

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

ÁLVARO ANTÔNIO DE FREITAS ARTECHE

**DEGRADAÇÃO DAS FORÇAS GERADAS POR CADEIAS ELÁSTICAS**

Porto Alegre

2009

ÁLVARO ANTÔNIO DE FREITAS ARTECHE

**DEGRADAÇÃO DAS FORÇAS GERADAS POR CADEIAS ELÁSTICAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Odontologia com ênfase em Ortodontia e Ortopedia Facial.

**Orientador: Prof. Dr. Ernani Menezes Marchioro**

Porto Alegre

2009

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A786d Arteche, Álvaro Antônio de Freitas  
Degradação das forças geradas por cadeias elásticas. /  
Álvaro Antônio de Freitas Arteche – Porto Alegre, 2010.  
61 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ortodontia e Ortopedia Facial) –  
Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do  
Rio Grande do Sul - PUCRS.  
Orientação: Prof. Dr. Ernani Menezes Marchioro.

1. Odontologia. 2. Ortodontia. 3. Elastômeros. 4. Materiais  
Dentários. I. Marchioro, Ernani Menezes. II. Título.

**CDD 617.643**

**Ficha elaborada pela bibliotecária Cíntia Borges Greff CRB 10/1437**

ÁLVARO ANTÔNIO DE FREITAS ARTECHE

**DEGRADAÇÃO DAS FORÇAS GERADAS POR CADEIAS ELÁSTICAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Odontologia com ênfase em Ortodontia e Ortopedia Facial.

Aprovada em 29 de Março de 2010.

**BANCA EXAMINADORA:**

Dr. Ernani Menezes Marchioro – PUCRS - Orientador

---

Dr. Telmo Berthold – UFRGS

---

Dr. Eduardo Motta - PUCRS

---

À minha esposa, Sílvia, à minha filha,  
Maria Antônia, e aos meus pais, Élio e  
Maria Luisa, pelo exemplo,  
dedicação e companhia.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, principalmente minha esposa, Sílvia, e minha filha, Maria Antônia, que são pessoas maravilhosas e que me acompanham em tudo, e aos meus pais, Élio Álvaro e Maria Luisa, por serem exemplos de pessoas e que todos que os conhecem, assim como eu, admiramos muito. Às minhas avós, Luisita e Célia, pelo carinho que sempre me deram e aos meus irmãos, Célia e Élio, por todo amor e paciência que têm comigo.

Ao professor Ernani Marchioro, que posso dizer com muita satisfação que foi o meu orientador, pela confiança que depositou em mim ao longo do curso e pelo estreitamento da amizade que aconteceu neste período.

Aos professores Luciane Menezes e Eduardo Martinelli Santayanna de Lima por serem exemplos de dedicação à especialidade da ortodontia, tanto na educação como na pesquisa, bem como pela coordenação do curso com muita eficiência e qualidade.

Aos professores Telmo Berthold e Suzana Rizzato que transmitiram, dentro de suas características e de acordo com suas áreas de maior interesse, o melhor de cada um para contribuir com a nossa formação.

Aos colegas de turma, Alexandra, Eleonora, Laércio, Mauro e Susiane, pelos tantos bons momentos que passamos juntos e que ficarão marcados na nossa história de vida, bem como pelo apoio nas horas mais difíceis desta trabalhosa jornada.

Aos colegas da turma anterior, André, Daniela, Janise, Maurício, Patrícia e Stefan, que nos guiaram nos primeiros passos, ajudando a desbravar os obstáculos iniciais, e tornaram a trilha mais fácil de ser percorrida. Mais ainda ao Stefan, meu colega na especialização, que me incentivou a fazer o curso e sempre que precisei de alguma ajuda, pude contar com ele.

Aos colegas da turma do primeiro ano, Clécio, Guilherme, Karine e Liz, por tornar mais alegre e festivo o nosso último ano neste mestrado.

A todos os colegas da especialização e da extensão, que proporcionaram um período de convivência muito agradável dentro e fora da faculdade.

A Marcos Túlio Carvalho, diretor da faculdade de odontologia, por sua amizade e por buscar incessantemente a qualificação cada vez maior da faculdade de odontologia da PUC-RS e dos cursos por ela oferecidos.

Ao Professor Dr. José Antonio Poli de Figueiredo, pela dedicação, seriedade e competência nesta tarefa, há pouco tempo assumida, de dirigir o Programa de Pós-Graduação em Odontologia da PUC-RS.

À CAPES, pelo apoio financeiro, proporcionando a realização deste curso e o ingresso ao convívio nessa excelente instituição.

Aos funcionários da Odontologia da PUC, que estão sempre dispostos e prestativos, tanto nas secretarias de graduação e pós-graduação, quanto nas clínicas; ajudaram muito a resolver as dúvidas durante o curso e demonstraram muita organização em todos os aspectos. Parabéns a todos.

Aos membros do meu grupo de estudos, o qual estive ausente nestes últimos meses: Felipe Weissheimer, Paulo Pan Nys, Sílvia Dall'Igna, Janise Porto, Viviane Storchi, Elizabeth Justo, Luciano Reggiani, Karine Dall'Igna, Cristina Mann Temes D'Andrea, Fabiana Vincenzi e, mais uma vez, Stefan Cardon. Aprendi e continuarei a aprender muito sobre ortodontia nas nossas reuniões periódicas, discutindo casos clínicos. Vocês são como uma segunda família para mim.

A Daniela Benzano, que esclareceu as dúvidas relacionadas ao tratamento estatístico das amostras estudadas.

A todos que, de alguma maneira, colaboraram para que mais esta etapa fosse vencida.

## RESUMO

As cadeias elásticas são amplamente utilizadas pelos ortodontistas devido à sua facilidade de uso, ao conforto ao paciente, à praticidade na higienização e ao baixo custo. No entanto, por causa da absorção de líquidos e de outros fatores, como mudanças na temperatura, elas sofrem deformação permanente e degradação das forças geradas inicialmente. As tecnologias empregadas para a fabricação das cadeias elásticas e os materiais utilizados definem a velocidade e a quantidade de degradação de força que estes materiais irão sofrer quando distendidos em meio bucal. A fim de avaliar a degradação de força de cadeias elásticas de seis fabricantes, foi colocado um dispositivo preso ao aparelho fixo de 20 pacientes em tratamento ortodôntico, onde segmentos, com quatro elos cada, destas cadeias elásticas ficaram distendidos com uma força inicial de 150 gramas pelo período de 3 semanas. Mediu-se a força alcançada pelas cadeias no intervalo de 24 horas, uma semana e três semanas. Todas as marcas comerciais avaliadas sofreram degradação de força estatisticamente significativa já na primeira medição, que variou de 5,5% a 37,66%. No final da primeira semana, a variação foi de 8,16% a 44,5% e, no final das três semanas, de 12,33% a 47,33%. Ao término do experimento, todos apresentavam forças suficientes para a movimentação dentária.

**Palavras-chave:** Ortodontia. Elastômeros.

## **ABSTRACT**

The elastic chains are used extensively in orthodontics treatments because they are comfortable to the patient, easy to use, hygienic and low cost. However, when stretched in the oral environment, due to the absorption of water and temperature changes, the elastic chains undergo a permanent deformation and degradation of the initial force. The technology employed by the elastic chain manufacturer and the material used defines how fast and how much the force degradation of this material occurs when in oral environment. To evaluate the force degradation in elastic chain from six different commercial brands, the elastic elements were stretched upon jigs fixed to the brackets of 20 patients under orthodontic treatment. The elastic chains stayed with an initial force of 150 grammas during 3 weeks and the force displayed by the chains measured in the first 24 hours, one week and 3 weeks. All samples suffered relaxation of the initial force. In the first 24 hours, the degradation measured was from 5.5% to 37.66%. In one week, from 8.16% to 44.5% and in three weeks, from 12.33 to 47.33%. In the end of the evaluation, all the elastic chains presented necessary forces to move teeth.

**Key words:** Orthodontics. Elastomers.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Seis marcas de cadeias elastoméricas utilizadas.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2 - Corte da cadeia elástica. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 3 - Segmento de cadeia elástica com 4 elos. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 4 - Determinação da distância necessária para atingir a força inicial de 150 gamas.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 5 - Dinamômetro Zeusan PN 8000, referência 9031.80.11 .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6 - (A) ganchos TP Orthodontics e (B) fio 0,016x0,022 com ganchos (suporte).....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 7 - Dispositivo de suporte da cadeia elástica posicionado, com a cadeia esticada com a força de 150 gramas iniciais.....</b>	<b>29</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após três semanas entre as marcas avaliadas. ....</b>	<b>36</b>
<b>Gráfico 2 - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca Uniden. ....</b>	<b>37</b>
<b>Gráfico 3 - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca TP Orthodontics. ....</b>	<b>38</b>
<b>Gráfico 4 - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca Orthosource. ....</b>	<b>39</b>
<b>Gráfico 5 - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca American Orthodontics. ....</b>	<b>40</b>
<b>Gráfico 6 - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca Dentsply GAC. ....</b>	<b>41</b>
<b>Gráfico 7 - Representação da degradação de forças das seis marcas estudadas. ....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Resultados estatísticos baseados nos valores obtidos nas medições de forças das cadeias elásticas.....</b>	<b>32</b>
--	-----------

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Comprimento inicial e distendido até alcançar 150 gramas para cada fabricante. ....</b>	<b>27</b>
<b>Tabela 2 - Percentual de degradação de força em função do tempo de permanência no meio bucal. ....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 3 - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após as primeiras 24 horas entre as marcas avaliadas. ....</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 4 - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após uma semana entre as marcas avaliadas. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabela 5 - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após três semanas entre as marcas avaliadas. ....</b>	<b>35</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1 MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA E A FORÇA UTILIZADA .....	15
2.2 DEFINIÇÕES DOS ELÁSTICOS EM CADEIA E CONSIDERAÇÕES .....	16
2.3 DEGRADAÇÃO DAS FORÇAS ELÁSTICAS .....	18
<b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>23</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	23
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	23
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO ESCLARECIDO .....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE B – FICHA DE ANAMNESE .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Para alcançar maior eficiência durante o tratamento ortodôntico, deve-se conhecer, entre outros fatores importantes, a força aplicada sobre os dentes que precisam ser movimentados. As forças contínuas geram melhores resultados quando comparadas com as forças intermitentes. Um exemplo de força intermitente é a obtida com aparelhos removíveis. Quanto às forças contínuas, elas podem ser obtidas com vários tipos de dispositivos, principalmente associados a aparelhos fixos. Os mais utilizados são: molas, magnetos, alças e elásticos em cadeia (FERREIRA, 2004).

Existem inúmeras mecânicas associadas ao uso de cadeias elásticas, que podem ser utilizadas diretamente nos braquetes e tubos do aparelho ortodôntico fixo, nos arcos, com alças, com fios de amarrilho, com mini-implantes e até com aparelhos removíveis.

O uso dos elásticos iniciou no final do século XIX e tem sido ampliado com a melhora de suas propriedades. São muito utilizados como substitutos das ligaduras metálicas, na movimentação dentária para retração de dentes e fechamento de espaços, na correção de relações interarcos e também como auxiliares na utilização de aparelhos extrabuciais. Os elásticos ortodônticos apresentam-se como importantes instrumentos na obtenção de resultados favoráveis no tratamento. A aplicação clínica dos elásticos deve ser baseada em evidências científicas de acordo com o tipo de movimentação ou efeito desejado para que os resultados ortodônticos sejam individualizados (LORIATO, 2006).

Os elásticos em cadeia são dispositivos fáceis de usar, econômicos, relativamente higiênicos e são confortáveis para o paciente. No entanto, a força despendida pelos elásticos em cadeia não é constante e sofre degradação no decorrer do tempo (FRAUNHOFER, 1992).

Além disso, no meio bucal, a água e a saliva absorvidas pelas cadeias elásticas levam à quebra de suas ligações internas, degradando a força. Quando a força cai, a efetividade da mecânica de fechamento dos espaços diminui. O grau e o índice de degradação das forças depende de uma série de fatores, incluindo a qualidade dos materiais usados pelos fabricantes, as cores adicionadas, a configuração do elástico (aberto, médio, fechado), o pré-estiramento antes de usar,

o pH do meio bucal e as formas de esterilização e armazenamento dos materiais (FRAUNHOFER, 1992).

Embora exista muita divergência na literatura sobre qual a quantidade de força mais adequada para uma movimentação dentária mais eficaz, encontram-se alguns trabalhos que citam 100 gramas força como mínimo e no máximo 300 ou 350 gramas força (BOESTER; JOHNSON, 1974). Se durante o tratamento as forças caírem abaixo de 55 gramas força, o movimento de corpo de um dente do tamanho do canino, por exemplo, pode cessar (BOESTER; JOHNSON, 1974).

Existem alguns estudos *in vitro* e outros *in vivo* realizados para avaliar a degradação das cadeias elásticas com condições variadas e de diversos fabricantes (ASH; NIKOLAI, 1978; ANDREASEN; BISHARA, 1970; ARAÚJO; URSI, 2006; BATY; VOLZ; FRAUNHOFER, 1994; GENOVA; McINNIS-LEDUX; WEINBERG, 1985; JOSELL; LEIS; REKOW, 1997; SILVA; KOCHEMBORGER; MARCHIORO, 2009; TALOUMIS et al., 1997; WONG, 1976).

Este estudo avaliou a degradação das forças geradas por cadeias elásticas de seis fabricantes, *in situ*, na configuração média e de cor cinza, com uma força inicial de 150 gramas força nos intervalos de tempo de um dia, uma semana e três semanas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA E A FORÇA UTILIZADA

A utilização de um aparelho ortodôntico visa deslocar fisicamente um dente para estimular as células envolvidas do ligamento periodontal. O objetivo é remodelar o osso e criar uma nova homeostase entre o dente que vai ser movimentado e as estruturas que o suportam (BISHARA, 2004).

O osso é o tecido mais plástico do organismo e adapta-se facilmente às forças funcionais que sobre ele se manifestam. Promove a deposição de tecido ósseo nas áreas submetidas às forças de tração e reabsorção de tecido ósseo nas áreas onde há pressão. A movimentação ortodôntica então é possível devido a esta propriedade plástica do osso, sendo, porém, muito mais complexa que a mera remodelação pela presença do ligamento periodontal. O regime de aplicação da força ortodôntica influencia a movimentação dental, sendo possível classificar seu ritmo em duas categorias básicas: forças contínuas e forças intermitentes. As forças contínuas são características dos aparelhos fixos; surgem no momento em que o aparelho fixo é instalado e sua atuação persiste por vários dias de forma continuada. Conforme o dente migra, a força tende a decrescer, e pode haver necessidade de reativação. As forças contínuas podem ser de longa ou de curta duração. As forças intermitentes são aquelas aplicadas por aparelhos removíveis e tem uma intensidade que varia entre o valor desejado e a ausência total de pressão (FERREIRA, 2004).

A movimentação ortodôntica com os aparelhos fixos, para alcançar uma força contínua, é obtida a partir da aplicação de forças biomecânicas, que são forças artificiais induzidas clinicamente, cuja energia provém principalmente de dispositivos mecânicos planejados, como arcos, molas abertas ou fechadas, elásticos, parafusos, magnetos e elásticos em cadeia, entre outros. Estas forças, quando aplicadas à coroa de um elemento dental, produzem uma série de reações biológicas no ligamento periodontal que resultam no movimento do dente dentro do osso alveolar (PROFFIT, 1995).

A força teoricamente considerada ótima para a movimentação dentária é aquela que dá início à máxima resposta de tecidos de suporte e mantém a integridade do ligamento periodontal durante a movimentação (MOYERS, 1991).

Nos primeiros estudos de força ideal e de força ótima em Ortodontia, Schwarz, no ano de 1932, também desenvolveu seu conceito, concluindo que a força ótima é comparável à força que o sangue exerce nas paredes dos vasos da microcirculação, que é de 15 a 20 mmHg, correspondente a 20 a 26 g/cm<sup>2</sup> de superfície radicular, devendo ser apenas moderadamente maior. Desta forma, é possível movimentar os dentes, permitindo o restabelecimento da normalidade do ligamento periodontal e do osso alveolar, gerando, clinicamente, uma situação de dor e desconforto suportáveis.

Do ponto de vista clínico, a força ótima é aquela que produz uma rápida taxa de movimento dentário sem desconforto para o paciente ou um dano posterior aos tecidos, como a perda do osso alveolar ou a reabsorção de áreas da superfície radicular de forma comprometedora. Do ponto de vista histológico, uma força ótima é aquela que produz um nível de pressão no ligamento periodontal que basicamente mantém a vitalidade do tecido ao longo de sua extensão e que inicia a máxima resposta de reabsorção e aposição celular. Utilizando forças ótimas, então, não seriam necessários períodos de espera para reparo tecidual, podendo agir continuamente (BURSTONE, 1994).

Os níveis de força ótimos recomendados para a retração de caninos seriam entre 150 e 200 gramas força para Reitan (1957), e entre 100 e 200 gramas força para Quinn e Yoshikawa (1985). Para alcançar um movimento dentário razoavelmente rápido, as zonas de hialinização devem ser evitadas, e isto é obtido com o uso de forças leves e contínuas (REITAN, 1967).

## 2.2 DEFINIÇÕES DOS ELÁSTICOS EM CADEIA E CONSIDERAÇÕES

Sonis (1994) relata em seu estudo que o sistema de forças ideal deve atender a alguns critérios, como: (1) Promover forças ótimas para obter o efeito desejado; (2) ser confortável e higiênico ao paciente; (3) requerer mínima manipulação do operador e tempo clínico; (4) requerer mínima cooperação do paciente e (5) ser econômico. O autor diz ainda existirem muitos sistemas propostos para preencher

estes requisitos, que incluem, entre outros, os elásticos em cadeia. Porém, todos os sistemas propostos apresentam deficiências inerentes.

Os elastômeros, termo mais correto para determinar estes materiais elásticos, possuem a característica interessante de retornar rapidamente às suas dimensões originais após sofrerem uma deformação substancial, ou seja, a capacidade de devolver a energia utilizada para causar uma alteração momentânea da dimensão do material, agindo assim de modo similar a uma mola (MATTA; CHEVITARESE, 1997).

Os materiais elastoméricos são classificados estruturalmente como polímeros, ou seja, sua característica é a formação de cadeias que repetem uma estrutura química mais simples e que apresentam um alto grau de flexibilidade devido à natureza de seu arranjo molecular, em forma de rede, que permite a movimentação em certo grau de seus componentes sem que haja a ruptura. Suas ligações químicas contêm uma série de ligações cruzadas que conferem a estes materiais um padrão amorfo, quando não estão sofrendo algum tipo de tensão, podendo ser conformado de acordo com as necessidades. Estas ligações também conferem a estes materiais a principal qualidade que faz com que sejam amplamente utilizados na Ortodontia (a elasticidade), ao mesmo tempo em que restringe a mobilidade das cadeias, evitando que elas se rompam (WONG, 1976; MORTON, 1995; MATTA; CHEVITARESE, 1998).

Os elastômeros sintéticos surgiram a partir da busca de um substituto à borracha natural, ou látex, que apresentasse propriedades mecânicas mais estáveis e, portanto, melhores. Os elastômeros sintéticos são derivados do petróleo e pertencem ao grupo dos termoplásticos, que possuem resistência mecânica e tornam-se maleáveis ao serem aquecidos, retornando sua resistência e rigidez ao serem resfriados (MATTA; CHEVITARESE, 1998).

Os poliuretanos, desenvolvidos por Bayer, na Alemanha, em 1937, são polímeros termoplásticos que permitem a fabricação de produtos finais por diversos métodos, inclusive por injeção em moldes e extrusão, que atualmente são os mais utilizados na obtenção dos elásticos sintéticos empregados na Ortodontia. Os elásticos derivados dos poliuretanos, após as reações químicas de polimerização que os originam, apresentam-se como massas amorfas, cujas cadeias poliméricas possuem forças de tração relativamente fracas entre elas e ligações químicas aleatoriamente localizadas ao longo destas cadeias. Para melhorar suas

propriedades mecânicas, deve-se promover a união lateral entre as cadeias por ligações covalentes cruzadas, utilizando o processo denominado vulcanização ou cura. Deste modo, são formadas estruturas tridimensionais, transformando o produto maleável em um material muito resistente, porém elástico. As ligações provenientes da vulcanização ainda reduzem sua solubilidade a solventes orgânicos e aumentam sua resistência à deterioração pelo calor, pela luz e pelo envelhecimento natural. A adição de certos agentes e compostos químicos em poliuretanos também complementa as propriedades provenientes do processo de cura (MORTON, 1995).

Outro fenômeno responsável pelas excelentes propriedades finais destes materiais são os pontos de amarração distribuídos ao longo das cadeias lineares formadas pelos polímeros, que são reversíveis pelo calor ou por solventes, denominadas cadeias virtuais (MORTON, 1995). Estas são ligações químicas não covalentes, formadas dentro de uma mesma molécula ou entre moléculas diferentes. Quimicamente são denominadas pontes de hidrogênio e forças de Van der Waals (HUDGET; PATRICK, 1990). O que torna esta informação importante é o fato de que a força designada ao material proveniente destas ligações cruzadas virtuais não é obtida por meio da adição de carga, como nas borrachas convencionais, mas sim, ela é determinada quimicamente pela composição interna dos materiais. Esta composição é definida pelo grau de tecnologia empregada, pelo refinamento da técnica de obtenção e pela qualidade das matérias-primas utilizadas durante a confecção do material (MORTON, 1995). Portanto, a qualidade do produto final oferecido pelas empresas, e utilizado clinicamente, depende fundamentalmente das técnicas e dos cuidados empregados no processo de fabricação.

### 2.3 DEGRADAÇÃO DAS FORÇAS ELÁSTICAS

Dentre as deficiências apontadas para o uso de elásticos em cadeia está a deformação permanente que ocorre quando eles são estendidos e expostos ao ambiente oral, pois absorvem água e saliva, mancham-se permanentemente e sofrem fadiga das cadeias internas. Conseqüentemente, ocorre a degradação das forças geradas inicialmente (SONIS et al., 1986).

Vários fatores influenciam na força liberada pelos elásticos em cadeia, como sua coloração, configuração, quantidade e velocidade de ativação (LU, 1993), bem

como alterações no meio no qual o elástico é utilizado, como substâncias presentes na saliva, mudanças no pH, exposição à luz, ao ar, à água, ao ozônio e a outros agentes oxidantes, a enzimas, a vários tipos de alimentos, produtos químicos, de higiene e à ação física da mastigação e escovação ( ANDREASEN E BISHARA, 1970; FERRITER, 1990; FRAUNHOFER, COFFEL E ORBELL, 1992; JEFFRIES, 1991; BATY, VOLZ E FRAUNHOFER, 1994; JOSSEL, 1997; MATTA; CHEVITERESE, 1997; TALOUMIS, 1997). Associados ao tempo de imersão e à temperatura mantida durante a sua utilização, todos estes fatores afetam suas propriedades mecânicas e, portanto, a liberação de força (ANDREASEN E BISHARA, 1970; FERRITER, MEYER E LORTON, 1990; FRAUNHOFER, COFFEL E ORBELL 1992).

Andreasen e Bishara (1970) compararam a mudança de força que ocorre em elásticos intermaxilares e elásticos em cadeia *in vitro*. Os autores observaram uma deformação permanente do elástico em cadeia de aproximadamente 50% do comprimento original após 24 horas. Além da deformação, os elásticos em cadeia mostraram uma diminuição da força inicial de 75% após as primeiras 24 horas. Isso levou os autores a recomendarem o uso de uma força quatro vezes maior do que a desejada quando se quer aplicar elásticos em cadeia para compensar a degradação da força nas primeiras 24 horas.

Wong (1976) comparou elásticos em cadeia de duas marcas mantidos esticados em água a 37°C. Estes elásticos foram mantidos estirados a 21 mm, em água, por tempos que variaram de 1, 7 e 21 dias e foram medidas as forças nestes intervalos de tempo, além da força inicial. O autor avaliou que houve uma significativa degradação de força, onde foi verificada uma perda de 50 a 75% nas primeiras 24 horas, e que a queda continuou, de maneira mais lenta, chegando a 79%.

De Genova et al. (1985) investigaram a degradação de forças dos elásticos em cadeia de três marcas comerciais, mantidos em um comprimento constante em saliva artificial. Na primeira avaliação, um grupo foi mantido a 37°C e o outro foi submetido à termociclagem com temperaturas que variavam entre 15°C e 45°C. Os autores relataram que as cadeias que sofreram termociclagem exibiram perda de força significativamente menor após três semanas, resultado este que foi o contrário do esperado. Na segunda avaliação, compararam o grau de degradação de força das cadeias elásticas termocicladadas mantidas em comprimento constante com as

sujeitas à simulação do movimento dentário de 0,25mm por semana. Os elásticos em cadeia sujeitos ao movimento dentário perderam de 9 a 13% a mais de força do que as mantidas em comprimento constante. O percentual de degradação de força encontrado variou de 50 a 75%.

Hershey e Reynolds (1975) utilizaram um simulador para movimento dentário a fim de comparar elásticos em cadeia de 3 marcas comerciais. Os resultados mostraram não haver alteração significativa na diminuição de força das cadeias elásticas, mas houve diferença substancial na suas forças iniciais. Os autores concluíram que um dinamômetro deve ser usado clinicamente para determinar as forças iniciais aplicadas pelos elásticos. Eles observaram ainda uma perda de força de 50% após o primeiro dia, restando 40% da força inicial após 4 semanas. Entretanto, com movimentos dentários simulados de 0,25 mm e 0,5 mm por semana, a quantidade de força restante após quatro semanas diminuiu entre 25 e 33%, respectivamente.

Uma das causas da degradação de forças destes materiais é o fenômeno denominado relaxação, que é a tendência de decréscimo da força liberada em função do tempo que alguns materiais apresentam quando são mantidos distendidos em uma determinada distância fixa (ASH; NIKOLAI, 1978).

Josell, Leiiss e Rekow (1997) avaliaram em laboratório elásticos em cadeia de seis fabricantes: American Orthodontics, Dentaurum, GAC, Ormco, Rocky Mountain e TP Orthodontics. Os elásticos foram estirados a uma distância determinada e mantidos em solução de saliva artificial em temperatura ambiente. As forças foram medidas em vários intervalos de tempo, desde o inicial até 28 dias. Os autores verificaram que a maior queda na quantidade de força exercida pelas amostras ocorreu na primeira hora e que os níveis de liberação de força caíram para 85 a 30% do valor inicial, dependendo do grupo testado. Mas todos os elásticos mantiveram, ao final do estudo, valores de força maiores que 100 gramas.

No ano de 1990, Huget et al. relataram que polímeros elastoméricos possuem uma estrutura molecular relativamente frágil, e sua função em manter o estiramento e a elasticidade do polímero sintético pode ser ainda mais enfraquecida pela ação de elementos presentes no meio bucal. Os resultados do trabalho sugerem que a exposição do elastômero em água leva a um enfraquecimento das forças intermoleculares e, conseqüentemente, a uma degradação química. Especificamente, a redução da liberação de força dos elásticos de um a sete dias

em ambiente aquoso pode ser o resultado de absorção de água e da deformação de ligações com correntes de hidrogênio entre as moléculas de água e os polímeros. Por meio de alguns experimentos, os autores procuraram definir os mecanismos que contribuem para a degradação das forças. As cadeias elásticas foram submersas em água a uma temperatura de 37°C por períodos de 7, 14, 42 e 70 dias, distendidas em 50, 100 e 200% de seu comprimento original, com 90 segundos de intervalo antes de serem submetidas a um segundo estiramento. Um teste cromatográfico foi realizado em água para estabelecer a presença de material orgânico liberado pelas correntes. A matéria orgânica só apareceu a partir do 14º dia. A partir destes dados, os autores concluíram que o decréscimo da força associado às cadeias elásticas por sete dias de submersão em água pode ser o resultado da absorção da água, além da formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água e as moléculas dos elastômeros.

Outro fator que pode influenciar a força liberada pelos elásticos é a adição de corantes ou procedimentos para tornar os elásticos transparentes (BATY; VOLZ; VON FRAUNHOFER, 1994; LU et al., 1993).

Em um estudo realizado para avaliar a deformação plástica sofrida por sete tipos de elásticos em cadeia que permaneceram com 100% de estiramento durante 3 semanas mantidos imersos em saliva artificial com pH 4,9 ou 7,2, os elásticos do tipo American Memory apresentaram menor deformação permanente, com uma média de 54%, enquanto a maior foi verificada pelos elásticos Unitek cristal, sofrendo uma deformação média de 76% dos seus comprimentos iniciais. A influência dos níveis distintos de pH salivar na deformação plástica sofrida pelos elásticos também foi avaliada; no entanto, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas com relação à influência do pH da saliva na deformação plástica sofrida pelos elásticos (MATTA; CHEVITARESE, 1998).

Testes experimentais realizados em temperatura ambiente e em local seco obviamente não representam as condições do meio bucal, onde as cadeias elastoméricas terão que atuar (NOTTRASS et al., 1998). Portanto, estes autores investigaram o comportamento dos elásticos em cadeia e molas de níquel-titânio em três meios líquidos diferentes, e com variações na temperatura. Um grupo-controle foi mantido em ambiente seco e a uma temperatura constante de 22°C. Os elásticos em cadeia foram afetados em todos os ambientes, sofrendo degradação da força. Quando há um aumento da temperatura, o relaxamento se torna mais pronunciado.

As variações na temperatura da cavidade oral devido ao consumo de alimentos e bebidas diferentes certamente são maiores do que as simuladas neste estudo, sugerindo que, no caso das cadeias elásticas, a temperatura parece ser mais importante do que o tipo de alimento a ser consumido.

Ao avaliar métodos de desinfecção e esterilização com Anti-G Plus e Cidex, comparados a um grupo-controle, elásticos em cadeia de três marcas comerciais, em dois tipos de configuração (média e fechada), apresentaram diferença significativa da redução da liberação de força. Este fato pode ser explicado pela absorção de líquidos, que irá diminuir a liberação de força pelos elásticos. Apesar desta diferença, os níveis de força gerados ao final dos procedimentos de desinfecção e esterilização não apresentaram valores numericamente expressivos, o que não contraindica adotar tais medidas (MARTINS, 2006).

Existem vários fatores inerentes ao material que influenciam as propriedades mecânicas dos elásticos, como a perda da elasticidade, quantidade de força dissipada, composição do material e marca comercial. Além destes, ocorrem fatores locais, como a influência da saliva, variações do pH, pigmentos, influência da dieta alimentar, além de efeitos dos movimentos mandibulares. Dessa forma, o profissional sente dificuldade na determinação da força adequada a ser transmitida ao dente e seu tempo de dissipação (ALEXANDRE, 2008).

Estudos que analisam quais são os níveis de força aplicada realmente transmitidos aos tecidos e células do ligamento periodontal, e aqueles que avaliam as forças ideais requeridas para causar respostas biológicas teciduais são muito importantes. Eles proporcionam bases científicas mais estruturadas para a prática ortodôntica. Com tais informações, é possível, por exemplo, determinar quando um nível inicial de forças de um elástico em cadeia excede o necessário para causar o movimento dentário, e como, devido à rápida degradação de forças ocorrida, rapidamente cai abaixo do nível de força ideal para o movimento dentário. Este conhecimento pode levar ao desenvolvimento de novos materiais e ao emprego de novas técnicas que permitam um movimento dentário eficiente e efetivo no intervalo entre as consultas (KAPILA, 1994).

### **3 PROPOSIÇÃO**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar, *in situ*, a degradação das forças geradas por cadeias elásticas de tamanho médio de diferentes marcas comerciais.

#### **3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Avaliar a degradação das forças geradas por cadeias elásticas de tamanho médio de seis marcas comerciais em três períodos: 24 horas, uma semana e três semanas.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados 120 segmentos de cadeias elásticas de configuração média e de cor cinza das seguintes marcas comerciais: **Morelli** (referência 60.05.511, Sorocaba, Brasil), **Uniden** (ecoline, referência 000-1429, Sorocaba, Brasil), **TP Orthodontics** (e-chain, referência 388-249, La Porte, EUA), **Dentsply GAC** (super chain, referência 34-023-68, Nova Iorque, EUA), **Orthosource** (ultra-chain, referência 424-420) e **American Orthodontics** (Memory chain, Sheboygan, EUA). Foram avaliados 20 segmentos de cada fabricante (Figura 1).

Todos os elásticos foram obtidos diretamente dos fabricantes, ou de seus representantes no país, estando os mesmos dentro do prazo de validade. Até o início do experimento, foram mantidos em suas embalagens originais (Figura 1), guardados sob refrigeração e ao abrigo da luz, eliminando, assim, instabilidades que pudessem ser causadas por variações na temperatura e luminosidade. Os elásticos das marcas avaliadas apresentaram-se como tiras únicas de cadeias elastoméricas, enroladas em embalagens em forma de carretéis e acondicionadas em embalagens plásticas.



**Figura - Seis marcas de cadeias elastoméricas utilizadas.**

Fonte: dados da pesquisa PUC 2009

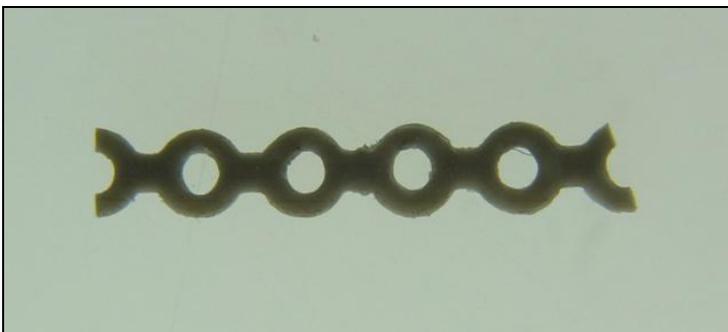
As cadeias elásticas foram cuidadosamente removidas dos carretéis e cortadas em segmentos com o auxílio de um alicate de corte, conforme a Figura 2.

Para não danificar as estruturas das cadeias elásticas durante o procedimento de corte, o que poderia influenciar os resultados dos testes realizados, o corte dos segmentos foi feito sempre na porção central do quinto elo, ficando, assim, cada segmento da amostra constituído por quatro elos, e meio elo em cada uma de suas extremidades, como mostra a Figura 3 (FRAUNHOFER, 1992).



**Figura - Corte da cadeia elástica.**

Fonte: dados da pesquisa PUC 2009.



**Figura - Segmento de cadeia elástica com 4 elos.**

Fonte: dados da pesquisa PUC 2009.

Deste modo, a amostra foi constituída por 120 segmentos de cadeias elásticas, sendo 20 Morelli, 20 Uniden, 20 TP Orthodontics, 20 Dentsply GAC, 20 Orthosource e 20 American Orthodontics.

Para manter as cadeias elásticas distendidas com uma força inicial de 150 gramas, foram confeccionados dispositivos especialmente para este estudo. Primeiro, foi necessário quantificar a distância de estiramento para cada marca de cadeia elástica atingir a força desejada. Os segmentos de cada marca comercial foram medidos em milímetros, diretamente com o auxílio de um paquímetro digital Mitutoyo PN: 8001 (referência 90173020) até atingir a força de 150 gramas. A força foi medida com Dinamômetro Zeusan (referência 9031.80.11), e registrou-se a distância (Figura 4).



**Figura - Determinação da distância necessária para atingir a força inicial de 150 gamas.**  
Fonte: dados da pesquisa PUC 2009.

Este procedimento foi repetido com 10 segmentos de cada marca e foi obtida uma média individualizada, conforme a Tabela 1. Os segmentos foram descartados após o estabelecimento da média final.

**Tabela - Comprimento inicial e distendido até alcançar 150 gramas para cada fabricante.**

Comprimento/ Fabricante	Morelli	Uniden	TP Orthodontics	Dentsply GAC	Orthosource	American Orthodontics
Inicial	10 mm	11 mm	11,5 mm	10 mm	12 mm	8 mm
Distendido	13 mm	14,5mm	16 mm	14,5 mm	18 mm	13 mm

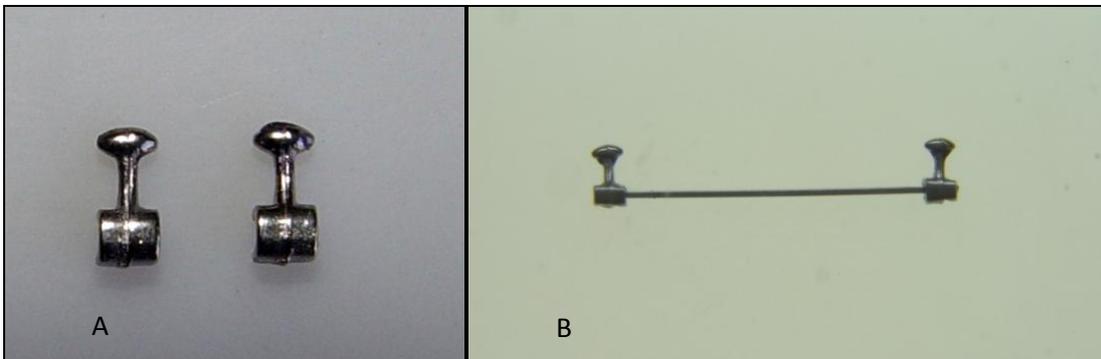
Com o conhecimento do comprimento que os segmentos de cadeia elástica teriam que permanecer para atingir a força de 150 gramas, medida com o dinamômetro Zeusan PN 8000 (referência 9031.80.11), conforme Figura 5, para cada fabricante, passou-se a confeccionar os dispositivos onde as cadeias ficariam distendidas em meio bucal durante a pesquisa



**Figura - Dinamômetro Zeusan PN 8000, referência 9031.80.11**

Fonte: Zeusan Trading (2009).

Segmentos de fio de aço inoxidável 0,016 x 0,022” da marca Morelli – Sorocaba - Brasil, referência 30.55.300, foram cortados nos tamanhos necessários, sendo 20 segmentos para cada marca. Nas extremidades destes segmentos, foram clipados ganchos da TP Orthodontics, La Porte, EUA, referência 226-015 (Figuras 6(A)) e, após conferir a distância com o paquímetro, o dispositivo foi soldado ao segmento de fio (figura 6(B)) com a máquina de solda a ponto marca Kernit (referência SMP 300) para certificar que a distância permaneceria constante durante todo o período do experimento.



**Figura - (A) ganchos TP Orthodontics e (B) fio 0,016x0,022 com ganchos (suporte).**  
Fonte: dados da pesquisa PUC 2009.

Os pacientes participantes do estudo utilizavam aparelho ortodôntico fixo total em ambas as arcadas, e já haviam concluído a fase de alinhamento e nivelamento.

As amostras ficaram sujeitas a variações de temperatura, acidez da saliva, deformações mecânicas provocadas pela mastigação dos alimentos e demais variações ambientais por permanecerem em meio bucal no período do experimento.

Todos os pacientes e/ou responsáveis que concordaram em participar da pesquisa leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 1), preencheram a ficha de anamnese (Apêndice 2) com questões referentes à idade, sexo, doenças sistêmicas, hábitos (chimarrão, cigarro, uso de enxaguatórios bucais) e encontravam-se dentro dos critérios de inclusão estabelecidos para a pesquisa. Foram excluídos da amostra os pacientes tabagistas, os pacientes com diabetes e as pacientes gestantes. Os pacientes com hábitos como o de tomar chimarrão, ou que faziam uso de enxaguatório bucal e que ainda assim pretendiam fazer parte da pesquisa, foram orientados a suspender o hábito e/ou uso durante o

período em que estivessem portando os dispositivos com os elásticos em cadeia. Desta forma, a idade dos pacientes participantes da amostra variou de 16 a 40 anos.

O mesmo dinamômetro foi utilizado para mensurar a força inicial de 150 gramas no início da prova (T0), e as forças nos períodos de 24 horas (T1), uma semana (T2) e três semanas (T3), para avaliar a degradação da força inicial. O dinamômetro foi devidamente calibrado em um laboratório de metrologia, e o certificado de calibração encontra-se nos anexos (Anexo 4).

Com o dispositivo confeccionado para manter os elásticos em cadeia distendidos na força inicial de 150 gramas, o segmento de cadeia elástica correspondente era cuidadosamente colocado; em seguida, o conjunto era sobreposto ao arco do paciente e amarrado com amarrilho metálico 0,025" marca Morelli referência 55.01.210, Sorocaba – Brasil (Figura 7).



**Figura - Dispositivo de suporte da cadeia elástica posicionado, com a cadeia esticada com a força de 150 gramas iniciais.**

Fonte: dados da pesquisa PUC 2009

Todas as medições (T1, T2 e T3) foram realizadas com o dispositivo fora da boca do paciente e com auxílio do dinamômetro. Em cada medição de força, o dispositivo era cuidadosamente removido, a força era então medida com o dinamômetro e logo após o dispositivo era recolocado, num procedimento rápido para que o elástico não ficasse muito tempo fora do meio bucal. O valor apurado era

então registrado em uma tabela com os dados do paciente e, depois disso, passava-se para o próximo dispositivo e assim sucessivamente. Cada paciente poderia suportar até quatro dispositivos ao mesmo tempo, um em cada quadrante, com elásticos de marcas diferentes. Em cada medição, a distância entre os ganchos também era conferida com o paquímetro digital, para confirmar que havia se mantido a mesma. Caso houvesse alguma diferença, o valor medido era descartado, e era colocado um novo dispositivo, com nova cadeia da mesma marca. Este procedimento foi realizado nos três tempos estabelecidos.

Todos os materiais utilizados nos procedimentos experimentais deste estudo foram manuseados pelo operador utilizando luvas de látex para procedimento. Os instrumentos que entraram em contato com os elásticos em cadeia foram desinfetados com álcool 70%, para evitar a contaminação e eventuais alterações em suas características.

Os dados foram armazenados em computador e tabulados no programa Excel 2007. Para a análise dos dados usou-se o programa Statistical Package for the Social Science (SPSS) versão 12.0 para Windows. O teste “t” de Student foi realizado e confirmado pelo método de Bonferroni.

O tratamento estatístico foi realizado a fim de verificar se existe diferença estatística entre os percentuais médios de degradação de força para cada tipo de elástico, adotando-se o nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

## 5 RESULTADOS

A degradação da força foi medida como uma proporção da força perdida em relação à força inicial. Para padronizar os dados e facilitar a comparação entre os produtos, as forças também foram determinadas como uma porcentagem da força inicial. Uma média de porcentagem de degradação de forças foi calculada para cada cadeia elástica em cada intervalo. Houve uma grande variação das médias em todos os intervalos avaliados e estes são mostrados na Tabela 2.

**Tabela - Percentual de degradação de força em função do tempo de permanência no meio bucal.**

Tempo	Morelli	Uniden	TP Orthodontics	Orthosource	American Orthodontics	Dentsply GAC
24 horas	10,83%	37,66%	5,5%	24,33%	20,66%	35,83%
1 semana	15,83%	44,50%	8,16%	30,66%	24,66%	39,33%
3 semanas	16,67%	47,33%	12,33%	32,5%	31,83%	47,33%

O Quadro 1 (página 32) ilustra a quantidade de amostras de cada fabricante que participou deste trabalho (N), a análise descritiva com a média de degradação de força para cada marca de cadeia elástica em cada período avaliado, a mediana, o desvio padrão, o percentual mínimo e máximo e os valores para um percentil de 25% e 75%.

Foi possível constatar que houve uma pequena variação entre os valores médios encontrados, determinados por baixos valores de desvio padrão, sugerindo que estes valores foram significativos. Os valores das medianas são muito próximos às médias e a pequena variação de mínimo e máximo, 1° e 3° quartil, também demonstrou esta tendência.

	n		Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Percentil	
	Válidos	Perdidos						25	75
Morelli 24 horas	20	0	-10,8333	-10,0000	2,38783	-13,33	-6,67	-13,3333	-10,0000
Morelli 1 semana	20	0	-15,8333	-16,6667	2,83565	-20,00	-10,00	-16,6667	-13,3333
Morelli 3 semanas	20	0	-16,1667	-16,6667	2,91698	-20,00	-10,00	-19,1667	-13,3333
Uniden 1 dia	20	0	-37,6667	-38,3333	5,93335	-46,67	-26,67	-40,0000	-33,3333
Uniden 1 semana	20	0	-44,5000	-46,6667	2,91698	-46,67	-40,00	-46,6667	-40,8333
Uniden 3 semanas	20	0	-47,3333	-46,6667	5,68161	-60,00	-40,00	-46,6667	-44,1667
TP 24 horas	20	0	-5,5000	-3,3333	5,75067	-20,00	,00	-10,0000	,0000
TP 1 semana	20	0	-8,1667	-6,6667	5,35030	-16,67	,00	-13,3333	-3,3333
TP 3 semanas	20	0	-12,3333	-10,0000	16,82730	-80,00	,00	-13,3333	-4,1667
Orthosource 24 horas	20	0	-24,3333	-25,0000	4,96773	-33,33	-13,33	-26,6667	-20,0000
Orthosource 1 semana	20	0	-30,6667	-30,0000	5,36395	-40,00	-20,00	-33,3333	-26,6667
Orthosource 3 semanas	20	0	-32,5000	-33,3333	6,10579	-40,00	-16,67	-36,6667	-30,0000
American 24 horas	20	0	-20,6667	-20,0000	4,40627	-26,67	-13,33	-23,3333	-16,6667
American 1 semana	20	0	-24,6667	-23,3333	3,48766	-33,33	-20,00	-26,6667	-23,3333
American 3 semanas	20	0	-31,8333	-33,3333	4,11459	-36,67	-23,33	-33,3333	-30,0000
GAC 24 horas	20	0	-35,8333	-36,6667	5,70985	-46,67	-26,67	-40,0000	-30,0000
GAC 1 semana	20	0	-39,3333	-40,0000	5,68161	-53,33	-30,00	-43,3333	-33,3333
GAC 3 semanas	20	0	-47,3333	-46,6667	4,40627	-53,33	-40,00	-52,5000	-43,3333

**Quadro - Resultados estatísticos baseados nos valores obtidos nas medições de forças das cadeias elásticas.**

Os níveis descritivos do valor de significância para comparação da degradação de forças das cadeias elásticas após as primeiras 24 horas entre as marcas avaliadas encontram-se na Tabela 3. É possível observar que os elásticos das marcas Uniden e Dentsply GAC apresentaram comportamento semelhante neste primeiro período de medição de forças. As cadeias elásticas destas duas marcas foram as que sofreram maior degradação de forças. Os elásticos das marcas American Orthodontics e Orthosource também apresentaram comportamento semelhante, mas não tanto como as duas marcas citadas anteriormente.

**Tabela - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após as primeiras 24 horas entre as marcas avaliadas.**

	Morelli	Uniden	TP orthodontics	Orthosource	American Orthodontics	Dentsply GAC
Morelli	X	0,0001	<b>0,001</b>	0,0001	0,0001	0,0001
Uniden	0,0001	X	0,0001	0,0001	0,0001	<b>0,357</b>
TP Orthodontics	<b>0,001</b>	0,0001	X	0,0001	0,0001	0,0001
Orthosource	0,0001	0,0001	0,0001	X	<b>0,012</b>	0,0001
American orthodontics	0,0001	0,0001	0,0001	<b>0,012</b>	X	0,0001
Dentsply GAC	0,0001	<b>0,357</b>	0,0001	0,0001	0,0001	X

Os níveis descritivos do valor de significância para comparação da degradação de forças das cadeias elásticas após a primeira semana entre as marcas avaliadas encontram-se na Tabela 4. Neste período, é possível observar que os elásticos das marcas avaliadas não apresentaram semelhança na quantidade de degradação de forças (Tabela 4).

**Tabela - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após uma semana entre as marcas avaliadas.**

	Morelli	Uniden	TP orthodontics	Orthosource	American Orthodontics	Dentsply GAC
Morelli	X	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Uniden	0,0001	X	0,0001	0,0001	0,0001	<b>0,001</b>
TP Orthodontics	0,0001	0,0001	X	0,0001	0,0001	0,0001
Orthosource	0,0001	0,0001	0,0001	X	0,0001	0,0001
American orthodontics	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	X	0,0001
Dentsply GAC	0,0001	<b>0,001</b>	0,0001	0,0001	0,0001	X

Os níveis descritivos do valor de significância para comparação da degradação de forças das cadeias elásticas após as três semanas entre as marcas avaliadas encontram-se na Tabela 5. É possível observar que os elásticos das marcas Uniden e Dentsply GAC apresentaram comportamento semelhante neste terceiro período de medição de forças. As cadeias elásticas destas duas marcas foram as que sofreram maior degradação de forças e as médias foram idênticas. Os elásticos das marcas American Orthodontics e Orthosource também apresentaram comportamento semelhante, mas não tanto com as duas marcas citadas anteriormente. Os elásticos das marcas Morelli e TP Orthodontics também apresentaram semelhança neste último período do experimento. Estes dois últimos foram os que apresentaram menor degradação de forças nos três tempos avaliados, mas a diferença entre as médias foi menor nesta última medição.

**Tabela - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após três semanas entre as marcas avaliadas.**

	Morelli	Uniden	TP orthodontics	Orthosource	American Orthodontics	Dentsply GAC
Morelli	X	0,0001	<b>0,319</b>	0,0001	0,0001	0,0001
Uniden	0,0001	X	0,0001	0,0001	0,0001	<b>1,000</b>
TP Orthodontics	<b>0,319</b>	0,0001	X	0,0001	0,0001	0,0001
Orthosource	0,0001	0,0001	0,0001	X	<b>0,723</b>	0,0001
American orthodontics	0,0001	0,0001	0,0001	<b>0,723</b>	X	0,0001
Dentsply GAC	0,0001	<b>1,000</b>	0,0001	0,0001	0,0001	X

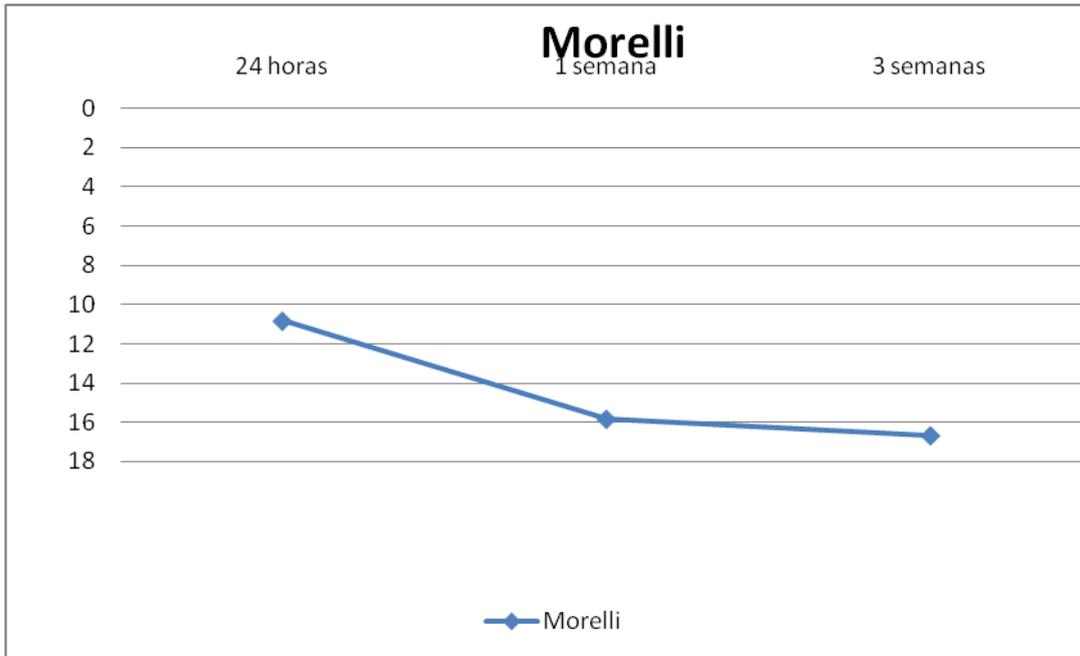
O percentual médio de degradação de forças para os elásticos da marca Morelli nas primeiras 24 horas foi de 10,83%, com um desvio padrão de 2,38%. Aumentou significativamente para 15,83% na primeira semana, com um desvio padrão de 2,83%, e para 16,67% na terceira semana, com um desvio padrão de 2,91%. O maior percentual de degradação encontrado foi nas primeiras 24 horas.

Em relação às outras marcas comerciais, os elásticos em cadeia da marca Morelli tiveram comportamento semelhante aos elásticos em cadeia da marca TP Orthodontics no período de 24 horas e de três semanas.

Para o período de uma semana, as cadeias elásticas da marca Morelli sofreram degradação significativamente maior do que os elásticos da TP Orthodontics.

Comparado aos demais elásticos, a degradação de forças dos elásticos da marca Morelli foi significativamente menor em todos os tempos, como demonstrado no Quadro 1 e nas Tabelas 3, 4 e 5.

No Gráfico 1, é possível observar a média das porcentagens de degradação de força que os elásticos da marca comercial Morelli sofreram ao longo dos três períodos avaliados.



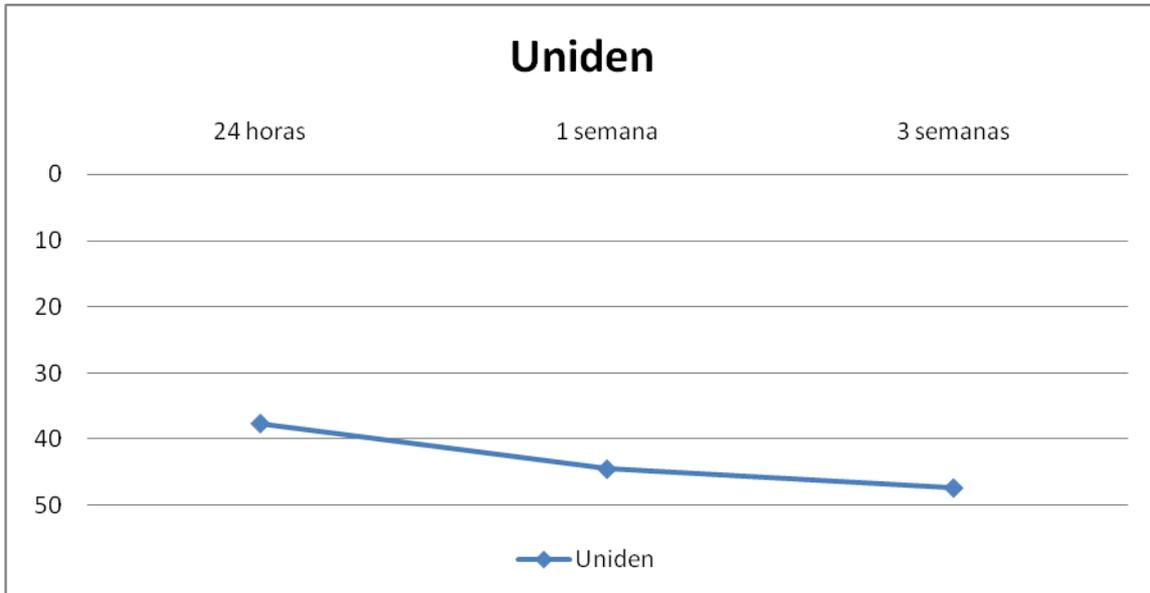
**Gráfico - Níveis descritivos para comparação da degradação de forças após três semanas entre as marcas avaliadas.**

O percentual médio de degradação de forças para os elásticos da marca Uniden nas primeiras 24 horas foi de 37,66%, com um desvio padrão de 5,93%. Aumentou significativamente para 44,5% na primeira semana, com um desvio padrão de 2,91%, e para 47,33% na terceira semana, com um desvio padrão de 5,68%.

O maior percentual de degradação também foi nas primeiras 24 horas. Em relação às outras marcas comerciais, teve comportamento semelhante aos elásticos da GAC no período de 24 horas e de três semanas. Para o período de uma semana, sofreu degradação significativamente maior do que os elásticos da GAC.

Comparado aos demais elásticos, a degradação de forças dos elásticos da marca Uniden foi significativamente maior em todos os tempos.

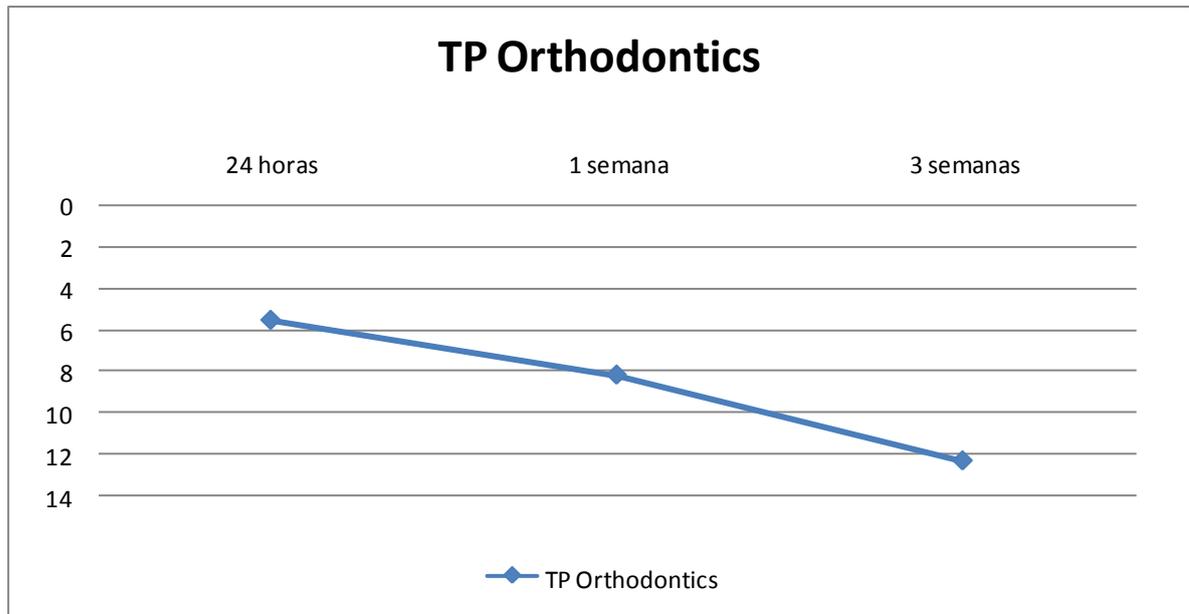
No Gráfico 2, é possível observar a média das porcentagens de degradação de força que os elásticos da marca comercial Uniden sofreram ao longo dos três períodos avaliados.



**Gráfico - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca Uniden.**

O percentual médio de degradação de forças para os elásticos da marca TP Orthodontics nas primeiras 24 horas foi de 5,5%, com um desvio padrão de 5,75%. Aumentou para 8,16% na primeira semana, com um desvio padrão de 5,35%, e para 12,33% na terceira semana, com um desvio padrão de 16,82%. Apresentou o maior percentual de degradação entre o período de 24 horas e uma semana, diferentemente do comportamento de todas as outras marcas pesquisadas. Comparado aos demais elásticos, a degradação de forças dos elásticos da marca TP Orthodontics foi significativamente menor em todos os tempos, como demonstrado no Quadro 1 e nas Tabelas 3, 4 e 5.

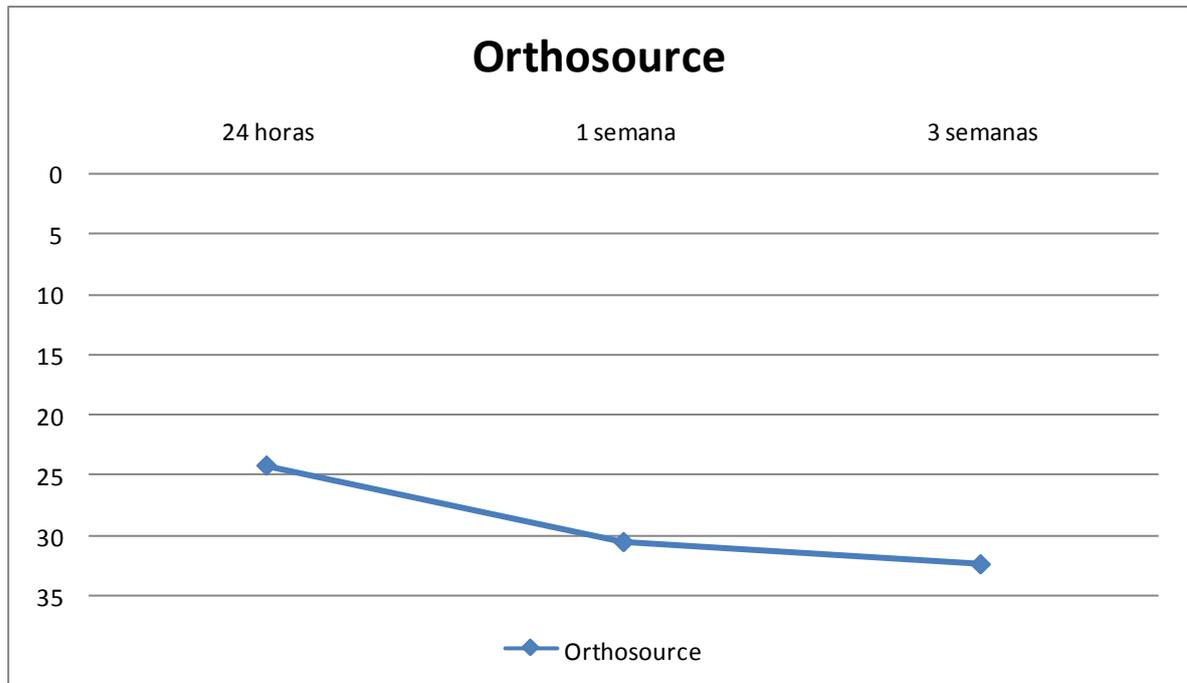
No Gráfico 3, é possível observar a média das porcentagens de degradação de força que os elásticos da marca comercial TP Orthodontics sofreram ao longo dos três períodos avaliados.



**Gráfico - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca TP Orthodontics.**

O percentual médio de degradação de forças para os elásticos da marca Orthosource nas primeiras 24 horas foi de 24,33%, com um desvio padrão de 4,96%. Aumentou para 30,66% na primeira semana, com um desvio padrão de 5,36% e para 32,5% na terceira semana, com um desvio padrão de 6,1%. O maior percentual de degradação ocorreu no período de 24 horas. Teve comportamento semelhante aos elásticos da American Orthodontics nos três tempos medidos, no entanto apresentou degradação de forças significativamente menor do que os elásticos GAC durante todo o experimento, de acordo com o Quadro 1 e as Tabelas 3, 4 e 5.

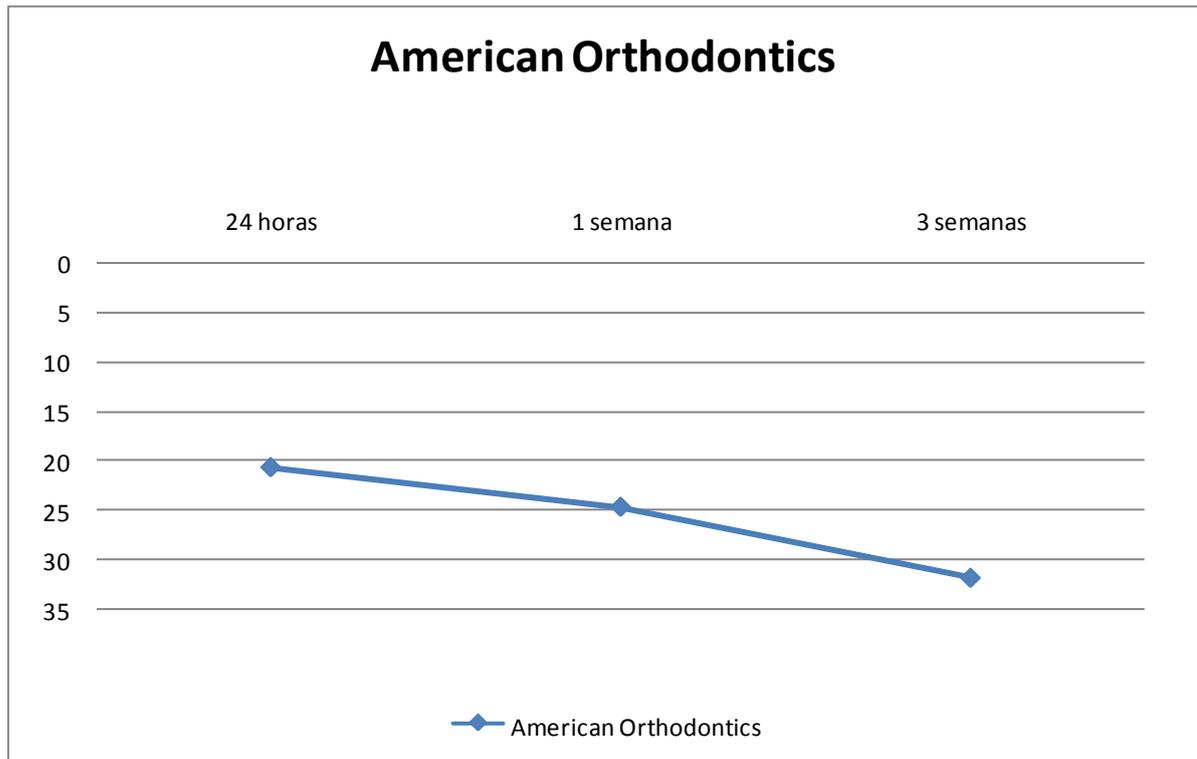
No Gráfico 4, é possível observar a média das porcentagens de degradação de força que os elásticos da marca comercial Orthosource sofreram ao longo dos três períodos avaliados.



**Gráfico - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca Orthosource.**

O percentual médio de degradação de forças para os elásticos da marca American Orthodontics nas primeiras 24 horas foi de 20,66%, com um desvio padrão de 4,4%. Aumentou para 24,66% na primeira semana, com um desvio padrão de 3,48% e para 31,83% na terceira semana, com um desvio padrão de 4,1%. O maior percentual de degradação foi no intervalo de 24 horas. Também apresentou degradação de forças significativamente menor do que os elásticos GAC durante todo o experimento, como demonstrado no Quadro 1 e nas Tabelas 3, 4 e 5.

No Gráfico 5, é possível observar a média das porcentagens de degradação de força que os elásticos da marca comercial American Orthodontics sofreram ao longo dos três períodos avaliados.



**Gráfico - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca American Orthodontics.**

O percentual médio de degradação de forças para os elásticos da marca Dentsply GAC nas primeiras 24 horas foi de 35,83%, com um desvio padrão de 5,70%. Aumentou para 39,33% na primeira semana, com um desvio padrão de 5,68% e para 47,33 % na terceira semana, com um desvio padrão de 4,4%. O maior percentual de degradação foi no intervalo de 24 horas. Assim como as cadeias elásticas da Uniden, as da marca Dentsply GAC apresentaram a maior degradação de forças no final do experimento dentre as marcas avaliadas.

No Gráfico 6, é possível observar a média das porcentagens de degradação de força que os elásticos da marca comercial Dentsply GAC sofreram ao longo dos três períodos avaliados.

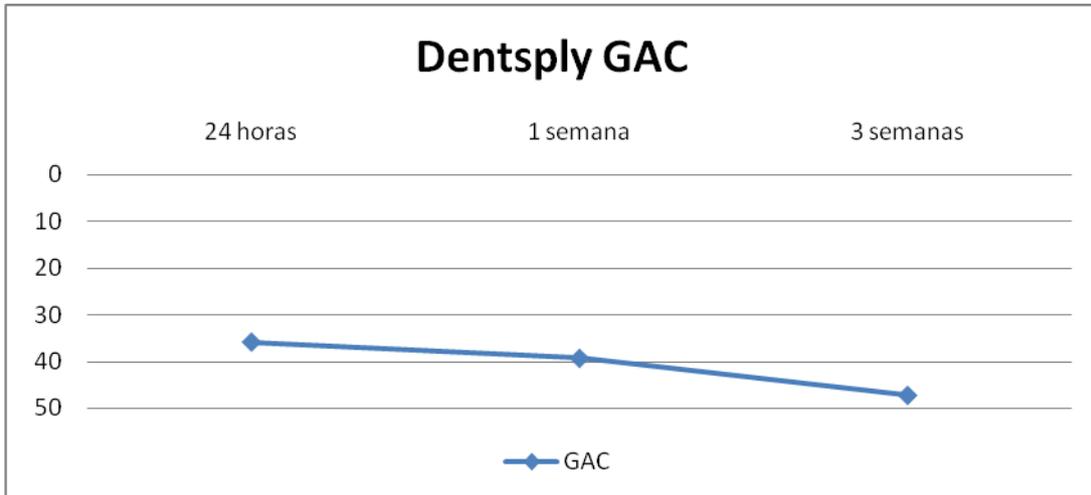


Gráfico - Representação da porcentagem de degradação de força dos elásticos da marca Dentsply GAC.

O Gráfico 7 ilustra a porcentagem de degradação de força das seis marcas de cadeias avaliadas em função do tempo de permanência no meio bucal. É possível observar a diferença de comportamento nos intervalos T1, T2 e T3.

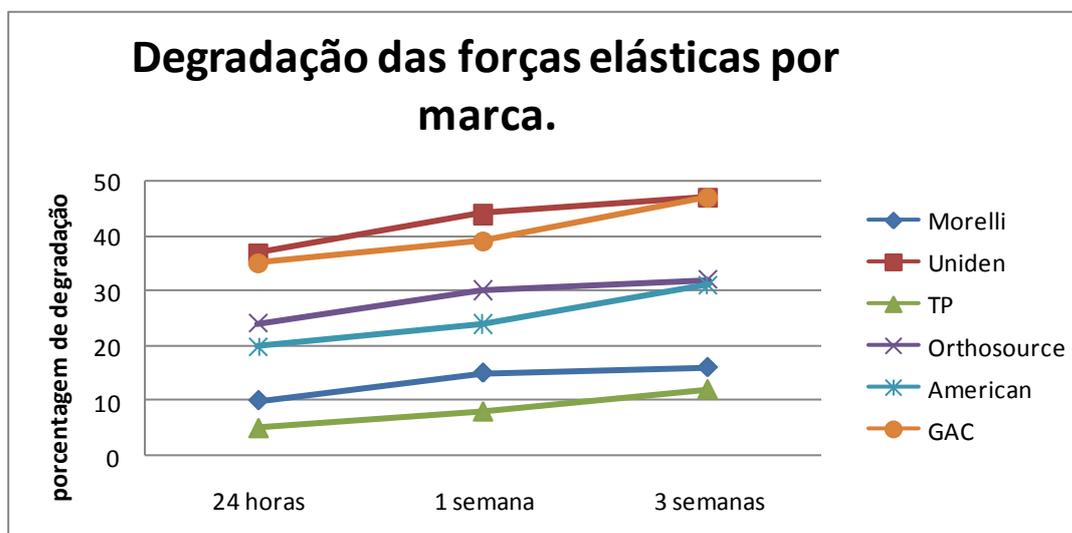


Gráfico - Representação da degradação de forças das seis marcas estudadas.

## 6 DISCUSSÃO

Os elásticos em cadeia são importantes fontes de transmissão de força aos dentes e, por isso, são muito utilizados em Ortodontia. Como a força por eles gerada diminui gradativamente em função do tempo, vários autores (ASH; NIKOLAI, 1978; ANDREASEN E BISHARA, 1970; GENOVA 1985) preocuparam-se em avaliar a degradação sofrida pelos elásticos sintéticos em função do tempo de estiramento a que foram submetidos.

O estudo destes materiais é justificado pela sua intensa utilização na Ortodontia. Assim, todas as amostras de elásticos em cadeia foram mantidas estiradas continuamente com uma força inicial de 150 gramas nos dispositivos presos ao aparelho fixo dos pacientes para poderem permanecer em meio bucal, pois alguns estudos preocuparam-se em simular o ambiente em que os elásticos permanecem, utilizando saliva artificial (STORIE et al., 1994; GENOVA, 1985; TALOUMIS; SMITH; HONDRUM, 1997; WONG, 1976; STEVENSON ; KUSY 1994), temperatura e outros. No entanto, é muito difícil reproduzir por completo as mudanças de temperatura, pH da saliva e as ações mecânicas sobre os elásticos devido às forças da mastigação.

Os valores citados neste trabalho sempre expressam o percentual de degradação apresentado para os períodos avaliados. Contudo, pode-se encontrar na literatura muitos trabalhos que apresentam a degradação com o percentual de força restante, comparado à força inicial, para os intervalos de tempo avaliados. Isso deve ser lembrado, uma vez que, no caso de um percentual de força restante, os valores tendem a diminuir, pois resta cada vez menos força. Quanto maior o tempo em que a cadeia elástica permanece estirada, a tendência é de que a força residual seja menor. Já nas descrições que mostram o percentual de força de degradação, os valores tendem a aumentar, pois quanto maior o tempo de estiramento do elástico em cadeia, maior a degradação.

A literatura apresenta estudos realizados a partir de diferentes metodologias, fornecendo resultados variados quando avalia o grau de degradação das forças liberadas por elásticos em cadeia. Isso dificulta a realização de comparações diretas dos resultados, que são derivados dos inúmeros fatores envolvidos nas alterações das características químicas e físicas dos materiais elastoméricos. Além disso, são escassos os trabalhos que avaliam o grau de degradação da força sofrida por

elásticos que permaneceram *in situ* durante o período do experimento. Trabalhos *in vitro* ou *in vivo* são os mais frequentes. Entretanto, os trabalhos *in vitro* apenas conseguem reproduzir alguns fatores que influenciam as degradações de força. Já nos trabalhos *in vivo*, as cadeias elásticas estão sujeitas a todas as variações que ocorrem no meio bucal; no entanto, o deslocamento dos dentes envolvidos pode influenciar para o aumento ou para a diminuição da degradação da força que ocorre nas cadeias elásticas.

Em geral, após uma perda substancial de força na primeira semana, esta se manteve relativamente constante, ou, pelo menos, com uma quantidade bem menor de degradação até a terceira semana, quando foi realizada a última medição.

A incapacidade do material elástico de retornar ao seu tamanho original após sofrer uma deformação substancial e ser liberado da tração que promoveu esta deformação é definida como deformação plástica ou permanente (ANDREASEN; BISHARA, 1970). O decréscimo na capacidade de liberação de força resulta dessa deformação permanente que ocorre quando as cadeias elásticas ficam distendidas por um período, e a quantidade de degradação de força é proporcional ao tempo em que ela permanece distendida, mas não de maneira direta. Nas primeiras 24 horas ocorre uma maior degradação de forças e, com o passar do tempo, há uma diminuição da tendência de degradação de forças.

Em um estudo realizado para avaliar a influência do pH da saliva na degradação de forças por ligaduras elásticas, a conclusão foi de que não era o pH que influenciava de forma significativa a degradação das forças geradas pelas ligaduras, mas sim, a marca comercial (LIMA, 2008). A ligadura da marca TP Orthodontics foi a que sofreu menor degradação de forças em relação à marca Morelli. No presente estudo, no entanto, a diferença entre os elásticos em cadeia da marca TP Orthodontics foi menor, mas não estatisticamente significativa em relação aos elásticos Morelli. Também é possível afirmar que a marca comercial influenciou mais no resultado do que o meio bucal, já que comportamentos diferentes de degradação de força foram observados nas medições de força geradas pelas cadeias elásticas, o que resultou em três grupos, cada um formado por duas marcas comerciais. O primeiro grupo, composto por TP Orthodontics e Morelli, é aquele que perdeu menos força nas três semanas em que permaneceu no meio bucal. O segundo grupo, composto por Orthosource e American Orthodontics, é intermediário e o terceiro, composto por Uniden e Dentsply GAC, é aquele em que a degradação

de força foi maior. Clinicamente, todos apresentavam força suficiente para realizar movimento ortodôntico.

O estudo de Andreasen e Bishara (1970) levou os autores a recomendarem o uso de uma força quatro vezes maior do que a desejada quando se quer aplicar elásticos em cadeia para compensar a degradação da força nas primeiras 24 horas. No entanto, o comportamento das cadeias elásticas pode variar muito conforme o fabricante, como mostrou o presente estudo, não justificando tal aumento. A força inicial deve ser determinada de acordo com a marca comercial utilizada.

O método de fabricação das cadeias elásticas está em constante evolução, e novos compostos químicos são adicionados para melhorar as propriedades das cadeias elásticas, como antioxidantes, peróxidos orgânicos, corantes, desumidificadores e lubrificantes (WONG, 1976; MORTON, 1995; SILVA, 2009). Mas a velocidade da evolução pode não ser igual para todos os fabricantes.

Ao avaliar métodos de desinfecção e esterilização com Anti-G Plus e Cidex, comparados a um grupo-controle, elásticos em cadeia de três marcas comerciais, em dois tipos de configuração (média e fechada), apresentaram diferença significativa da redução da liberação de força. No entanto, não mostraram valores numericamente expressivos, ou que contraindicassem os procedimentos de desinfecção ou esterilização, pois os elásticos ou estavam estirados, ou exercendo forças dentro de um meio líquido (MARTINS, 2006). O fato de permanecer estirado por um longo período, principalmente em meio líquido, ocasiona maior redução da liberação de força. Isto justifica a metodologia do presente trabalho, que foi realizado em meio úmido e com as cadeias elásticas estiradas para atingir a força de 150 gramas.

Deve-se evitar o estiramento excessivo dos elásticos, pois isso induz a um grau acentuado de degradação da força liberada por eles (LU et al., 1993). Nenhuma das marcas comerciais utilizadas na amostra atingiu estiramento maior do que 50% do seu comprimento inicial para alcançar a força de 150 gramas. Desta forma, foi respeitado o limite sugerido pelos autores mencionados, que recomendam um estiramento máximo de 70%, colaborando para uma melhor manutenção das propriedades.

Mesmo com as variações na intensidade das forças finais encontradas no presente estudo, em que a menor força foi de 65 gramas, todos os valores permaneceram dentro de níveis que promoveriam o movimento dental. Não é

recomendado ficar abaixo das 55 gramas de força em nenhum momento da ativação, a fim de que o movimento dentário não cesse, de acordo com Quin e Yoshikawa (1985), Proffit (1985), Reitan (1957) e Reitan e Ryghi (1994).

Em relação às médias de degradação no período de 24 horas, estes resultados não concordam com a maioria dos trabalhos publicados (ANDREASEN; BISHARA, 1970; MATTA, 1996; ASH; NIKOLAI, 1978), que verificaram maiores percentuais de degradação para o mesmo período. O mesmo aconteceu para os períodos de uma semana e três semanas. Embora as marcas comerciais e os métodos possam ser diferentes, os valores encontrados neste estudo foram menores do que os citados nos outros trabalhos.

Ao avaliar elásticos em cadeia da marca comercial American Orthodontics, tipo Plastic Chain, Lu et al. (1993) obtiveram valores de degradação de aproximadamente 54,7% nas primeiras 24 horas, 56,9% em uma semana e 64,4% em três semanas, quando estirados, após serem mantidos em água a uma temperatura de 37°C. Killiany e Duplessis (1985) também avaliaram elásticos da mesma marca que Lu et al. (1993) obtiveram resultados semelhantes. Os elásticos em cadeia da American Orthodontics avaliados neste estudo, mesmo não sendo os do tipo Plastic Chain, sofreram degradações bem menores, nas quantidades de 20,66% nas primeiras 24 horas, 24,66% na primeira semana e 31,83% na terceira semana (aproximadamente a metade dos valores encontrados nos estudos citados).

Em um trabalho sobre as propriedades dos materiais elastoméricos, Andreasen e Bishara (1970) avaliaram elásticos em cadeia do tipo K1 standard Alastiks, da Unitek, que apresentaram degradação de 39,6%, 48% e 58,7% nos mesmos intervalos avaliados neste estudo, respectivamente 24 horas, uma semana e três semanas. Quando estes elásticos apresentavam inicialmente 15 milímetros de comprimento e foram estirados 266% do seu tamanho inicial, sofreram degradação de 60% em 24 horas, 63,3% em uma semana e 67,2% em três semanas. Estes valores são superiores aos encontrados no presente trabalho, onde as amostras pertencem a categorias de elásticos mais recentes e onde houve estiramento menor do que os realizados por estes autores.

Com um estudo que avaliou a degradação das forças elásticas comparando efeitos do pré-estiramento, da acidez, da oxigenação e da temperatura, Stevenson e Kusy (1994) relataram que a elevação da temperatura pareceu ser a maior

responsável por influenciar a deterioração das propriedades mecânicas dos elastômeros.

Os testes de força foram realizados no período de 10 dias para um grupo, e de 100 dias para o outro grupo. A partir das comparações, observaram que os grupos-controle apresentaram degradação das forças elásticas, mas ela foi menor do que nos grupos que sofreram os efeitos dos tratamentos realizados. Constataram também que, no grupo-controle, as quantidades de degradação de força foram mais aproximadas, pois nos grupos que sofreram os tratamentos, as diferenças entre as médias de degradação de forças foram bem maiores, mostrando que os elásticos em cadeia responderam de forma diferente aos tratamentos realizados. Esses relatos concordam com a necessidade de realização de estudos *in situ*, pois as cadeias elásticas respondem de forma distinta aos tratamentos recebidos, e a variedade de estímulos diferentes que recebem no meio bucal é muito difícil de ser reproduzida.

A comparação entre a degradação de forças *in vitro* e *in vivo* (ELIADES; ELIADES; WATTS, 1999) foi feita para avaliar as diferenças entre os meios. Os efeitos do meio bucal que as amostras sofreram em comparação às amostras *in vitro* estudadas não foram tão negativos, uma vez que o biofilme e os íons presentes na saliva alteram o processo de degradação das moléculas das cadeias elastoméricas. Estes dados podem justificar os resultados encontrados no presente trabalho, onde, na média, a degradação das forças das cadeias elásticas ocorreu em escala menor que os valores encontrados na literatura que realizou estudos *in vitro* (ANDREASEN; BISHARA, 1970; GENOVA, 1985; TALOUMIS; SMITH; HONDRUM, 1997; WONG, 1976). O estudo citado também relata que as reações de degradação das cadeias elásticas podem estar mais relacionadas ao meio onde se encontram do que ao grau de extensão do módulo (ELIADES; ELIADES; WATTS, 1999).

As propriedades mecânicas dos elastômeros são potencialmente influenciadas pelo grau e pela duração da carga, assim como pelo meio em que se encontram (STEVENSON; KUSY, 1994). De acordo com os dados avaliados no presente estudo, a fim de que a força permanecesse em quantidade suficiente para o deslocamento dentário, acima de 55 gramas, para um dente como o canino, as cadeias elásticas das marcas avaliadas permitem o retorno do paciente com um intervalo de três semanas entre as consultas. É muito importante, porém, que o armazenamento destes materiais seja adequado, para que suas propriedades sejam

conservadas enquanto não são utilizados (ALEXANDRE, 2008). Além disso, o prazo de validade precisa ser sempre observado e a manipulação deve ser realizada de forma adequada. Mas o crucial é utilizar um medidor de força de precisão para determinar a força inicial a ser utilizada.

O fator principal que diferencia o meio bucal é a presença de sua complexa flora, assim como o acúmulo de biofilme no material. Isto não pode ser simulado nas pesquisas *in vitro*. A significância deste parâmetro tem sido comprovada na literatura, e foi capaz de provocar importantes alterações nas propriedades estruturais e superficiais de uma série de materiais expostos ao meio bucal (ELIADES, 1999).

As cadeias elásticas sofrem influência do meio bucal, devido a mudanças na temperatura, à ação mecânica dos alimentos na mastigação, à escovação, a alterações no pH e à presença de enzimas da saliva (STORIE et al., 1994). Por isso, exibem uma rápida degradação das forças já nas primeiras 24 horas, podendo variar de 5,5% a 37,66% nas avaliações realizadas neste estudo, e até em quantidades maiores segundo outros autores (ANDREASEN; BISHARA, 1970; MATTA, 1996; ASH; NIKOLAI; 1978).

Alguns produtos conservaram uma porcentagem maior das forças do que outros, mas as cadeias elásticas TP Orthodontics mantiveram uma maior porcentagem de forças em todas as etapas quando comparadas às demais marcas. Outros trabalhos que compararam várias marcas comerciais também encontraram na marca TP Orthodontics um valor menor de degradação de forças (JOSELL; LEISS; REKOW, 1997; SILVA et al., 2009). Os elásticos das marcas Dentsply GAC e Uniden foram os que sofreram maior degradação de força no final do experimento, alcançando o valor de 47,33% de média de perda da força.

## 7 CONCLUSÃO

O presente estudo permite concluir que:

- As cadeias elásticas exibem uma rápida degradação das forças já nas primeiras 24 horas;
- Após as primeiras 24 horas, o processo de degradação da força começa a diminuir, mas continua ocorrendo;
- As cadeias elásticas da marca TP Orthodontics demonstraram a menor média de porcentagem de degradação de força nos períodos avaliados, seguidas pelas cadeias elásticas da marca Morelli;
- As cadeias elásticas da marca Uniden e Dentsply GAC foram as que sofreram maior porcentagem de degradação de forças nos três períodos avaliados.

## REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, L. P. et al. Avaliação das propriedades mecânicas dos elásticos e cadeias elastoméricas em ortodontia. **Revista Odontologia**, São Bernardo do Campo, n. 16, p. 53-63, jul./dez. 2008.

ANDREASEN, G. F.; BISHARA, S. Comparison of allastik chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces. **American Journal of Orthodontics**, Saint Louis, v. 40, n. 3, p. 151-159, jul. 1970.

ARAÚJO, F. B. C.; URSI, W. Estudo da degradação da força gerada por elásticos ortodônticos sintéticos. **Revista Dental Press de Ortodontia Ortopedia Facial**, Maringá, v. 11, n. 6, p. 52-61 nov./dez. 2006.

ASH, J. L.; NIKOLAI, R. J. Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Dental Research**. Baltimore, v. 56, n. 5-6, p. 685-690, maio/jul. 1978.

BARON, M. A. Presectioning elastomerics to avoid cross-contamination. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v. 224, n. 12, p. 746, dez. 1990.

BATY, D. L.; STORIE, D. J.; FRAUNHOFER, J.A. Synthetic elastomeric chains: a literature review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Saint Louis, v. 105, n. 6, p. 536-542, jun. 1994.

BATY, D. L.; VOLZ, J. E.; FRAUNHOFER, J. A. Force delivery properties of colored elastomeric modules. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. Saint Louis, v. 6, n. 1, p. 40-46, jul. 1994.

BILLMEYER, F. N. J. **Textbook of polymer science**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1980. 578p.

BISHARA, S.E In: \_\_\_\_\_. **Ortodontia**. São Paulo: Ed. Santos, 2004. p. 208-231.

BOESTER, C. H.; JOHNSON, L. E. A clinical investigation of the concepts o differential and optimal force in canine retraction. **The Angle Orthodontist**. Appleton, v. 44, n. 2, p. 113-119, abr. 1974.

BURSTONE, C. J. Aplicação da bioengenharia na ortodontia clínica. In: GRABER, T. M. **Ortodontia princípios e técnicas atuais**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994. p. 213-242.

ELIADES, T., ELIADES G., WATTS, D. C. Structural conformation *in vitro* and *in vivo* aged orthodontic elastomeric modules. **European Journal of Orthodontics**, v. 21, n. 6, p. 649-658, jun. 1999.

FERREIRA, F. V. **Ortodontia: diagnóstico e planejamento clínico**. 6 ed. São Paulo: Artes Médicas, 2004. 553 p.

FERREIRA NETO, J. J.; CAETANO, M. T. O. A degradação da força de segmentos de elásticos em cadeia de diferentes tamanhos. **Jornal Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 9, n. 51, p. 225-233, set. 2004.

FERRITER, J. P.; MEYER, C. E.; LORTON, L. The effect of hydrogen ion concentration on the force-degradation rate of orthodontic polyurethane chain elastics. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. Saint Louis, v. 8, n. 5, p. 404-410, nov. 1990.

FRAUNHOFER, J. A.; COFFEL, M. T. P.; ORBELL, G. M. The effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. **The Angle orthodontist**., Appleton, v. 62, n. 4, p. 265-274, out./dez, 1992.

GENOVA, D. C. et al. Force degradation of orthodontic elastomeric chains – a product comparison study. **American Journal of Orthodontics**, Saint Louis, v. 87, n. 5, p. 377-384, maio 1985.

GIOLLO, L. D. **Retração de caninos superiores com dois tipos de elásticos em cadeia**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

HERSHEY, H. G.; REYNOLDS, W. G. The plastic module as an orthodontic tooth-moving mechanism. **American Journal of Orthodontics**, Saint Louis, v. 67, p. 554-562, maio 1975.

HUGET, E. F.; PATRIK, K. S.; NUNEZ, L. J. Observations on the elastic behavior of synthetic orthodontic elastomer. **Journal of Dental Research**, v. 69, n. 2, p. 496-501, fev. 1990.

JEFFRIES, C. L.; FRAUNHOFER, J. A. The effects of 2% alkaline gluteraldehyde solution on the elastic properties of elastomeric chain. **The Angle Orthodontist**, Appleton, n. 1, p. 25-30, jan./mar. 1991.

JOSELL, S. D.; LEISS, J. D.; REKOW, D. Force degradation in Elastomeric Chain. **Seminars in Orthodontics**, Birmingham, v. 3, n. 3, p. 189-197, set. 1997.

KAPILA, S. Commentary: Characteristics of elastomeric chains. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v. 64, n. 6, p. 465-466, jun., 1994.

KILLIANY, D. M.; DUPLESSIS, J. Relaxation of elastomeric chains. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v. 19, n. 8, p. 592-593, ago. 1985.

LIMA, T. Influência do pH salivar nas forças geradas por ligaduras elásticas, **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, Maringá, v. 7, n. 4, p. 144-152, ago./set. 2008.

LORIATO, L.; MACHADO, A. W.; PACHECO, W.; Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em ortodontia. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, Maringá, v. 5, n. 1, fev./mar. 2006.

LU, C. T. et al. Force decay of elastomeric chain-A serial study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**., Saint Louis, v. 104, n. 4, p. 373-377, out. 1993.

MARTINS, M. M. et al. Estudo comparativo entre as diferentes cores de ligaduras elásticas. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, Maringá, v. 11, n. 4, p. 81-90, jul./ago. 2006.

MATTA, E. N. R. **Avaliação laboratorial da deformação plástica e da capacidade de liberação de força por elásticos plásticos**. 1996. 86 p. Dissertação (Mestrado em Odontologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MATTA, E. N. R.; CHEVITARESE, O. Avaliação laboratorial da força liberada por elásticos plásticos. **Revista da SBO**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 131-136, ago. 1997.

\_\_\_\_\_. Deformação plástica de elásticos ortodônticos em cadeia: estudo *in vitro*. **Revista da SBO**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 5, p.188-92, 1998.

MORTON, M. **Rubber Technology**. 3 ed. Londres: Chapman & Hall, 1995. 638 p.

MOYERS, R. E. **Ortodontia**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 483p.

NATTRASS, C.; IRELAND, A. J.; SHERRIFF, M. The effect o environmental factors on elastomeric chain and nickel titanium coil springs. **European Journal of Orthodontics.**, v. 20, n. 2, p. 169-176, abr. 1998.

PINTO, P. R. O. **Retração de caninos superiores com molas fechadas de níquel-titânio e elásticos em cadeia**. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PROFFIT, W. R. **Ortodontia Contemporânea**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 596 p.

QUIN, R.S.; YOSHIKAWA, D. K. A reassessment of force magnitude in orthodontics. **American Journal of Orthodontics**, Saint Louis, v. 88, n. 3, p. 252-260, set. 1985.

REITAN, K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. **American Journal of Orthodontics**, Saint Louis, v. 43, n. 10, p. 32-45, dez. 1957.

\_\_\_\_\_. Clinical and histologic observation on tooth movement during and after orthodontic treatment. **American Journal of Orthodontics**, Saint. Louis, v. 53, n. 10, p. 721-745, out. 1967.

SCHWARZ, A. M. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. **International Journal of Orthodontics.**, Oppenheim, v. 18, n. 4, p.331-352, 1932.

SILVA, D.; KOCHEMBORGER, C.; MARCHIORO, E. Degradação de forças em correntes elásticas ortodônticas. **Revista Odonto Ciência**, Porto Alegre, v. 24, n. 3, p. 274-278, nov. 2009.

SMITH, R.; STOREY, E. The importance of force in orthodontics: the design of cuspid retraction springs. **Australian Dental Journal**, Sidney v. 56, n. 6, p. 291-304, jun. 1952.

SONIS, A. L. Comparison of NiTi coil springs vs. elastics in canine retraction. **Journal of Clinical Orthodontics**, v. 28, n. 5, p. 293-295, maio 1994.

SONIS, A.L.; VAN DER PLAS, E.; GIANELLY, A. A comparison of elastomeric auxiliaries versus elastic thread on premolar extraction site closure: an in vivo study. **American Journal of Orthodontics**, Saint Louis, v. 89, n. 1, p. 73-78, jan. 1986.

STEVENSON, J. S.; KUSY, R. P. Force application and decay characteristics of untreated and treated polyurethane elastomeric chains. **The Angle Orthodontist**. Appleton, v. 64, n. 6, p 455-467, jun. 1994.

STORIE, D. J.; REGENNITTER, F.; FRAUNHOFER, J. A. Characteristics of a fluoride-releasing elastomeric chain. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v. 64, n. 3, p. 199-209, jun. 1994.

TALOUMIS, J. L. et al. Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. **American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics**, Saint Louis, v. 1, n. 1, p. 1-11, jan. 1997.

THIESEN, G.; REGO, M. V. N. N.; SHIMIZU. R. H. Maximizando o controle de ancoragem durante o Fechamento ortodôntico de espaços. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, Maringá, v. 4, n. 2, p. 67-74, abr./maio 2005.

WONG, A. K. Orthodontic elastic materials. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v. 46, n. 2, p. 196-205, abr. 1976.

ZEUSAN TRADING. **Como interpretar a marcação do dinamômetro?**. Campinas, 2009. Disponível em:  
<[http://www.exporting.com.br/port/mostra\\_informativo.php?id=50](http://www.exporting.com.br/port/mostra_informativo.php?id=50)>. Acesso em: 24 set. 2009.

**APÊNDICE A – Termo de consentimento esclarecido**

<b>TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>	
<b>Dados da paciente:</b>	
<b>Nome:</b>	
<b>Identidade:</b>	
<b>Gênero:</b>	
<b>Data de nascimento:</b>	
<b>Endereço (rua, nº):</b>	
<b>Cidade:</b>	
<b>UF:</b>	
<b>CEP:</b>	
<b>Telefones:</b>	
<b>Dados do pesquisador associado:</b>	
<b>Nome:</b>	Álvaro Antônio de Freitas Arteche
<b>CRO/RS:</b>	9024
<b>Instituição:</b>	Faculdade de Odontologia – PUCRS
<b>Cargo/ Função:</b>	Aluno do curso de Mestrado em Ortodontia e Ortopedia Facial
<b>Dados do pesquisador responsável:</b>	
<b>Nome:</b>	Ernani Menezes Marchioro
<b>CRO/RS:</b>	3540
<b>Instituição:</b>	Faculdade de Odontologia – PUCRS
<b>Cargo/ Função:</b>	Professor Doutor do curso de Mestrado em Ortodontia e Ortopedia Facial

## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

### **Título**

Degradação das forças geradas por cadeias elásticas.

### **Justificativas e Objetivos**

Este estudo tem com objetivo avaliar, em meio bucal, a degradação das forças das cadeias elásticas. Após a colocação de uma cadeia elástica com 150 gramas de força, serão feitas três medições em etapas diferentes: um dia, uma semana e três semanas depois.

Com esta pesquisa, esperamos compreender melhor com que intensidade e em que proporção ocorre a degradação destas forças. O estudo vai medir os dados de vinte amostras de cada cadeia elástica.

### **Etapas da pesquisa**

Pacientes que estão em tratamento ortodôntico no consultório particular do autor serão convidados a fazer parte da amostra, seguindo os critérios de inclusão pré-estabelecidos. Será colocado um dispositivo no aparelho fixo do paciente que permitirá a colocação de cadeias elásticas, sem interferir no tratamento ortodôntico. Esses dispositivos são ganchos normalmente usados em ortodontia e que podem ser usados em funções diferentes, mas que neste caso serão colocados somente para a pesquisa. As cadeias elásticas serão colocadas nos dispositivos com a força de 150 gramas. Os períodos em que as forças serão medidas ocorrerão no momento da colocação, um dia, uma semana e três semanas depois da colocação das cadeias elásticas nos dispositivos presos ao aparelho fixo. Para fazer a medição será usado um aparelho chamado de dinamômetro, que é de uso específico para a medição de forças dentro da ortodontia.

## **Participação voluntária**

A sua participação nesta pesquisa será inteiramente voluntária. Você poderá se recusar a participar desta pesquisa ou poderá desistir a qualquer momento, sem qualquer alteração em seu tratamento. Também não precisa justificar o motivo caso não queira participar ou, depois de iniciar a pesquisa, queira desistir.

Fica registrado que este estudo é apenas observacional, ou seja, somente o acompanhamento da degradação das forças geradas pelas cadeias elásticas por meio das medições com o dinamômetro.

## **Duração da pesquisa**

O período compreendido para a presente pesquisa será de aproximadamente 9 semanas. Durante estas semanas, poderemos colher as informações relativas ao estudo em três diferentes momentos para todas as cadeias elásticas em seqüência.

## **Confidencialidade**

As informações a respeito dessa pesquisa serão publicadas em periódico científico (revistas na área odontológica). Com resultados envolvendo medidas e números (médias, desvios-padrão, etc.) preservando o direito à confidencialidade.

## **Assinaturas**

Se você leu e entendeu todas as informações contidas nesse termo e teve tempo para pensar sobre o assunto, se todas as suas dúvidas foram respondidas a contento, se você concordou voluntariamente em participar desta pesquisa seguindo as orientações e procedimentos da mesma e se você compreendeu que poderá interromper sua participação no estudo a qualquer momento, por favor, assine este Termo de Consentimento, uma cópia do qual permanecerá com você.

Eu, \_\_\_\_\_ (paciente ou responsável) autorizo meu ingresso como voluntário da pesquisa científica intitulada “Degradação das forças geradas por cadeias elásticas”, desenvolvida como dissertação de mestrado pelo discente Álvaro Antônio de Freitas Arteché (Cirurgião-

Dentista, Especialista em Ortodontia e Ortopedia Facial) sob orientação do Prof. Dr. Ernani Menezes Marchioro (Cirurgião-Dentista, Especialista, Mestre e Doutor em Ortodontia e Ortopedia Facial) e cujos exames constituintes da amostra serão realizados pelo Dr. Alvaro Antonio de Freitas Arteché (Autor).

Declaro ter sido convenientemente esclarecido(a) de que esta pesquisa é de caráter meramente observacional, não sendo conduzidos experimentos de qualquer natureza.

Telefones para contato para esclarecimentos com os responsáveis pelo estudo:

Autor – Álvaro Antônio de Freitas Arteché: (51) 8444-8959 ou (51) 3222-7513

Orientador – Dr. Ernani Menezes Marchioro: (51) 3342-8072

Caso o participante não se sinta confortável em contatar os pesquisadores, poderá entrar em contato com a CEP (Comissão de ética em pesquisa) da PUC-RS, pelo telefone: (51) 3320-3500

Data: \_\_\_\_\_

Assinatura da paciente ou responsável

Data: \_\_\_\_\_

Assinatura do responsável pela pesquisa

### APÊNDICE B – Ficha de anamnese

<b>Ficha de anamnese</b>		
<b>Dados do paciente:</b>		
<b>Nome:</b>		
<b>Gênero:</b>	Masculino ( )	Feminino ( )
<b>Data de nascimento:</b>	____/____/____	
Marque a opção conforme as questões a seguir:		
<b>Fumante?</b>	Sim ( )	Não ( )
<b>Faz uso de enxaguatório bucal?</b>	Sim ( )	Não ( )
<b>Diabético?</b>	Sim ( )	Não ( )
<b>Gestante?</b>	Sim ( )	Não ( )
<b>Toma chimarrão?</b>	Sim ( )	Não ( )
<b>Doenças sistêmicas?</b>	Sim ( )	Não ( )
<b>Faz uso de medicação regularmente?</b>	Sim ( )	Não ( )
<b>Observações:</b>		

## ANEXOS



OF.CEP-252/10

Porto Alegre, 05 de março de 2010.

Senhor Pesquisador,

O Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS apreciou e aprovou seu protocolo de pesquisa registro CEP 09/04904 intitulado "**Degradação de forças geradas por cadeias elásticas**".

Salientamos que seu estudo pode ser iniciado a partir desta data.

Os relatórios parciais e final deverão ser encaminhados a este CEP.

Atenciosamente,

Profa. Dr. Virginia Minghelli Schmitt  
Coordenadora Substituta do CEP-PUCRS

Ilmo. Sr.  
Prof. Ernani Menezes Marchioro  
FO  
Nesta Universidade

PUC

**Campus Central**

Av. Ipiranga, 6690 - 3º andar - CEP: 90610-000

Sala 314 - Fone Fax: (51) 3320-3345

E-mail: [cep@pucrs.br](mailto:cep@pucrs.br)

[www.pucrs.br/prppg/cep](http://www.pucrs.br/prppg/cep)



## LABORATÓRIO DE METROLOGIA

## Certificado de Calibração

Nº9156

Data de calibração : 05/11/2009

Data de emissão : 05/11/2009

Cliente: Dr. Álvaro

**Características do objeto:**

Nome:	Dinamômetro	Protocolo:	1215/09
Fabricante:	ZEUSAN	N.: de série:	2028360
Modelo:	-	TAG:	DNL-01
Escala:	0 - 300g		

**Procedimento(s) de Calibração Utilizado(s):**

- Procedimento de calibração NC-1108 1ª Edição

**Método(s) utilizado(s):**

- Comparação direta com o padrão

**Condições Ambientais:** Temperatura: 20±2°C  
Umidade relativa: 55% ± 10%

**Padrão(ões) Utilizado(s):**

- Pesos Padrão com 21 peças KN Waagen-Certificado Calibração Cetemp 1230/09 Vál. Até 03/2011.

*Obs: Padrões rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.*

**Observação:**

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento sob teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e as incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padrão combinada multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados nas tabelas, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.
- Os resultados deste certificado referen-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- O certificado de calibração não deve ser parcialmente reproduzido sem prévia autorização.

Rodrigo Caetano

Signalário Autorizado

Avenida Brasil nº1660/01, bairro São Geraldo – CEP 94150-000 - Gravataí RS – Brasil

Telefone: (51) 34320035 - (51) 92251735 - Site: [www.lanametrologia.com.br](http://www.lanametrologia.com.br)