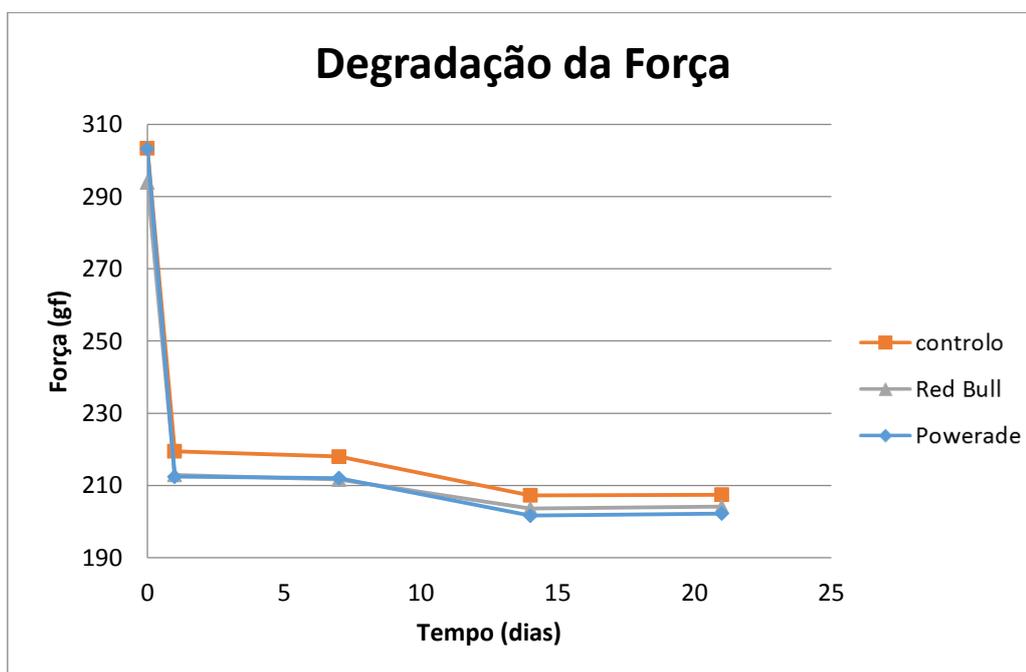


Figura 10b – Representação da degradação média da força das cadeias tipo A nos três grupos experimentais em função dos intervalos de tempo (190-310 gf).

Assim sendo, a maior taxa de degradação da força das cadeias tipo A verificou-se às 24 horas e a partir desse intervalo o nível de força decresceu suavemente com o tempo.

Verificou-se que às 24 horas (T1) o grupo controlo era o que possuía uma média de forças mais elevada enquanto que os outros grupos se encontravam em níveis inferiores muito próximos. Esta diferença repetiu-se na passagem das 24 horas para os 7 dias e mantiveram-se, em todos os grupos, os níveis médios de força muito próximos dos verificados em T1.

Aos 14 dias (T3) as cadeias elastoméricas traduziram um ligeiro decréscimo de força em relação a T2, em todos os grupos, tendo-se mantido o grupo controlo com um nível de força mais elevado que os grupos de experimentais. Aos 21 dias as cadeias apresentaram valores muito próximos dos verificados no intervalo anterior, sugerindo a estabilização do nível médio da força das cadeias a partir das duas semanas, com a estagnação da respetiva degradação da força.

Em T5, o grupo controlo foi o que registou o nível de força remanescente mais elevado enquanto que os grupos de teste, Red Bull e Powerade, demonstraram níveis um pouco mais baixos.

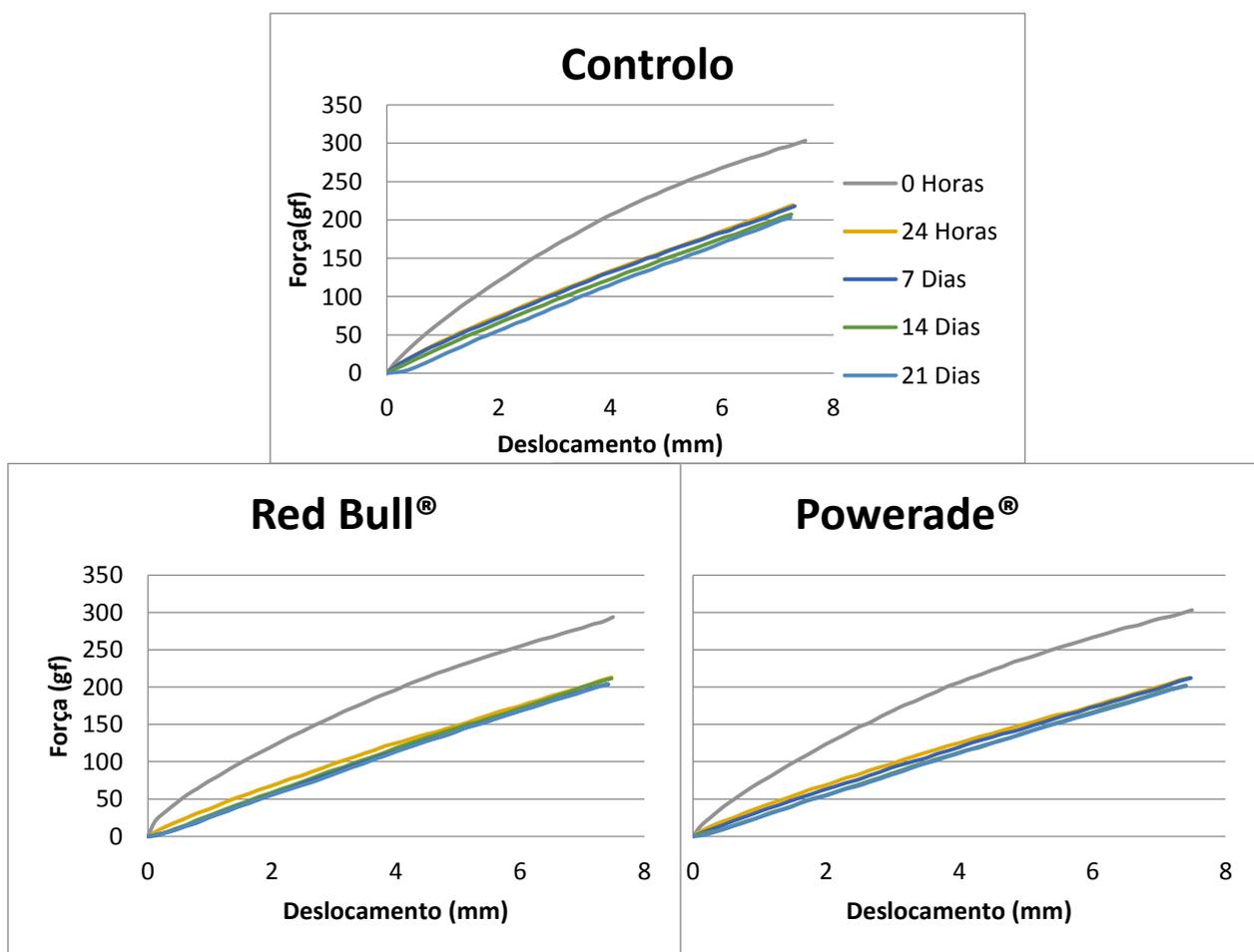


Figura 11 – Média de forças das cadeias tipo A em função do deslocamento nos 5 tempos de avaliação.

Nestes gráficos evidencia-se o comportamento mecânico e elástico das cadeias em função do deslocamento/estiramento a que foram sujeitas verificando-se, desde logo, dois padrões distintos de comportamento em qualquer dos diferentes grupos.

Em T0, as cadeias produziram um nível médio de força mais elevado logo a partir dos deslocamentos iniciais (0 mm) com a curva a apresentar um declive ascendente mais acentuado até aproximadamente aos 2,5 mm de deslocamento e que vai reduzindo ligeiramente até ao estiramento final (7,5 mm). Nos outros tempos do estudo estas cadeias produziram um nível médio de força reduzido comparativamente a T0, mas muito próximas entre si e nos diferentes grupos de estudo. Já nos tempos T1 a T5, as curvaturas tenderam a retificar-se divergindo do apurado em T0. Também os padrões de comportamento mecânico e elástico das cadeias tipo A nos dois grupos de teste foi semelhante, existindo uma marcada diferença entre o comportamento original e aquele que se refere aos intervalos de tempo nos quais as cadeias estiveram sujeitas às condições do estudo. Isso traduz-se nas já referidas diferenças no aspeto das linhas descritivas da relação carga/deslocamento.

Tabela III – Teste ANOVA para as cadeias tipo A

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	98,0762917	2	49,0381458	0,02926641	0,9712268	3,88529383
Dentro dos grupos	20106,9315	12	1675,57763			
Total	20205,0078	14				

*P < 0.05 (SQ- soma dos quadrados; MQ- média dos quadrados;gl- graus de liberdade)

Na comparação dos valores correspondentes à degradação da força nos diferentes grupos experimentais para as cadeias tipo A, o teste Anova demonstrou não existirem diferenças estatisticamente significativas (P=0.991). Com efeito, verifica-se que o valor de F (0,029) é inferior ao valor de F crítico (3,89).

Parte 1b: Análise das Cadeias Elastoméricas do tipo B (3M®)

Tabela IV – Análise da degradação da força em função do tempo, das cadeias tipo B (3M®).

Tempo/ dias	Controlo (gf) ±DP	Red Bull® (gf) ±DP	Powerade® (gf) ±DP
T0/0	496,01±8,5	481,08±18,5	471,54±14,8
T1/1	272,93±17,4	264,95±19,3	256,39±13,5
T2/7	251,03±19,8	219,29±14,6	254,24±20,0
T3/14	247,43±10,8	219,89±17,9	254,14±16,4
T4/21	220,42±11,9	207,13±8,7	217,62±9,6

Tempo/ dias	Controlo	Red Bull®	Powerade®
T0/0	100%	100%	100%
T1/1	55,0%	55,1%	54,4%
T2/7	50,6%	45,6%	53,9%
T3/14	49,9%	45,7%	53,9%
T4/21	44,4%	43,1%	46,2%

Tempo/ dias	Controlo	Red Bull®	Powerade®
T1/1	45,0%	44,9%	45,6%
T2/7	49,4%	54,4%	46,1%
T3/14	50,1%	54,3%	46,1%
T4/21	55,6%	56,9%	53,8%

a) Média (gf) e desvio padrão (DP) das forças nos intervalos de teste para os três grupos experimentais. b) Média da percentagem das forças nos intervalos de teste para os três grupos experimentais. c) Média da percentagem da degradação das forças nos intervalos de teste para os três grupos experimentais.

Verificou-se não haver grande variação entre as médias de força dos diferentes grupos sugerindo assim que os valores descritos não evidenciem diferenças significativas. Em T0 a média de forças do grupo controlo encontrou-se nos 496,01 ±8,5 gf atingindo em T5 o valor médio de 220,42 ±11,9 gf, o que traduz uma degradação da força de 44,4%. Os valores para a degradação da força para os grupos Red Bull e Powerade foram de 43,1% e 46,2%, respetivamente. Todos os grupos apresentaram valores muito próximos no final da experimentação (T5 - 21 dias).

A maior taxa de degradação da força das cadeias tipo B apresentou-se entre T0 e T1 sendo esta de 45,0%, 44,9% e 45,6% para os grupos controlo, Red Bull e Powerade respetivamente. As percentagens de degradação de força em T0 aproximaram-se muito dos valores de degradação da força verificados em T5, evidenciando a diminuição da taxa de degradação da força destas cadeias.

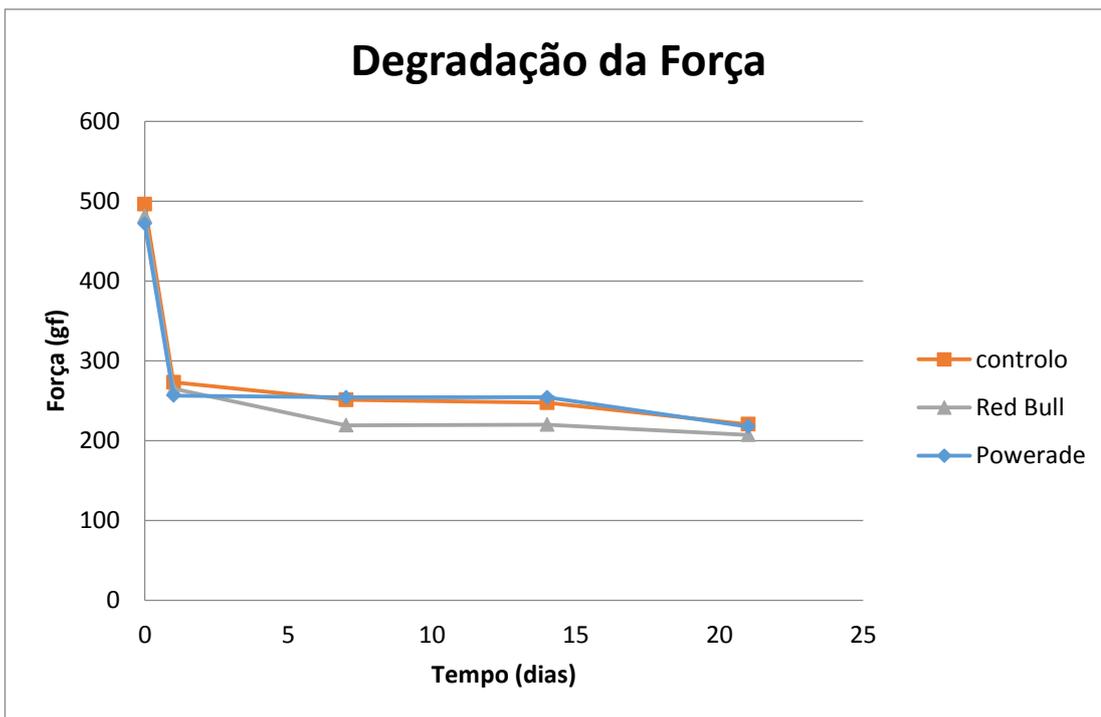


Figura 12a – Média da degradação da força das cadeias tipo B nos três grupos em função dos intervalos de tempo (0-600 gf).

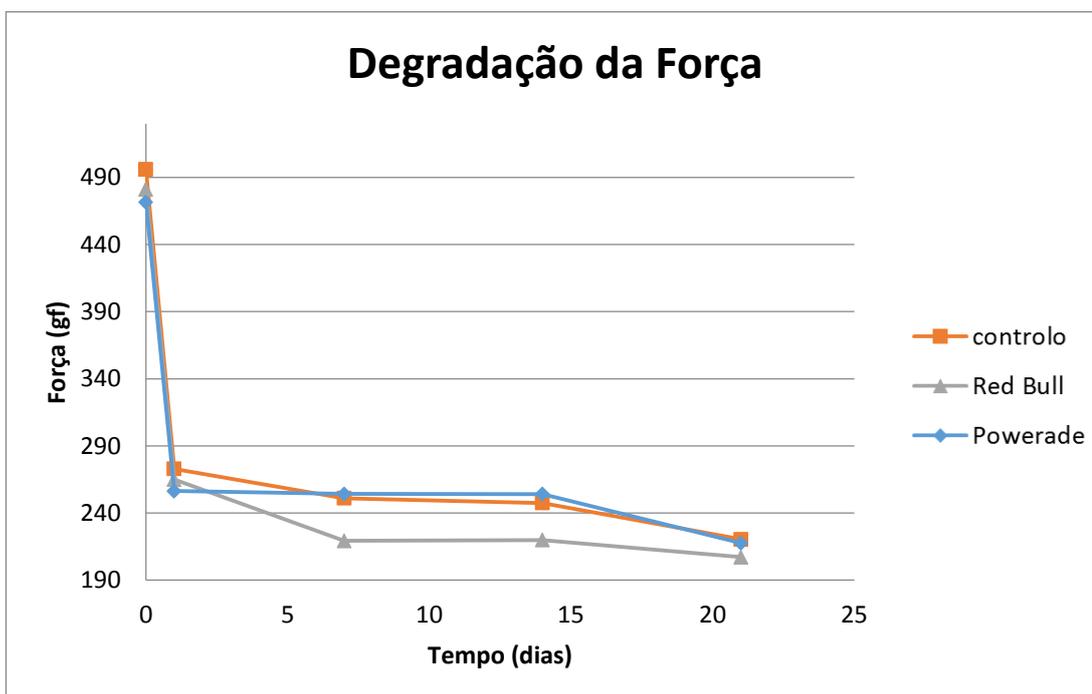


Figura 12b – Média da degradação da força das cadeias tipo B nos três grupos em função dos intervalos de tempo (190-490 gf).

Neste gráfico pode verificar-se que a maior taxa de degradação da força das cadeias tipo B se verificou às 24 horas (T1) e que a partir desse intervalo o nível de força transmitido teve tendência a um ligeiro decréscimo ao longo do tempo, atingindo um nível de estabilidade.

De notar que em T1 o grupo controlo foi o que evidenciou uma média de forças mais elevada, apesar da diferença não ser marcada comparativamente aos grupos experimentais que sugeriram níveis próximos entre si. Esta diferença acentuou-se na passagem de T1 para T2 sendo os níveis médios de força do grupo Red Bull menores que os verificados nos outros dois grupos. Os grupos controlo e Powerade sofreram uma pequena redução dos níveis de força encontrando-se muito próximos entre si. Aos 14 dias (T4) todas as cadeias tipo B parecem registar níveis muito próximos da força verificada aos 7 dias.

Aos 21 dias (T5) as cadeias voltaram a sofrer um abaixamento do nível de força, sendo a redução mais representativa nos grupos controlo e Powerade, aproximando-se dos valores do grupo Red Bull. Desse modo, reduziu-se as diferenças entre os três grupos.

O grupo controlo foi o que evidenciou um nível de força remanescente mais elevado, no entanto, muito próximo do grupo Powerade. Já o grupo Red Bull demonstrou níveis inferiores.

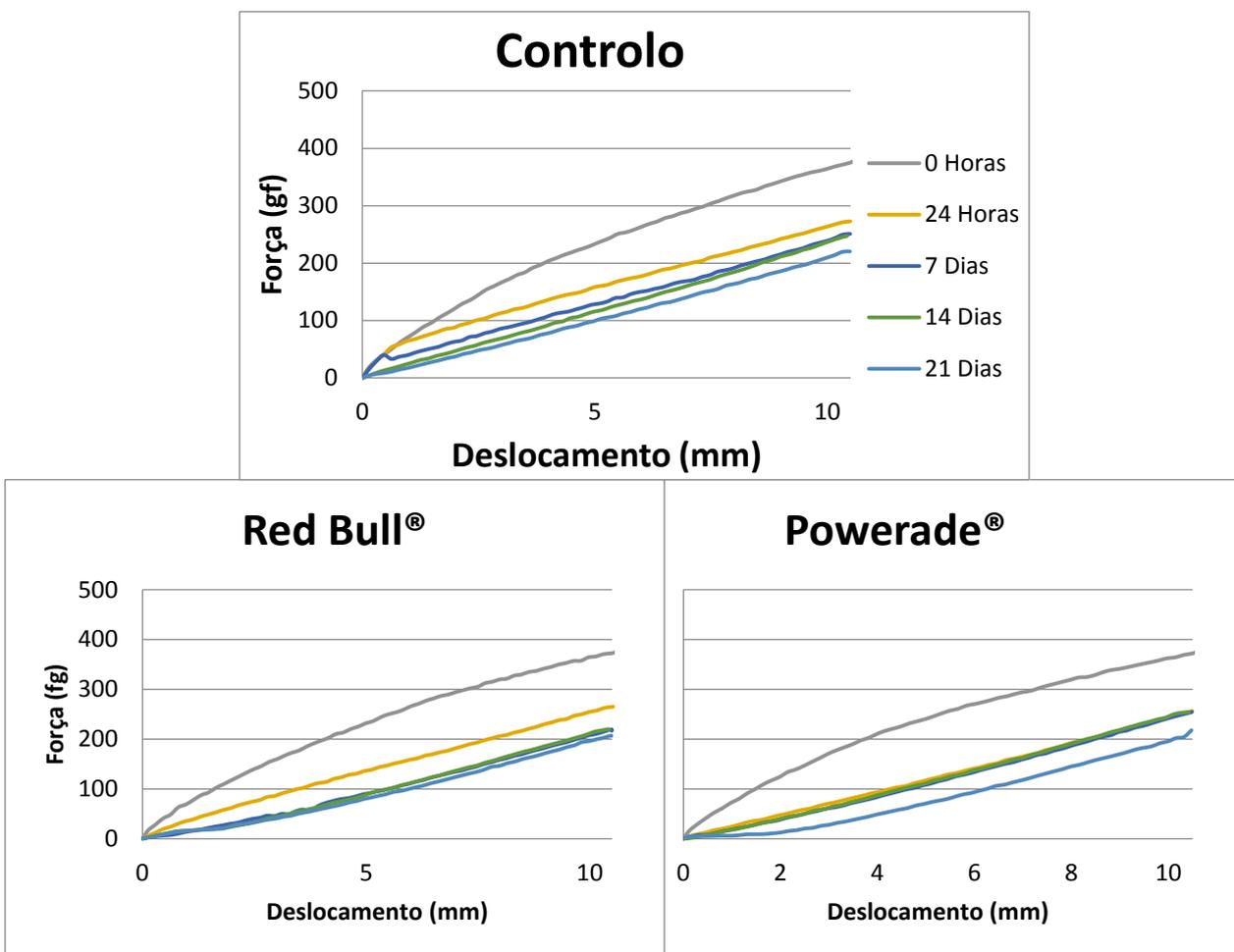


Figura 13 – Média de forças das cadeias tipo B em função do deslocamento nos diferentes intervalos de tempo.

Os gráficos refletem o comportamento mecânico e elástico das cadeias tipo B em função do seu deslocamento/estiramento sendo notório, nos diferentes grupos, três padrões distintos de comportamento.

As cadeias em T0 produziram um nível de força mais elevado nos momentos iniciais de deslocamento (imediatamente a partir de 0 mm) revelando um declive mais acentuado e que com o tempo foi reduzindo ligeiramente até ao deslocamento final (10,5 mm). Isto traduz as linhas curvas observáveis nos gráficos em T0. Nos tempos intermédios as cadeias produziram níveis médios de força inferior ao de T0, mas mais próximos entre si e em qualquer dos três grupos de estudo. Posto isto, as linhas tenderam a ser rectilíneas contrariando o padrão curvilíneo verificado no intervalo T0. Nos últimos intervalos de tempo, e mais notoriamente em T5, verificou-se uma inversão da curvatura apresentando uma ligeira concavidade superior, contrastando com a linha curva registada em T0. Com efeito, esta linha dos gráficos traduz um nível de força mais reduzido para os momentos iniciais de deslocamento (a partir de 0 mm) com um declive menos acentuado e que foi aumentando ligeiramente até ao limite do deslocamento testado (10,5 mm).

De forma genérica, não se verificaram diferenças no comportamento mecânico e elástico das cadeias tipo B nos diferentes grupos, mas existiu uma marcada diferença entre o padrão de comportamento original e o relativo aos intervalos de tempo nos quais as cadeias estiveram sujeitas às condições experimentais.

Tabela V- teste ANOVA para as cadeias tipo B

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	937,035682	2	468,517841	0,03857073	0,96228243	3,88529383
Dentro dos grupos	145763,732	12	12146,9777			
Total	146700,768	14				

*P < 0.05 (SQ- soma dos quadrados; MQ- média dos quadrados;gl- graus de liberdade)

O teste Anova revelou não existirem diferenças estatisticamente significativas na comparação da degradação da força nos diferentes grupos experimentais (P=0,96), verificando-se que o valor de F (0,039) é inferior ao valor de F crítico (3,89).

Parte 2a: Observação em MEV das Cadeias Elastoméricas do Tipo A (ORMCO®)

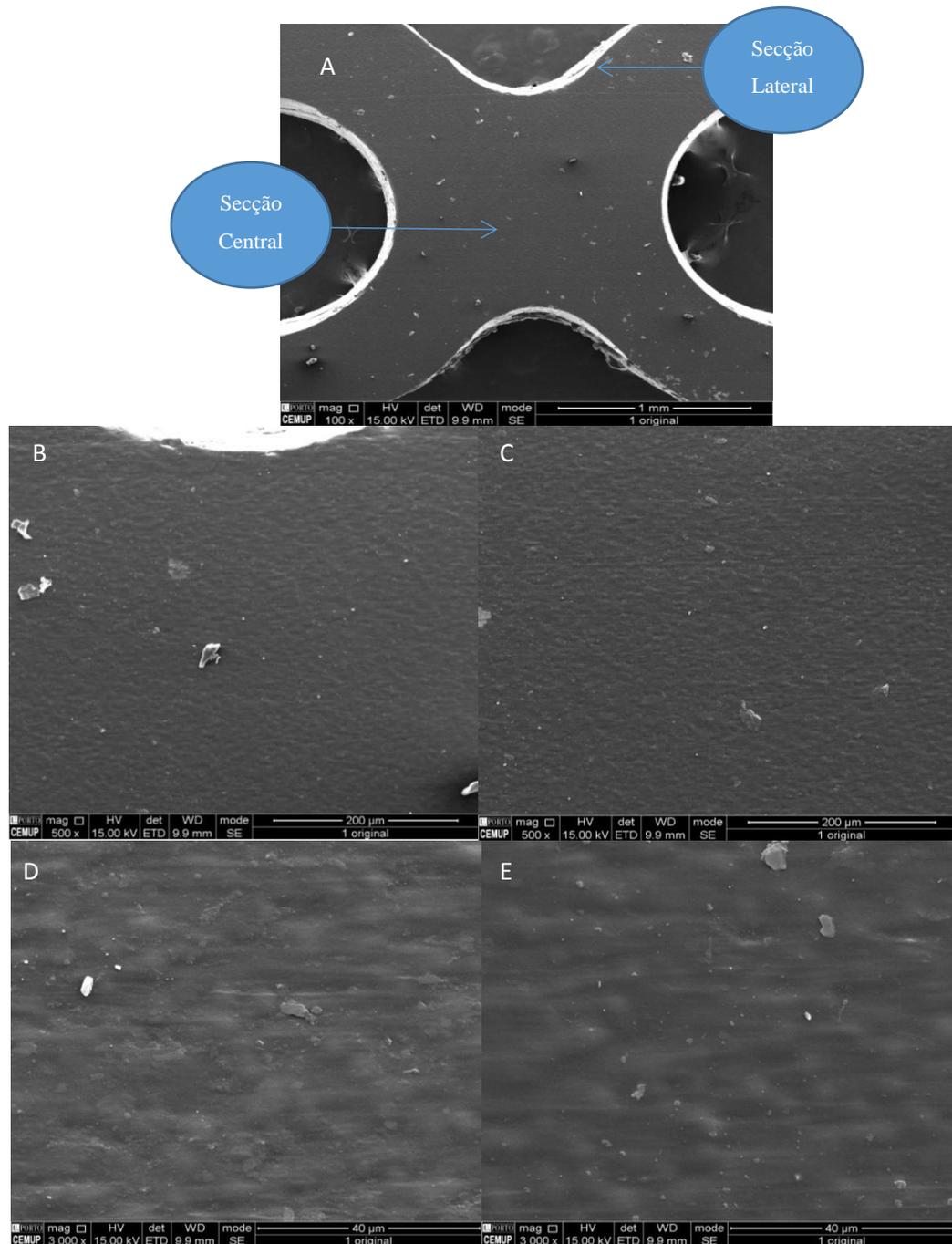


Figura 14 – Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A virgem (Ampliações: A-100x; B- 500x de uma secção lateral; C- 500x de uma secção central; D- 3000x de uma secção lateral; E- 3000x de uma secção central).

As cadeias elastoméricas tipo A virgens apresentam-se como uma superfície lisa sem irregularidades significativas. O corte das cadeias revela ser regular criando superfícies planas, sendo as rugosidades perceptíveis unicamente com ampliações mais elevadas (3000x) (figura 14).

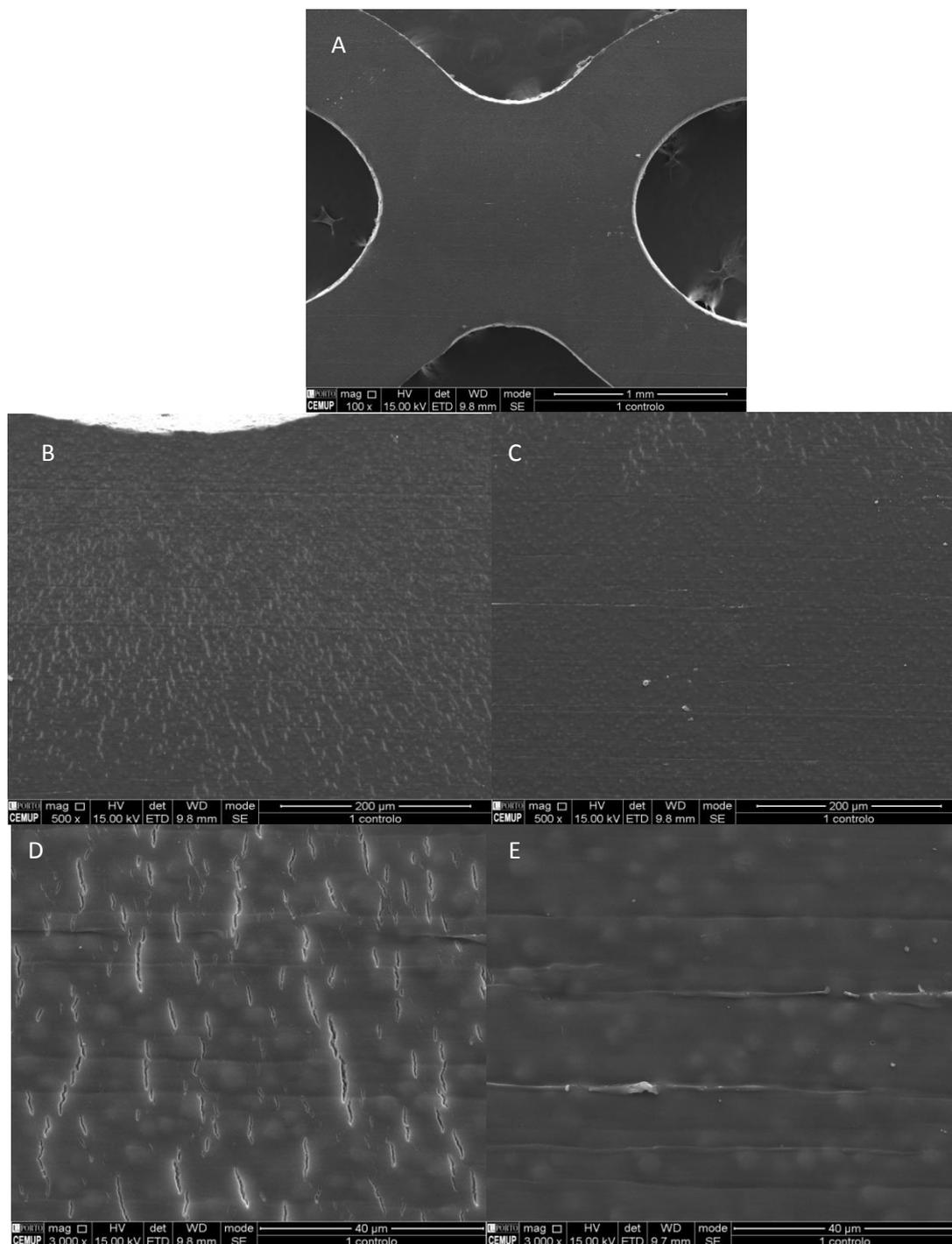


Figura 15 – Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A do grupo de controlo em T5 (Ampliações: A- 100x; B- 500x de uma secção lateral; C- 500x de uma secção central; D- 3000x de uma secção lateral; E- 3000x de uma secção central).

As cadeias do grupo controlo apresentam a mesma superfície lisa e regular, existindo alguma deformação da cadeia com um ligeiro aumento do segmento de união entre os elos (100x). Nas ampliações de 500x e 3000x apresenta-se a mesma superfície da cadeia, mas contendo múltiplas microfissuras mais prevalentes nas secções laterais (figura 15).

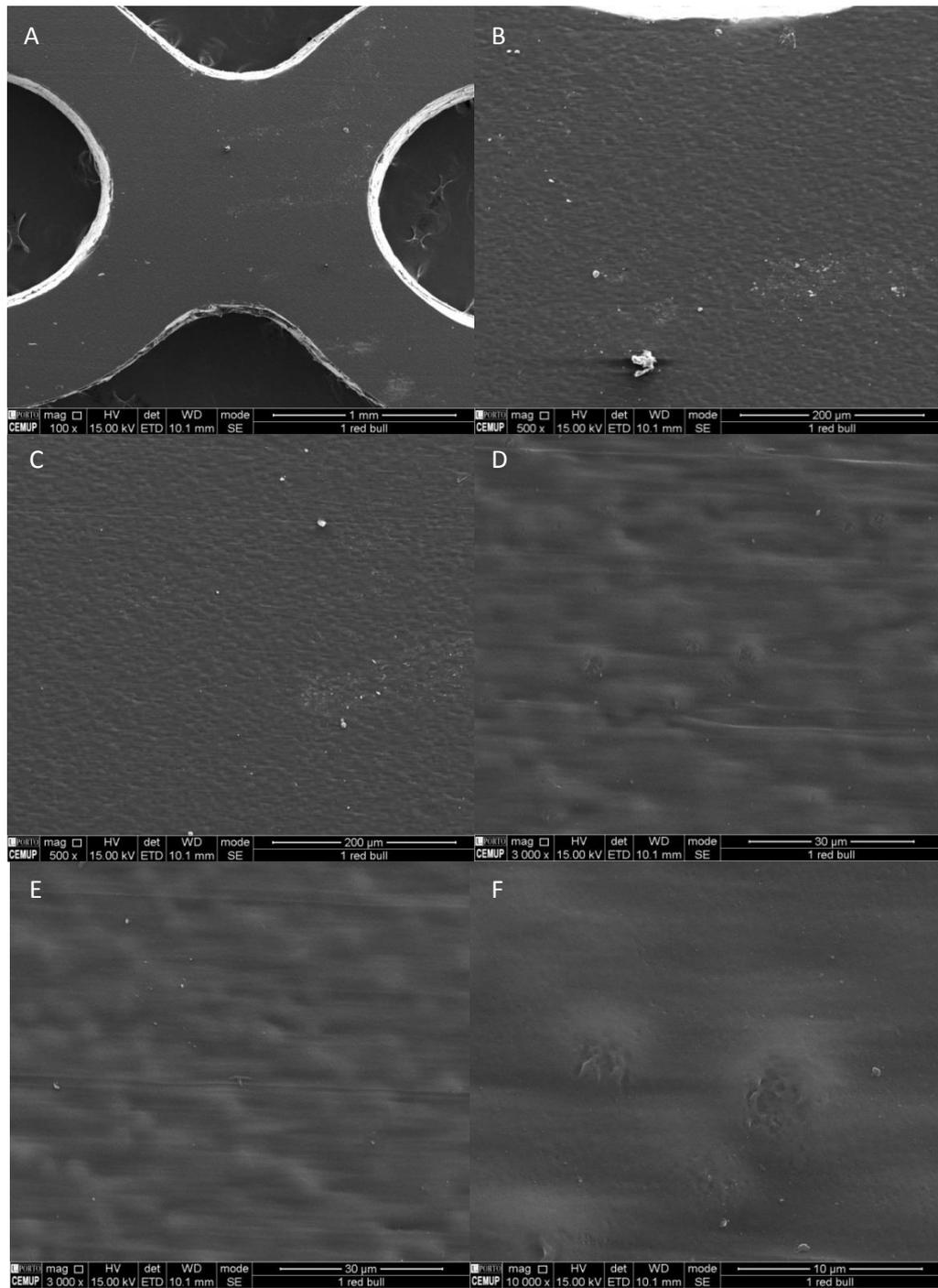


Figura 16 – Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A do grupo Red Bull em T5 (Ampliações: A-100x; B- 500x de uma secção lateral; C- 500x de uma secção central; D- 3000x de uma secção lateral; E- 3000x de uma secção central; F- 10000x de pormenor da estrutura).

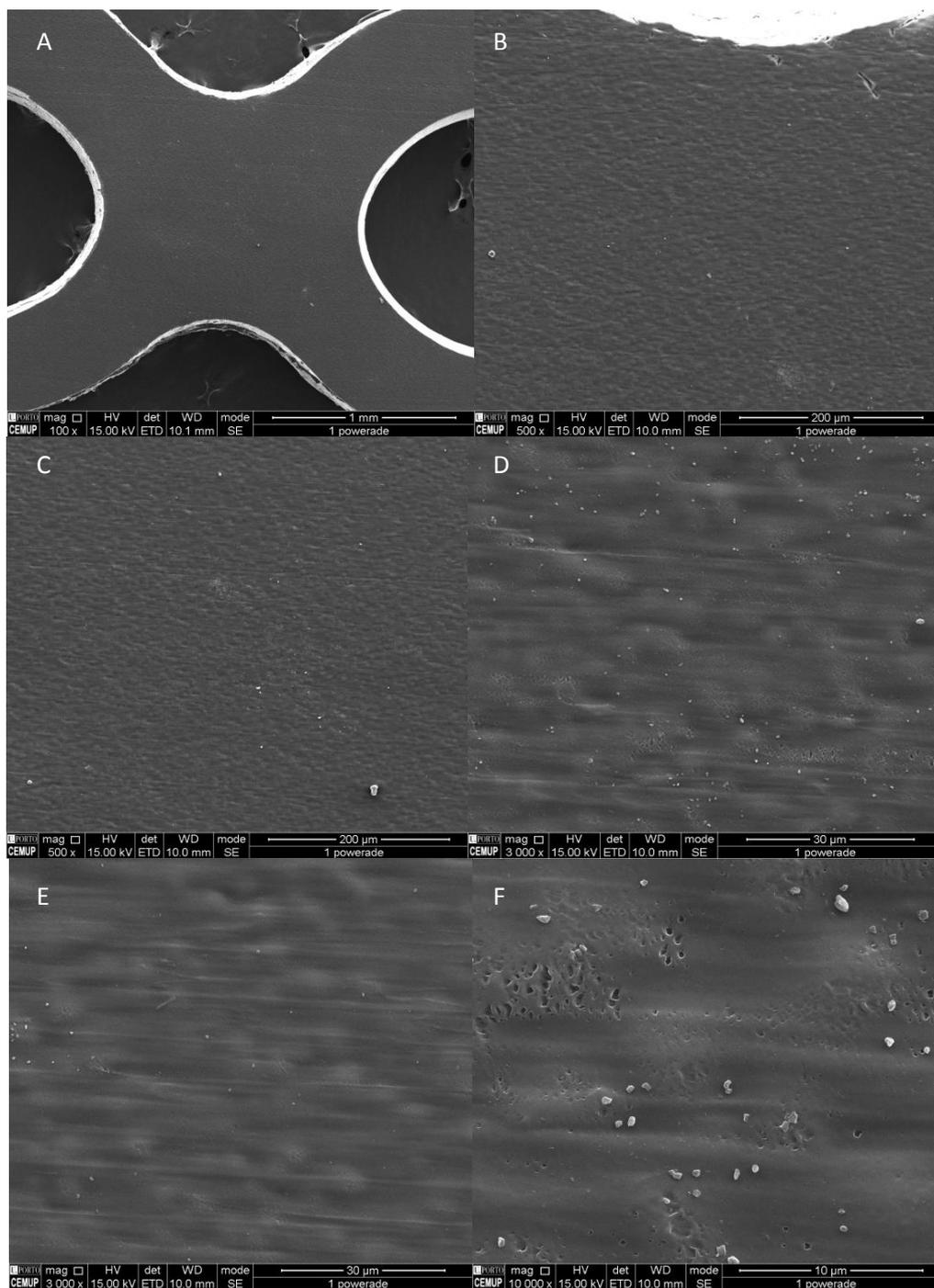


Figura 17 – Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo A do grupo Powerade em T5 (Ampliações: A- 100x; B- 500x de uma secção lateral; C- 500x de uma secção central; D- 3000x de uma secção lateral; E- 3000x de uma secção central; F- 10000x de pormenor da estrutura).

As cadeias elastoméricas do grupo Red Bull e Powerade apresentam a mesma superfície lisa e regular, mas deformada com aumento do passo entre os elos com 100x de ampliação. Nas ampliações de 500x e 3000x aparecem inúmeras sombras mais escuras e irregulares que numa

ampliação de 10000x surgem como áreas aparentando corrosão. No entanto, o padrão de degradação das cadeias controlo e dos grupos teste é muito diferente. Enquanto na amostra controlo são nítidas e inúmeras as fissuras, naquelas submetidas às bebidas energéticas surgem áreas corroídas mais extensas superficialmente e não tanto em profundidade. As cadeias do tipo A no grupo controlo revelam muitas microfissuras, que são notoriamente mais frequentes na secção lateral. Relativamente aos grupos experimentais, foi possível contabilizar um maior número de áreas de corrosão nas do grupo Powerade, sendo para ambos os grupos experimentais mais frequentes na secções laterais das cadeias (tabelas VI e VII).

Tabela VI – Resumo das características observadas nas cadeias elastoméricas do tipo A

	100x	500x	3000x	10000x
Virgens	Superfície lisa e regular;	Superfície lisa e regular;	Superfície lisa e regular;	X
Controlo	Superfície lisa e regular, deformação permanente	Múltiplas microfissuras na secção lateral	Múltiplas microfissuras na secção lateral	X
Red Bull	Superfície lisa e regular, deformação permanente	Superfície lisa e regular	Alguns pontos irregulares na superfície	Zonas de corrosão nítida
Powerade	Superfície lisa e regular, deformação permanente	Superfície lisa e regular	Alguns pontos irregulares na superfície	Zonas de corrosão nítida

Tabela VII – Quantificação de irregularidade nas cadeias elastoméricas do tipo A

Cadeias Tipo A		Quantificação de irregularidades (3000x)	
	3000x	Secção lateral	Secção central
Controlo	microfissuras	59	6
Red Bull	áreas irregulares	24	15
Powerade	áreas irregulares	35	16

Parte 2b: Observação em MEV das Cadeias Elastoméricas do Grupo B (3M®)

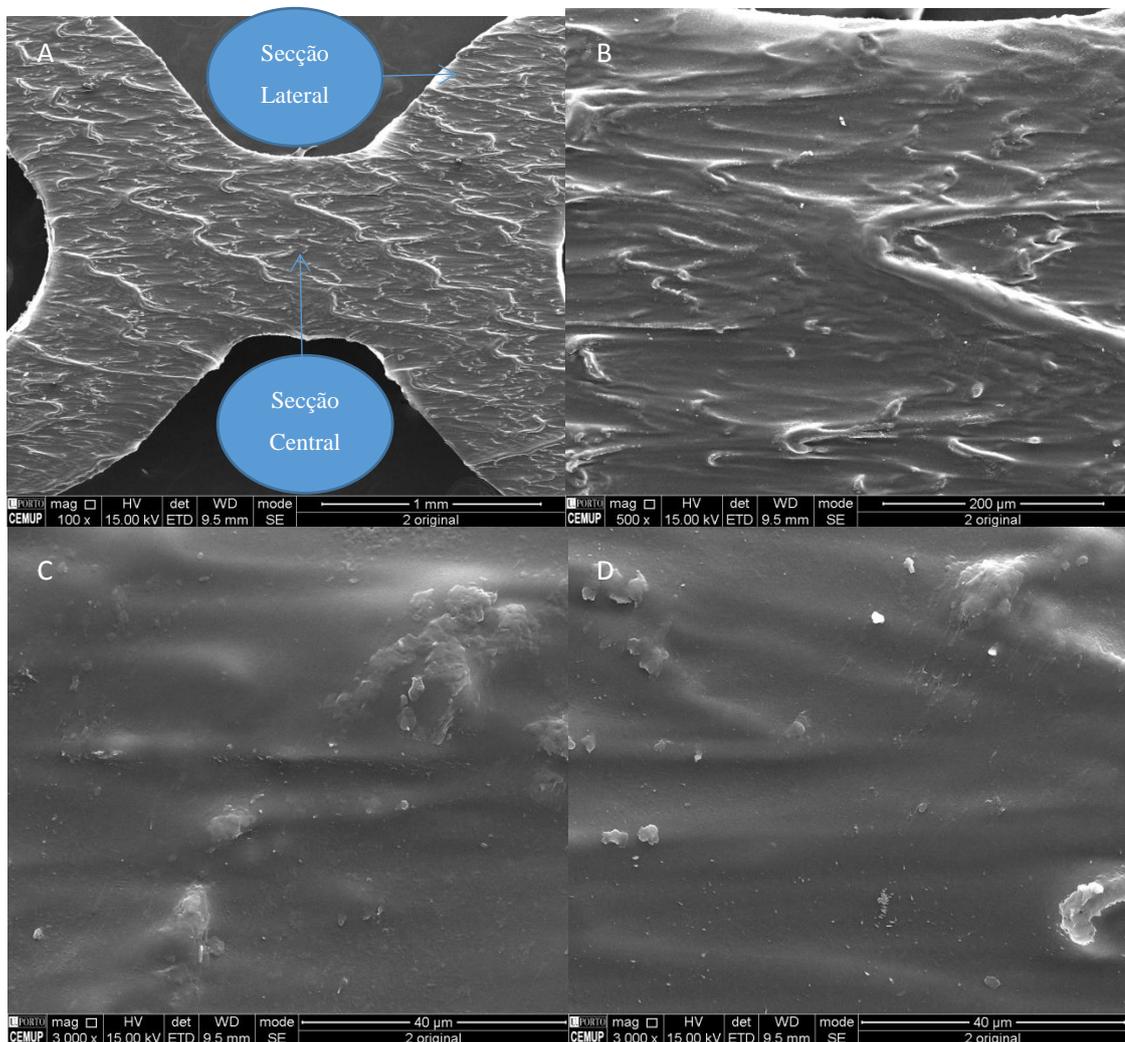


Figura 18 – Imagens de MEV de uma cadeia elastomérica tipo B virgem (Ampliações: A-100x; B- 500x; C- 3000x de uma secção lateral; D- 3000x de uma secção central).

A cadeia elastomérica tipo B virgem apresenta-se como uma superfície irregular com um nível significativo de rugosidade. O corte das cadeias é regular, mas não cria superfícies totalmente planas. A elevadas ampliações (3000x) reiteram-se rugosidades na superfície da cadeia (figura 18).

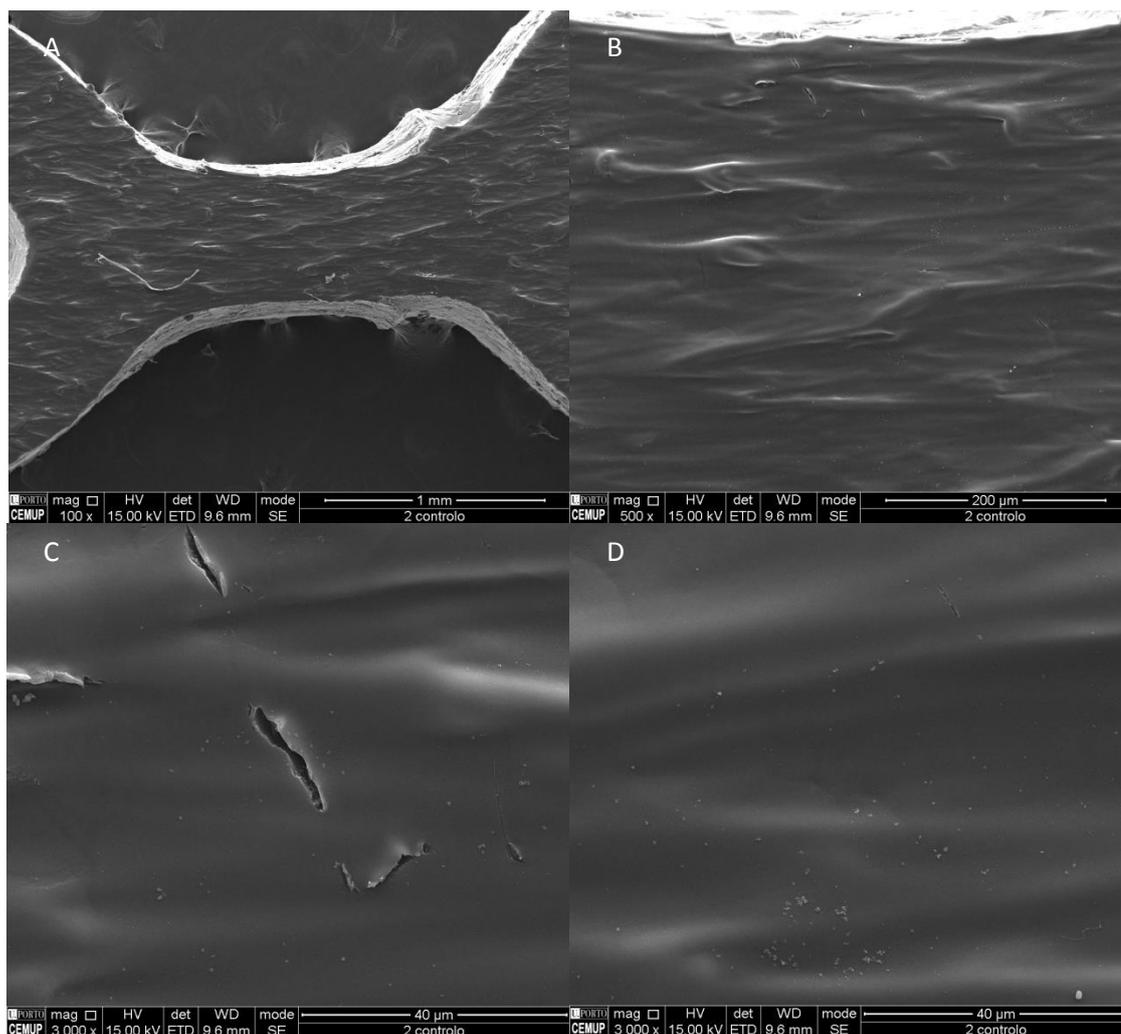


Figura 19 – Imagens de MEV de uma cadeia tipo B do grupo de controlo (Ampliações: A-100x; B- 500x; C- 3000x de uma secção lateral; D- 3000x de uma secção central).

As cadeias elastoméricas tipo B do grupo controlo apresentam a mesma superfície irregular e rugosa. É de notar a deformação das cadeias com o aumento do passo entre os elos (100x). A ampliações elevadas (3000x) expõem-se as mesmas rugosidades superficiais e algumas microfissuras.

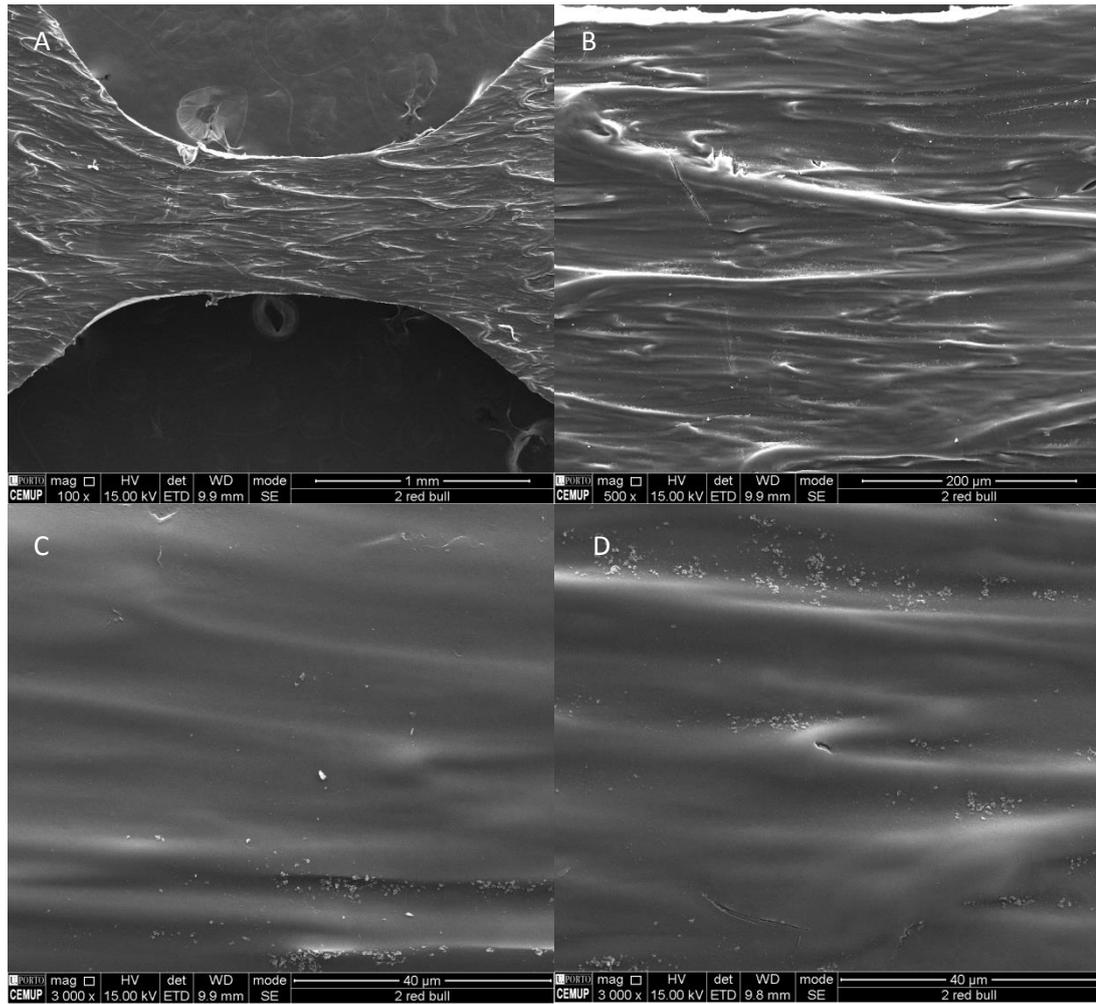


Figura 20 – Imagens de MEV de uma cadeia tipo B do grupo Red Bull (Ampliações: A-100x; B- 500x; C- 3000x de uma secção lateral; D- 3000x de uma secção central).

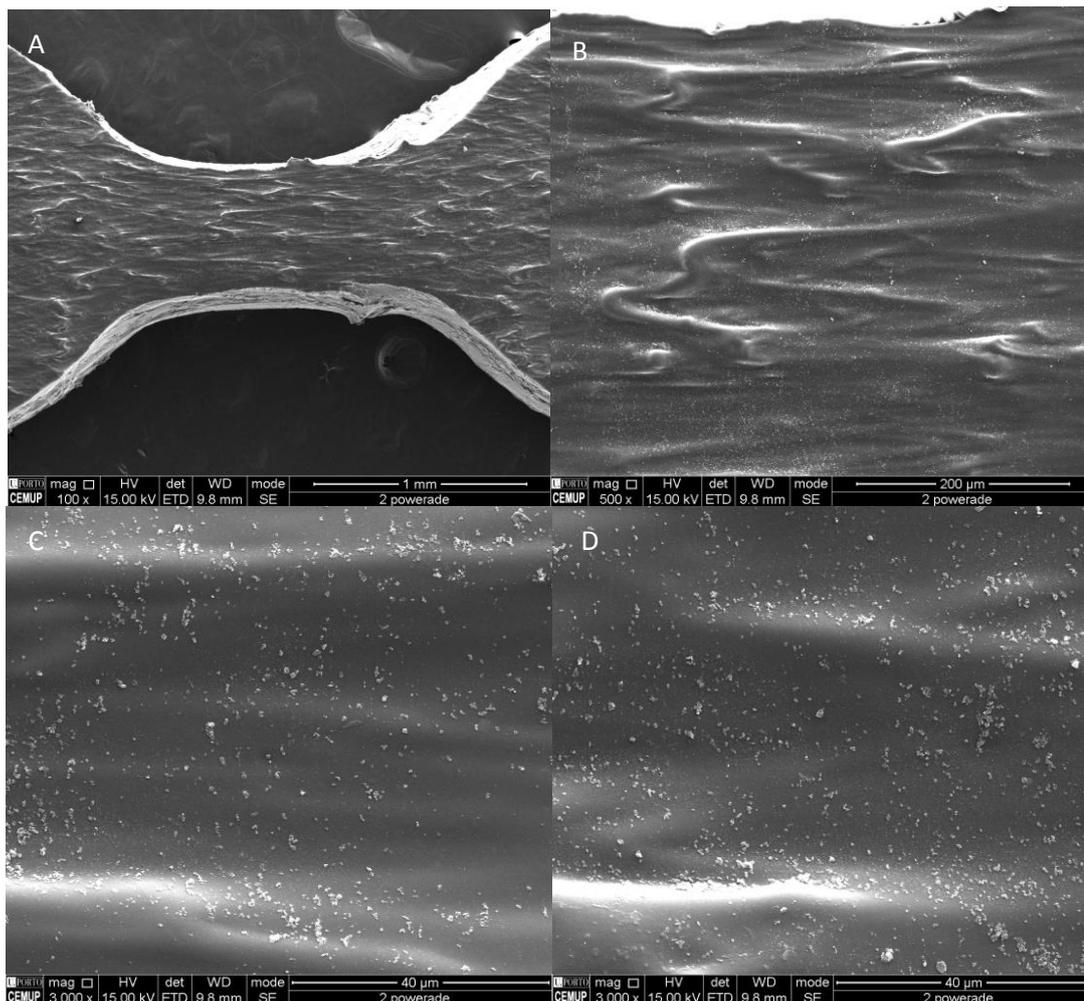


Figura 21 – Imagens de MEV de uma cadeia tipo B do grupo Powerade (Ampliações: A-100x; B- 500x; C- 3000x de uma secção lateral; D- 3000x de uma secção central).

As cadeias elastoméricas tipo B dos grupos grupo Red Bull e Powerade apresentam a superfície irregular e rugosa tal como a cadeia virgem. É notória a deformação das cadeias com o aumento do passo entre os elos (100x) e nas ampliações de 3000x verificam-se as mesmas rugosidades superficiais e algumas alterações de desgaste que não chegam a ser verdadeiras fissuras (Figuras 20 e 21).

Nas amostras tipo B expostas ao Red Bull e Powerade é possível observarmos a acumulação de detritos na superfície, sendo em maior quantidade nas amostras do grupo Powerade.

As cadeias do tipo B no grupo controlo revelam poucas microfissuras, no entanto as fissuras e as áreas de corrosão são mais frequentes nas áreas lateral que na central (Tabelas VIII e IX).

Tabela VIII – Resumo das características observadas nas cadeias elastoméricas do tipo B

	100x	500x	3000x
Virgem	Superfície rugosa e irregular	Superfície rugosa e irregular	Superfície rugosa e irregular
Controlo	Superfície rugosa e irregular, deformação permanente	Algumas microfissuras na secção lateral	Nítidas microfissuras na secção lateral
Red Bull	Superfície rugosa e irregular, deformação permanente	Superfície rugosa e irregular, poucos detritos na superfície	Superfície rugosa e irregular, poucos detritos na superfície, sinais de desgaste
Powerade	Superfície rugosa e irregular, deformação permanente	Superfície rugosa e irregular, muitos detritos na superfície	Superfície rugosa e irregular, muitos detritos na superfície, sinais de desgaste

Tabela IX – Quantificação de irregularidade nas cadeias elastoméricas do tipo B

Cadeias Tipo B	Quantificação de irregularidades (3000x)		
	3000x	Secção lateral	Secção central
Controlo	microfissuras	3	1
Red Bull	áreas irregulares	4	2
Powerade	áreas irregulares	7	3

Discussão

Os resultados apresentados nesta investigação realizada em condições experimentais *in vitro* procuram expressar o nível médio e a percentagem de degradação da força apresentada por cadeias elastoméricas submetidas à imersão em bebidas energéticas. Ainda avalia as percentagens de força remanescente comparada com a inicial, para os intervalos de tempo avaliados. Na literatura podem encontrar-se outros trabalhos apresentando os resultados de forma similar ao presente estudo, facilitando assim a comparação de resultados neste momento ou no futuro. Para uniformizar essas metodologias foi determinante o recurso às normas ISO para cadeias elastoméricas. (15) Na generalidade dos estudos que apresentam os níveis e a percentagem de força remanescente, os valores tendem a diminuir à medida que aumenta o tempo do estudo experimental com a cadeia elástica em estiramento. Do mesmo modo, nos estudos que evidenciam a percentagem de degradação da força, os valores percentuais tendem a aumentar com o alongamento do período experimental. (1,3-7, 9)

Uma revisão da literatura acerca do tema vem permitir encontrar inúmeros estudos, no entanto, muitos deles foram realizados com metodologias diversas e fornecem resultados muito variados. Assim sendo, a comparação e a inter-relação de resultados é difícil, podendo mesmo ser inviável uma vez que são inúmeros os fatores que podem influenciar as características químicas, físicas e mecânicas das cadeias elastoméricas.(1, 3, 4, 6) É importante ainda salientar que nos estudo *in vitro* apenas se conseguem mimetizar alguns dos fatores influentes na cavidade oral, daí apresentarem limitações aquando da extrapolação dos resultados para a prática clínica.

A incapacidade das cadeias elastoméricas recuperarem o tamanho original após terem sido submetidas, durante um período de tempo, a uma deformação substancial define-se como deformação elástica ou permanente. A diminuição da capacidade de libertação de força resulta dessa deformação permanente consequente ao estiramento contínuo durante um intervalo de tempo. A perda de força está relacionada com o tempo durante o qual permaneceram estiradas, mas nunca de uma forma direta. (13)

Habitualmente, na prática clínica ortodôntica a troca das cadeias elastoméricas é efetuada em intervalos de 3 a 4 semanas. Assim sendo, a maioria dos estudos presentes na literatura enquadra-se nesse intervalo de tempo. Nesta investigação foi utilizado o intervalo de 21 dias, um período que poderá ser considerado curto se tivermos em conta que as cadeias possam permanecer na cavidade oral durante intervalos superiores. No entanto, estudos prévios sugerem

que a permanência por um tempo mais prolongado não conduz a benefícios práticos, pela degradação que o meio intra-oral vai impor aos materiais elastoméricos. (14)

As propriedades físicas, químicas e mecânicas das cadeias elastoméricas não são especificadas pelos fabricantes, desse modo o recurso a esses dados é proporcionado por estudos científicos sobre este tipo de materiais.

No encerramento de espaços em ortodontia, o valor da força considerada ideal é controverso variando entre os 150 e os 300 gf. Neste estudo foi escolhida uma força de 300 gf para que com a degradação da força das cadeias elastoméricas esta descresse para níveis ideais. No momento inicial (T0) o controlo do nível de força das cadeias e a respetiva aproximação ao ideal apenas foi possível para as amostras do tipo A (ORMCO), uma vez que foram testadas em placas confeccionadas pelo operador em função do estiramento pretendido. Em contrapartida, as cadeias do tipo B (Unitek 3M) ficaram sujeitas ao comprimento médio imposto pelos modelos dentários com *brackets* utilizados para testar estas cadeias. Daí que o nível de força tivesse rondado os 480 gf no momento inicial (T0), mesmo utilizando para o efeito cadeias de passo intermédio.

Não foi encontrada na literatura informação acerca do verdadeiro valor de consumo de bebidas energéticas em Portugal, mas estima-se que este valor seja elevado e em crescendo devido ao forte *marketing* destas empresas sobre a população jovem. O consumo elevado e frequente destas bebidas nas faixas etárias ortodônticas, fazendo parte dos hábitos de muitos jovens, poderá influenciar as propriedades mecânicas dos materiais ortodônticos, alterando o respetivo comportamento. (10)

Com base nos resultados obtidos, a hipótese nula formulada no início deste estudo que assumia que as cadeias elastoméricas permaneciam estáveis dimensionalmente e não existia degradação da força durante o intervalo de estiramento, foi rejeitada.

A degradação da força das cadeias elastoméricas tipo A e B pode ser analisada nas Tabelas II e IV e Figuras 10 e 12. Todas as cadeias elastoméricas apresentam curvaturas de degradação de força muito similares variando apenas na intensidade da força dependendo do tipo de cadeia testada.

Em ambos os tipos de cadeia, os resultados demonstraram que a maior taxa de degradação de força se verificava às 24 horas/T1 o que é consonante com outros estudos. (1, 3-7, 9)

Entre T0 e T1, as cadeias tipo A perderam uma percentagem de força entre 27,5% e os 29,9%, enquanto que as tipo B perderam entre 44,9% e 45,6%. Outros estudos relatam taxas de

degradação de força entre os 17% a 49% (5, 6), o que se enquadra nos resultados obtidos no presente estudo. No entanto, também foram encontrados estudos com taxas superiores a 50%. (1, 3, 4, 9)

Esta taxa de degradação de força inicial sugere a necessidade de um pré-estiramento das cadeias elastoméricas antes da sua aplicação clínica para um melhor ajuste da cadeia elástica em termos de degradação da força inicial e de controlo da força que se pretende aplicar no tratamento. (8)

As cadeias do grupo controlo de ambos os tipos de cadeia apresentaram maior força remanescente que as cadeias dos grupos de teste no final da experimentação, sendo 220,42 gf nas cadeias tipo B e 207,47 gf nas cadeias tipo A. Esta diferença de valores pode ser explicada pelo maior nível de força inicial, 496,01 gf nas cadeias tipo B e 303,39 gf nas cadeias tipo A. Esta explicação é também comprovada ao analisar as tabelas percentuais de degradação de força que mostram taxas de degradação muito próximas das dos grupos Red Bull e Powerade.

Kumar *et al.*(5) verificaram que bebidas gaseificadas provocavam maior degradação dos níveis de força de cadeias elastoméricas face a cadeias que apenas estavam submersas em água destilada. Apesar das diferenças encontradas, não é possível afirmar que um resultado semelhante tenha sido encontrado no presente estudo. No entanto, neste estudo as cadeias apenas estiveram imersas nas bebidas durante o tempo necessário para mimetizar o consumo diário das bebidas, ao contrário da imersão permanente durante todo estudo de Kumar *et al* (5).

Por outro lado, num estudo elaborado por Pithon *et al.* (7) com uma metodologia de imersões diárias equiparada ao presente estudo, mas para colutórios com agentes branqueadores, não foram encontradas diferenças significativas no nível de degradação da força quando comparados com o grupo controlo em água destilada, tal como o verificado neste estudo.

Através da análise da Figura 11 relativa à força libertada pelas cadeias durante o estiramento na máquina universal de testes pode-se verificar que todas as cadeias do tipo A sofreram uma elevada deformação permanente durante o intervalo entre T0 e T1 em todos os grupos testados. Este facto deriva da mudança de condições que as cadeias sofreram, passando a estar sujeitas a imersões nos líquidos testados, ao aumento da temperatura ambiente para os 37°C e a aplicação de forças permanentes de estiramento nunca antes sentidas por estas cadeias.

A partir das T1 as cadeias parecem apresentar índices de deformação muito próximos em cada intervalo de tempo para cada grupo de teste. Esta situação apresenta-se como resultado da aplicação constante da metodologia não havendo alterações nos fatores acima referidos e

parecendo haver assim, uma adaptação das cadeias e da sua nova conformação ao ambiente de experimentação.

Na Figura 13, relativamente às cadeias tipo B, é possível verificar a mesma deformação permanente entre T0 e T1 e o mesmo tipo de adaptação das mesmas ao ambiente reproduzido. Apesar disso, estas cadeias adquirem no final do estudo uma deformação permanente muito significativa e por isso, quando testadas. Nos primeiros momentos de estiramento, produzem valores de força muito baixos até atingirem um determinado nível de tensão e regularizarem o declive da curva e os níveis de força apresentados.

Yagura *et al.* (8) referem, acerca da deformação das cadeias elastoméricas relativamente ao tempo e tamanho do estiramento que estas sofrem, que a quantidade de estiramento das cadeias influencia diretamente a sua deformação permanente. Os referidos resultados vêm corroborar os observados neste estudo.

Na observação das cadeias em MEV pode-se verificar que a deformação das cadeias é bem evidente em todas as cadeias sujeitas a estiramento durante a experimentação.

Apenas as cadeias elastoméricas dos grupos controlo, tanto no tipo A como no B, sofreram fissuras na sua estrutura tridimensional, não existindo uma justificação para tal, uma vez que todos os grupos estiveram submetidos a estiramento. Este facto poderia sugerir indevidamente que as bebidas de teste protegeriam as cadeias deste tipo de fissuras.

Nos grupos Red Bull e Powerade parecem existir alterações da superfície das cadeias parecendo-se com pontos ou áreas de corrosão. Esta alteração parece ser devida à imersão das cadeias elastoméricas nos produtos de teste, pois estas mesmas zonas não surgem nos grupos controlo nem nas cadeias virgens. Assim sendo, as bebidas teste, ao contrário da água destilada que está associada a fissuras em profundidade, parecem favorecer uma corrosão superficial que não é profunda, mas que se estende numa área maior.

Num estudo de Erdemir *et al.* (11) com o intuito de avaliar as alterações de superfície de vários materiais restauradores por bebidas desportivas e energéticas observaram-se dados relevantes relacionados com a degradação superficial dos mesmos. Como os materiais restauradores, que em princípio possuem maior rigidez, dureza e resistência sofreram alterações, será legítimo sugerir que cadeias elastoméricas também possam sofrer alterações de superfície sob o efeito deste tipo de bebidas.

Relativamente às limitações da metodologia do estudo frente a uma situação clínica é de referir que o protocolo levou à retirada das cadeias para a manipulação em cada tempo de avaliação da força remanescente para depois serem recolocadas nos modelos dentários ou nas

placas de estudo. Também as placas e modelos experimentais foram diariamente retiradas do ambiente que reproduzia o ambiente oral para um ambiente onde fosse possível fazer as imersões.

O conhecimento dos padrões de comportamento das cadeias elatôméricas é essencial aos médicos dentistas, nomeadamente aos ortodontistas, a fim de uma melhor prática clínica conduzindo à realização de tratamentos mais eficazes.

Conclusão

Tendo em conta as limitações inerentes ao estudo realizado, os resultados permitem concluir que existe degradação da força das cadeias elastoméricas ao longo do tempo em todos os grupos de teste, verificando-se que a maior taxa de degradação ocorreu em T1, reduzindo-se ligeiramente a partir desse intervalo até T5.

As bebidas energéticas Red Bull® e Powerade® demonstraram não ser determinantes na degradação da força das cadeias elastoméricas tipos A e B uma vez que o padrão de comportamento não diferiu muito do controlo.

Os dois tipos de cadeias, A e B, apresentaram resultados e comportamentos similares, em qualquer dos grupos experimentais.

O padrão de degradação das cadeias submetidas às bebidas Red Bull® e Powerade® é bastante diferente do apresentado no grupo controlo. Com efeito, no grupo controlo a degradação traduz-se em fissuras profundas enquanto que nas submetidas às bebidas surge uma corrosão superficial, com áreas que aparentam desgaste.

Bibliografia

1. Mirhashemi A, Saffarshahroudi A, Sodagar A, Atai M. Force-degradation pattern of six different orthodontic elastomeric chains. *Journal of dentistry*. 2012;9(4):204-15.
2. von Fraunhofer J, Coffelt M, Orbell G. The effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. *The Angle orthodontist*. 1992;62(4):265-74.
3. Weissheimer A, Locks A, de Menezes L, Borgatto A, Derech C. In vitro evaluation of force degradation of elastomeric chains used in orthodontics. *Dental press journal of orthodontics*. 2013;18(1):55-62.
4. Kochenborger C. Assessment of force decay in orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *Dental press journal of orthodontics*. 2011;16(6):93-9.
5. Kumar R. Effect of Aerated Drinks on force Decay Properties of Elastomeric Chains: An in Vitro Study. *Orthodontic Journal of Nepal*. 2011;1:20 - 3.
6. Baratieri C, Mattos C, Alves M, Jr., Lau T, Nojima L, de Souza M, et al. In situ evaluation of orthodontic elastomeric chains. *Brazilian dental journal*. 2012;23(4):394-8.
7. Pithon M, Rodrigues A, Sousa E, Santos L, Soares Ndos S. Do mouthwashes with and without bleaching agents degrade the force of elastomeric chains? *The Angle orthodontist*. 2013;83(4):712-7.
8. Yagura D, Baggio P, Carreiro L, Takahashi R. Deformation of elastomeric chains related to the amount and time of stretching. *Dental press journal of orthodontics*. 2013;18(3):136-42.
9. Larrabee T, Liu S, Torres-Gorena A, Soto-Rojas A, Eckert G, Stewart K. The effects of varying alcohol concentrations commonly found in mouth rinses on the force decay of elastomeric chain. *The Angle orthodontist*. 2012;82(5):894-9.
10. Gomes C. Consumo de bebidas energéticas disparou em Portugal. *Público*. 2002 14/08/2002.
11. Erdemir U, Yildiz E, Eren M, Ozel S. Surface hardness evaluation of different composite resin materials: influence of sports and energy drinks immersion after a short-term period. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2013;21(2):124-31.
12. Van Batenburg-Eddes T, Lee N, Weeda W, Krabbendam L, Huizinga M. The potential adverse effect of energy drinks on executive functions in early adolescence. *Frontiers in psychology*. 2014;5:457.
13. Eliades T, Eliades G, Silikas N, Watts D. Tensile properties of orthodontic elastomeric chains. *European journal of orthodontics*. 2004;26(2):157-62.
14. Teixeira L, Pereira Bdo R, Bortoly T, Brancher J, Tanaka O, Guariza-Filho O. The environmental influence of Light Coke, phosphoric acid, and citric acid on elastomeric chains. *The journal of contemporary dental practice*. 2008;9(7):17-24.
15. ISO 21606; Dentistry — Elastomeric auxiliaries for use in orthodontics; 2007, 3ª edição.

Anexos

ANEXO 1

Aceitação da Comissão de Ética

Exmo. Senhor
Estudante Cristiano António Veríssimo Catulo
Curso de Mestrado Integrado em
Medicina Dentária da
Faculdade de Medicina Dentária da U. Porto

29 JAN 2014

Assunto: Avaliação pela Comissão de Ética da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto do Plano de Atividades a realizar no âmbito da unidade curricular "Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica" do Mestrado Integrado em Medicina Dentária e cujo título é: "Avaliação *in vitro* do efeito de bebidas energéticas na força exercida por cadeias elastoméricas ortodônticas".

Informo V. Exa. que o projeto supra citado foi:

- **Aprovado** na reunião da Comissão de Ética do dia 29 de janeiro de 2014.

Com os melhores cumprimentos,

O Presidente da Comissão de Ética



António Felino
(Professor Catedrático)



30/01/2014

ANEXO 2

Declaração de autoria do trabalho apresentado

DECLARAÇÃO
Monografia de Investigação

Declaro que o presente trabalho, no âmbito da Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

18/7/2014



O investigador

Cristiano António Veríssimo Catulo

ANEXO 3

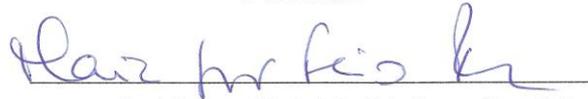
Parecer do Orientador para entrega definitiva do trabalho apresentado

PARECER
(Entrega do trabalho final de Monografia)

Informo que o Trabalho de Monografia desenvolvido pelo Cristiano António Veríssimo Catulo com o título: “Avaliação in vitro do efeito de bebidas energéticas na força exercida por cadeias elastoméricas ortodônticas”, está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

/ /

O Orientador



Prof. Doutora Maria João Feio Ponces Ramalhão

Professora Auxiliar

Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto