



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA INTEGRADA

DIOGO MARQUES SAPATA

**Avaliação do acúmulo de biofilme e da força de desativação de
arcos de Níquel-Titânio antes e após exposição em meio bucal**

Maringá
2015

DIOGO MARQUES SAPATA

Avaliação do acúmulo de biofilme e da força de desativação de arcos de Níquel-Titânio antes e após exposição em meio bucal

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Renata Corrêa Pascotto
Co-orientador: Prof. Dr. Adilson Luiz Ramos

Maringá
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S241a Sapata, Diogo Marques.
Avaliação do acúmulo de biofilme e da força de desativação de arcos de Niquel-titânio antes e após exposição em meio bucal / Diogo Marques Sapata. -- Maringá, 2013.
25 f. : il.; color.; tabs.

Orientador: Profa. Dra. Renata Corrêa Pascotto.
Coorientador: Prof. Dr. Adilson Luiz Ramos.

Dissertação (Mestrado em Odontologia Integrada) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências da Saúde. Departamento Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada.

1. Ortodontia. 2. Arcos de NiTi. 3. Arcos facial ortodônticos. 4. Propriedades de superfície. I. Pascotto, Renata Corrêa, orient. II. Ramos, Adilson Luiz, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Odontologia. Programa de Pós-graduação em Odontologia Integrada. IV. Título.

617.6 CDD 21.ed.

DIOGO MARQUES SAPATA

Avaliação do acúmulo de biofilme e da força de desativação de arcos de Niquel-Titânio antes e após exposição em meio bucal

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Aprovado em: 16 de Novembro de 2015

Comissão examinadora

Prof. Dr. Renata Corrêa Pascotto (orientadora)

Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Odontologia

Prof. Dr. Sérgio Sábio

Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Odontologia

Prof. Dr. Antônio David Corrêa Normando

Universidade Federal do Pará - Curso de Odontologia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo concedido à mim, através da qual fui capaz de alcançar e realizar este sonho.

A minha família, por todo o amor, apoio e compreensão ao longo desses anos. Não posso descrever o quão maravilhoso Deus foi para comigo colocando vocês em minha vida, e por poder ter compartilhado com vocês cada momento desta conquista.

A Universidade Estadual de Maringá, por me permitir realizar essa etapa de minha vida. A coordenação do PGO, professores e funcionários que participaram na minha formação.

Aos Professores **Dra. Renata Corrêa Pascotto** e **Dr. Adilson Luiz Ramos** pela oportunidade de ser seu orientado e coorientado, respectivamente, e por todo o aprendizado. Muito obrigado pela dedicação e por estarem sempre disponíveis para ajudar. Foi uma grande honra trabalhar com os senhores.

Os professores **Dr. Sérgio Sábio** que tanto me ajudou nos testes e **Dr. Antônio David Corrêa Normando**, agradeço por aceitarem o convite para participarem deste importante momento em minha vida e contribuírem para o meu futuro profissional.

E finalmente a CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante o curso de mestrado.

Avaliação do acúmulo de biofilme e da força de desativação de arcos de Níquel-Titânio antes e após exposição em meio bucal

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o acúmulo de biofilme e a força de desativação dos arcos de Níquel-Titânio (NiTi) numa situação de simulação da mecânica ortodôntica *in vitro* antes e depois da exposição em meio bucal. Foram utilizadas quatro marcas de arcos ortodônticos de NiTi 0,016", pré-contornados do arco superior e do inferior. Os arcos foram divididos em quatro grupos, com seis amostras cada um: Grupo 1: Superelástico NiTi (Morelli, Sorocaba Brasil), Grupo 2: Flexy NiTi - Super Elastic (Orthometric, Brasil), Grupo 3: Sentalloy (GAC International, EUA), Grupo 4: Copper optimal-force Ni-Ti (Ormco Corp., EUA). A partir de cada extremidade, os arcos foram seccionados com comprimento de 30 mm. Para simular a mecânica ortodôntica *in vitro* estes segmentos de fio foram adaptados a um dispositivo com quatro braquetes de aço inoxidável, autoligados para incisivos inferiores (Morelli, Brasil), com prescrição Roth, canaleta com 0.022", de incisivos inferiores com torque de 1°, angulação de 0° e rotação de 0°. O dispositivo foi levado a máquina de ensaio universal (EMIC) para avaliar a força de desativação dos arcos (deflexão - teste de 3 pontos). Cinco milímetros da porção mais curva do fio foi levada ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) para avaliação do biofilme. Novos arcos foram utilizados *in vivo* na terapia ortodôntica, durante 4 semanas e, logo após a sua remoção, foram seccionados e submetidos aos mesmos testes realizados anteriormente, tanto para a força de desativação quanto para a avaliação do biofilme. As comparações quanto à análise do biofilme foram realizadas mediante o teste de Mann-Whitney e pelo teste de concordância Kappa ponderada quanto a pontuação dos avaliadores. Foi aplicado o teste ANOVA para medidas repetidas, a três critérios - marca do fio, deflexão e exposição em meio bucal, post-hoc de Bonferroni, ANOVA a um fator para comparação intergrupos, teste t student para comparação intragrupos, ambos com post-hoc de Tukey e regressão linear para correlacionar biofilme e força de desativação. Os arcos apresentaram diferenças estatisticamente significantes quanto a força de desativação nos dois tempos do estudo e em todos os níveis testados. A exposição em meio bucal promoveu o acúmulo de quantidade moderada a severa de detritos na superfície de todos os arcos e a redução da força de desativação dos arcos das marcas Ormco e GAC, mantendo-se em níveis adequados para a mecânica ortodôntica. Os arcos Morelli e Orthometric não sofreram redução significativa da força de desativação, mantendo um nível elevado de força, mesmo após a exposição em meio bucal.

Palavra-chave: arcos ortodônticos, Propriedades de Superfície, arcos de NiTi, Superelasticidade.

Debris evaluation and Nickel-Titanium wires deactivation strength before and after exposure in the oral environment

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the debris buildup and disabling force of Nickel-Titanium wires (NiTi) in a simulation situation of orthodontic mechanics *in vitro* before and after exposure in the oral environment. Were used four orthodontic archwires manufacturer of pre-contoured NiTi lower and upper arch that have cross-sectional dimensions of 0.016 ". The wires were divided into four groups with six samples each: Group 1: Superelastic NiTi - (Morelli, Sorocaba Brazil), Group 2: Flexy NiTi - Super Elastic (Orthometric, Brazil), Group 3: Sentalloy (GAC International, USA) Group 4: Copper optimal Force NiTi (Ormco Corp., USA). From each end, the wires were cut with a length of 30 mm . In order to simulate the mechanical orthodontic *in vitro* , the segments were adapted to a four stainless steel brackets: self-ligated to lower incisors (Morelli, Brazil), the Roth prescription channel with 0.022 " , lower incisors with a torque of 1 °, 0 ° angulation and rotation of 0 ° tThe device was taken universal testing machine (EMIC) to assess the disabling force of the wire (deflection - test 3 points). Five millimeters the most curved portion of the wire was taken to the Scanning Electron Microscope (SEM) to evaluate the surface. New wires were used *in vivo* in orthodontic therapy for 4 weeks, and immediately after removal, were sectioned and subjected to the same tests previously performed, both for disabling force and to the evaluation of the surface. The surface comparisons were performed using the Mann-Whitney U test and the weighted Kappa test for the scores of evaluators. ANOVA test was used for repeated measures, three criteria - brand wire, deflection and aging in the oral environment and pos-hoc Bonferroni, ANOVA one factor for comparison between groups, and student t test for intragroup comparison, both with post-hoc Tukey and linear regression to correlate biofilm and deactivation forces. The wires were statistically different as disabling force in two stages of the study and at all levels tested. Aging in the oral environment promoted the moderate amount of accumulation severe debris on the surface of the wires and reducing the marks of wires disabling force Ormco and GAC after exposure to saliva *in vivo*. Morelli and Orthometric brands did not show significant decrease in their deactivation forces, keeping high level of forces even after exposure.

Keyword: Orthodontic wire, Surface Property, NiTi Wires, Superelasticity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Características dos arcos ortodônticos utilizados no estudo e sua distribuição nos grupos experimentais	12
Figura 1 - Esquema do dispositivo para o teste de 3 pontos com adaptação utilizando os braquetes	13
Figura 2 - Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (SS-550 Superscan, Shimadzu Biotech,Japan). Fonte: Arquivo Pessoal	14
Figura 3 - Máquina de Ensaio Universal (EMIC) mais estufa (Biopar) para o teste de três.....	15
Figura 4-11 - Imagens mediante MEV para as amostras das 4 marcas.....	17
Gráfico 1 - Apresentação gráfica da força gerada na desativação das 4 marcas de arcos de NiTi, antes da exposição, a partir do teste de 3 pontos.....	19
Gráfico 2 - Apresentação gráfica da força gerada na desativação das 4 marcas de arcos de NiTi, após a exposição, a partir do teste de 3 pontos.....	19
Gráfico 3 -Box-plot. Comparação das médias pré e pós exposição da força gerada na desativação das 4 marcas de arcos de NiTi, a partir do teste de 3 pontos.....	20
Gráfico 4 - Comparação do pré e pós exposição da força gerada na desativação dos arcos de NiTi, a partir do teste de 3 pontos.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise descritiva quanto a proporção dos escores atribuídos pelos avaliadores para as quatro diferentes marcas comerciais, antes e após a exposição em saliva18

Tabela 2 - Médias e desvios-padrões das amostras de fio das quatro marcas para o teste de 3 pontos antes e depois da exposição em meio bucal, mediante teste ANOVA a um critério, teste t student independente e post-hoc Tukey.....21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Análise de microscopia eletrônica de varredura para característica superficial.....	13
3.2 Análise de três pontos para avaliação da força de desativação.....	14
3.3 Exposição na salival.....	15
3.4 Análise estatística.....	16
4. RESULTADOS.....	16
5. DISCUSSÃO.....	22
6. CONCLUSÃO.....	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
8. ANEXOS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Muitas são as formas de tratamento das má-oclusões e muitos são os fornecedores de materiais disponíveis para o ortodontista, o que gera dúvidas quanto à efetividade dos mesmos. O comportamento superficial das ligas dos arcos ortodônticos e de suas forças de desativação podem indicar seus comportamentos em situações clínicas. A superelasticidade e a memória de forma do fio de Níquel-Titânio (NiTi) promovem uma baixa liberação de força, fornecendo eficiência com patamares fisiológicos ao início do tratamento ortodôntico, durante o alinhamento e nivelamento.^{1,2,3}

Algumas características da liga como a força de desativação e a rugosidade a superfície alteram o comportamento dos arcos. Estes atributos desempenham um papel importante no tratamento ortodôntico, especialmente porque o deslizamento adequado do fio na canaleta do braquete bem como sua deflexão têm influência na dinâmica da movimentação ortodôntica. A avaliação das características mecânicas e superficiais dos arcos de NiTi expostos à saliva *in vivo* ainda carece de estudos que consolidem a sua utilização na clínica ortodôntica.

Alguns estudos avaliaram a superfície dos arcos ortodônticos e suas propriedades mecânicas e físicas, com o propósito de compreender o seu comportamento durante o tratamento.⁴⁻¹³ Outros trabalhos relataram a resistência mecânica (deflexão) e características de superfície dos arcos de NiTi antes e após a sua exposição em meio bucal, avaliando a interferência das características superficiais do fio quanto a sua força de desativação.^{14,15} Além disso, embora muitos trabalhos avaliem as propriedades dos arcos em laboratório usando modelos de simulação da movimentação ortodôntica, esses resultados nem sempre correspondem ao comportamento obtido durante a movimentação na clínica em função da presença do biofilme que podem afetar a força de desativação dos arcos com os braquetes e conseqüentemente a efetividade da movimentação durante o tratamento ortodôntico.^{16,17}

A avaliação das características do biofilme do fio pode fornecer dados também quanto à biocompatibilidade dos arcos ortodônticos⁶, bem como sua característica pode modificar consideravelmente a estética, corrosão e eficiência de componentes ortodônticos.⁴

A rugosidade presente na superfície do fio pode interferir com o correto deslizamento do mesmo na canaleta do braquete.^{13,18-21} Conseqüentemente, as forças de atrito podem diminuir a força da mecânica ortodôntica de 50 por cento ou mais.²²

Assim torna-se oportuno conhecer melhor o comportamento mecânico e superficial dos arcos de NiTi em situações que simulem a movimentação ortodôntica *in vitro* antes e após a exposição em meio bucal.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar a característica de superfície e a força de desativação de diferentes arcos de Níquel-Titânio antes e depois da exposição em meio bucal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

arcos ortodônticos de NiTi pré-contornados .016", de 4 fabricantes, foram divididos em quatro grupos (quadro 1), com 6 amostras cada (de lotes não equivalentes entre arcadas, 3 arcos de um mesmo lote para a arcada superior e 3 arcos de outro lote para a arcada inferior), e utilizados para os testes *in vitro* antes da exposição em meio bucal.

Mais 6 arcos de cada fabricante, seguindo as mesmas configurações de lotes do grupo controle, foram distribuídos aleatoriamente, para serem utilizados em 12 voluntários (6 homens e 6 mulheres) em tratamento ortodôntico. Os arcos foram posicionados no arco superior ou inferior e permaneceram na boca dos voluntários por 4 semanas.

Quadro 1 - Características dos arcos ortodônticos utilizados no estudo e sua distribuição nos grupos experimentais

Grupos	Marcas	Calibre	n pré exposição ao meio bucal	n após exposição ao meio bucal
GRUPO I	Arco ortodôntico Intra-oral Superelástico NiTi - Redondo (Morelli, Sorocaba, Brasil),	0,016"	n=6	n=6
GRUPO II	Flexy NiTi - Super Elastic (Orthometric, Marília, Brasil)	0,016"	n=6	n=6
GRUPO III	Fio Nitinol (GAC International, Bohemia, EUA),	0,016"	n=6	n=6
GRUPO IV	Damon optimal force Copper Ni-Ti (Ormco Corp., Glendora, EUA).	0,016"	n=6	n=6

Todos os ensaios e preparação de amostras foram realizados pelo mesmo operador.

Inicialmente foi avaliada a presença de biofilme na superfície dos arcos, sem exposição ao meio bucal. Para isso, 5mm da porção mais curva de cada arco foi seccionada, para avaliação no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (SS-550 Superscan, Shimadzu Biotech, Japan).

Posteriormente, seguindo a norma ISO 15.841, os arcos foram adaptados a um dispositivo contendo quatro braquetes autoligados de aço inoxidável de incisivos inferiores (Morelli, São Paulo, Brasil), na prescrição Roth, canaleta com 0.22", de incisivos inferiores com torque de 0°, angulação de 0° para então ser realizado o teste de três pontos. O teste aconteceu na máquina de ensaios universal (EMIC ® DL 1000, São José dos Pinhais, PR, Brasil) com amostras de arcos medindo 30mm e antes da exposição dos arcos em meio bucal.

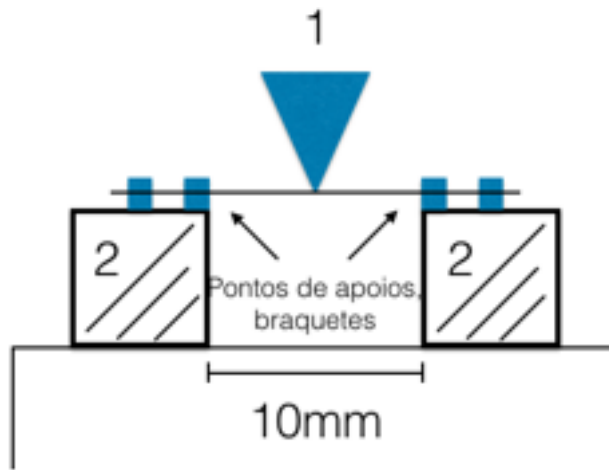


Figura 1. Esquema do dispositivo para o teste de 3 pontos com adaptação utilizando os braquetes

Fonte: Arquivo Pessoal

Após os primeiros testes, novos arcos foram submetidos a exposição em meio bucal, por um período de 4 semanas, e, finalmente as amostras foram reavaliadas quanto a força de desativação, utilizando o mesmo dispositivo de ensaio mecânico e a máquina de ensaios universal (EMIC ® DL 1000, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Uma amostra de 5mm da porção mais curva de cada fio exposto em meio bucal foi reavaliada no microscópio eletrônico de varredura (SS-550 Superscan, Shimadzu Biotech, Japan) para avaliar a característica de superfície das amostras. Os resultados dos testes, antes e depois da exposição na saliva, foram comparados.

3.1 ANÁLISE PELA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA QUANTO AO ACÚMULO DE BIOFILME

Para as análises microscópicas (MEV) do biofilme, cada segmento de 5mm da região mais curva do fio foi fixado sobre um porta amostra. Nenhuma amostra nesse trabalho passou por qualquer tratamento com ouro (Au) antes de serem avaliadas no MEV. Os segmentos de arcos que não passaram por exposição bucal foram limpos com álcool 70% friccionadas por 30 segundos, já os arcos que foram expostos em meio bucal não passaram por nenhum procedimento de limpeza. As amostras foram manuseadas com o auxílio de luvas de látex e pinças, evitando assim, qualquer contaminação do material e do microscópio. As imagens obtidas com magnificação de 100x e 200x, foram codificadas e inseridas aleatoriamente num programa de computador (Powerpoint, Microsoft) a fim de permitir a avaliação por meio de escores.

A avaliação da quantidade de detritos na superfície dos arcos foi realizada por 3 profissionais da área odontológica que desconheciam as marcas das amostras utilizadas, e a magnificação de 100x foi utilizada como referência na avaliação. Foram utilizadas as seguintes pontuações, 0 = total ausência de detritos; 1 = alguns detritos, que envolva menos do que um quarto da imagem analisada; 2 = presença moderada de detritos envolvendo um quarto a três quartos da imagem; 3 = presença de uma grande quantidade de detritos que envolve mais de três quartos da imagem analisada.⁸ Os escores dados pelos 3 avaliadores foram comparados e os resultados discrepantes foram discutidos até chegar a um consenso.



Figura 2. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (SS-550 Superscan, Shimadzu Biotech, Japan). Fonte: Arquivo Pessoal

3.2 ANÁLISE DE TRÊS PONTOS PARA AVALIAÇÃO DA FORÇA DE DESATIVAÇÃO

Para o teste de três pontos na máquina de ensaio universal (EMIC ® DL 1000, São José dos Pinhais, PR, Brasil) uma porção do mesmo fio antes seccionado para a avaliação em MEV foi utilizado, com um comprimento mínimo de 30 mm, tomado da parte terminal do arco, que é a porção mais reta do fio. No teste *in vitro*, antes da atuação do fio em meio bucal, as porções dos arcos seccionadas passaram por uma limpeza a fim de evitar a presença de substâncias oleosas ou impurezas que poderiam interferir nos resultados. Os braquetes e os arcos foram previamente limpos com gaze embebida em álcool a 70%, friccionada por 30 segundos. Já no teste *in vitro*, após a atuação do arco em meio bucal, as porções dos arcos não passaram por procedimentos de limpeza.

Para análise de três pontos os métodos utilizados nessa pesquisa seguiram a norma ISO 15.841: Dentistry – Wires for use in orthodontics (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2006), com apenas alterações nos pontos de apoio, na qual, foram utilizados braquetes autoligados de aço inoxidável de incisivos inferiores (Morelli, São Paulo, Brasil), na prescrição Roth, canaleta com 0.22", de incisivos inferiores com torque de 0° , angulação de 0°. Foi utilizada para o teste uma máquina de ensaios universal DL 1000 (EMIC) e uma célula de carga modelo S com capacidade de 50N (5kgf) e resolução de leitura de 0,01N (1gf). Para realizar os testes na temperatura preconizada pela norma ISO foi utilizado uma estufa (Biopar, Porto Alegre, RS, Brasil) sob as condições de temperatura constante de 37°C±1°C.

Amostras de arcos de 30 mm foram fixados pelas próprias aletas dos 4 braquetes autoligados, passando assim pelas canaletas dos mesmos. Os braquetes foram fixados alinhados em dois cubos de metal, dois braquetes em cada cubo, com o auxílio de um adesivo biocomponente à base de resina epóxica (Brascola, Araldite, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e ambos os cubos posicionados em um suporte, no qual, sua base foi presa a EMIC com o auxílio de um parafuso. A distância entre os dois pontos de apoio foi de 10mm, apoio esse sendo os dois braquetes centrais do dispositivo. A velocidade dos testes foi de 2,0mm/min e os arcos foram avaliados nas seguintes flexões, recomendadas pela norma ISO: 0,5; 1; 2 e 3mm. Para esses testes, ainda de acordo com a norma ISO, o método do software foi programado para que o teste

iniciasse em 3,1mm de flexão. A partir deste ponto, os valores gerados em descarga puderam ser medidos em 3, 2, 1 e em 0,5mm.

A fim de evitar a presença de substâncias oleosas ou impurezas que poderiam interferir nos resultados, os braquetes foram previamente limpos com gaze embebida em álcool a 70%, friccionada por 30 segundos.



Figura 3. Máquina de Ensaio Universal (EMIC) mais estufa (Biopar) para o teste de três pontos. Fonte: Arquivo Pessoal

3.3 EXPOSIÇÃO NA SALIVA

O tratamento ortodôntico dos sujeitos da amostra estudada foi realizado por alunos do curso de especialização em Ortodontia do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Antes do início do trabalho, o projeto foi submetido a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá (CAAE: 43121915.2.0000.0104).

A amostra foi constituída de 12 pacientes (6 mulheres e 6 homens), brasileiros, leucodermas, portadores de más oclusões de Classe I e II, com dentição completa, com exceção dos terceiros molares. A idade da amostra ao início do tratamento foi de 12 a 30 anos. Os pacientes foram selecionados seguindo os seguintes critérios de inclusão:

- Coroa dos dentes anteriores inferiores simétricas
- Apinhamento moderado
- Ausência de mordida cruzada anterior
- Ausência de mordida profunda grave, na qual, pode influenciar no posicionamento dos braquetes nos incisivos anteriores inferiores, e então influenciar na fase de alinhamento e nivelamento, ou ainda ausência de qualquer mecanismo adaptado a mecânica ortodôntica que realize correção da mordida profunda, como (por exemplo: Bite block)
- Sem história de qualquer problema médico ou uso de medicamentos que pudessem influenciar na movimentação dentária
- Sem problemas gengivais

Os pacientes selecionados para o estudo foram devidamente convidados a participar por meio da assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 1).

Foram testadas quatro diferentes marcas comerciais de arcos NiTi (n=6). Cada paciente recebeu dois arcos de marcas diferentes, uma marca para o alinhamento da arcada superior e outra para a arcada inferior. A fim de evitar que um mesmo paciente fosse sorteado, durante a randomização, com a mesma marca comercial para as arcadas superior e inferior, os arcos foram codificados de um a quatro e distribuídos de modo que o primeiro número fosse aplicado na maxila e o segundo na mandíbula conforme a seguir: (1/2, 1/3, 1/4, 2/3, 2/4, 3/4, 2/1, 3/1, 4/1, 3/2, 4/2, 4/3). Os pacientes codificados de um a 12 foram tratados com os pares de arcos designados acima, de acordo com a randomização realizada por um programa de computador (Excel, Microsoft). Os arcos foram adaptados aos braquetes por meio de ligaduras elásticas (Morelli, Sorocaba, Brasil), e permaneceram expostos em meio bucal por 4 semanas. Em seguida foram removidos e armazenados individualmente em um recipiente lacrado até serem submetidos aos testes laboratoriais para avaliar as propriedades mecânicas e de superfície.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise da concordância entre os 3 avaliadores quanto aos escores atribuídos à presença de biofilme na superfície dos arcos antes e após a exposição no meio bucal foi realizada por meio do teste Kappa ponderada. A distribuição da presença de biofilme nos 4 grupos foi verificada com o teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$).

Os dados da força de desativação (três pontos) dos arcos de NiTi foram submetidos aos testes de poder de amostra (software GPower 3.1) e de normalidade de Shapiro Wilk e em seguida comparados por meio do teste ANOVA para medidas repetidas, a três critérios - marca do fio, deflexão e exposição em meio bucal, antes e após a exposição dos arcos em meio bucal e post-hoc de Bonferroni. Para a comparação intergrupos foi realizado o teste ANOVA a um fator e post-hoc de Tukey. A comparação intragrupos foi realizado pelo teste t student independente e post-hoc de Tukey. A correlação quanto ao acúmulo de biofilme e a força de desativação foi realizada através do teste de regressão linear baseado na deflexão de 2mm.

Os testes foram analisados pelo programa IBM SPSS Statistic 20 com o nível alfa estabelecido em 5%.

4. RESULTADOS

A superfície dos arcos apresentou deposição moderada a severa de biofilme após a exposição no meio bucal (figs. 4, 6, 8 e 10), diferentemente dos arcos não expostos à saliva (figs. 3, 5, 7 e 9). O avaliador 3 se manteve constante em sua análise pontuando como zero todas as amostras de arcos examinados antes da exposição. No mesmo momento do estudo, a concordância entre os avaliadores 1 e 2 atingiu o índice Kappa de 0,467 uma vez que o avaliador 1 pontuou com zero 23 amostras de fio e 1 amostra como 1 e o avaliador 2 pontuou 21 amostras de fio como zero e três como 1. Após a exposição, foi observado que o índice de concordância Kappa entre os avaliadores 1 e 2 alcançou 0,74, enquanto que entre os avaliadores 1 e 3 o índice foi de 0,616, e por fim o índice entre os avaliadores 2 e 3 foi de 0,489.

Para o teste de Mann Whitney foi realizado um consenso entre os avaliadores para os dois tempos do estudo (pré e pós exposição) e que demonstrou haver diferença estatisticamente significativa para todas as marcas testadas ($p < 0,05$). Quanto as medianas dos postos para o primeiro momento do estudo, todas as marcas apresentaram mediana 0. Para o segundo momento, o fio Ormco, GAC e Orthometric apresentaram mediana 2, contudo, Morelli apresentou mediana 3.

Figuras 4-11: Imagens mediante MEV para as amostras das 4 marcas

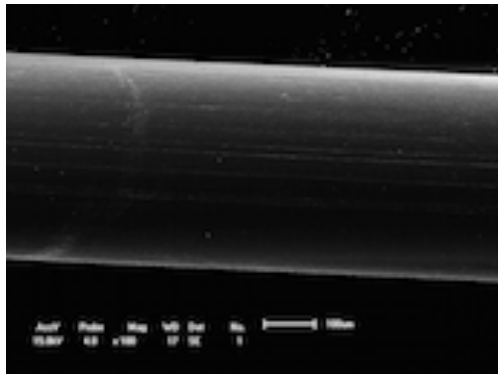


Figura 4. Fio Morelli pré exposição

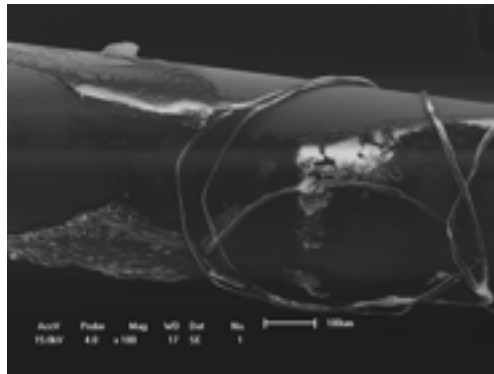


Figura 5. Fio Morelli pós exposição

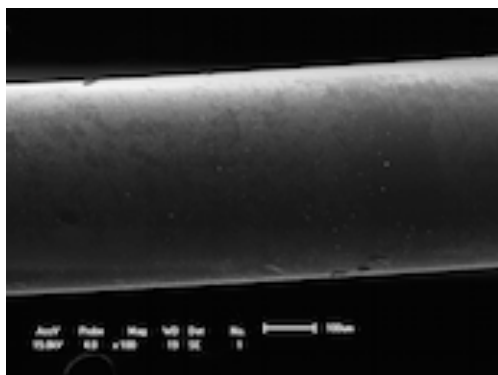


Figura 6. Fio Orthometric pré exposição

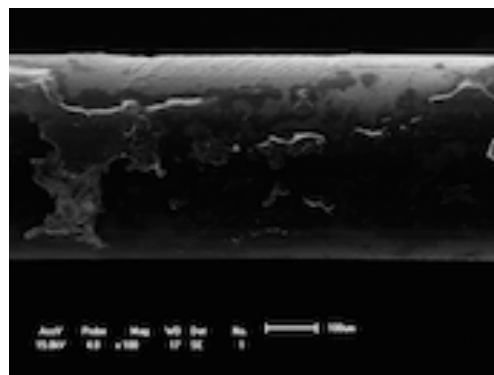


Figura 7. Fio Orthometric pós exposição

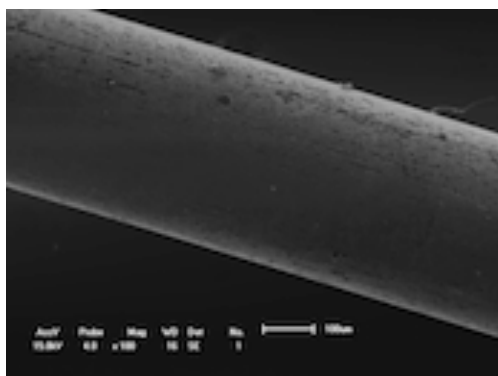


Figura 8. Fio Ormco pré exposição

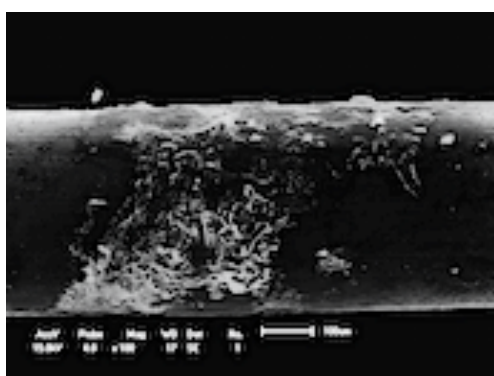


Figura 9. Fio Ormco pós exposição

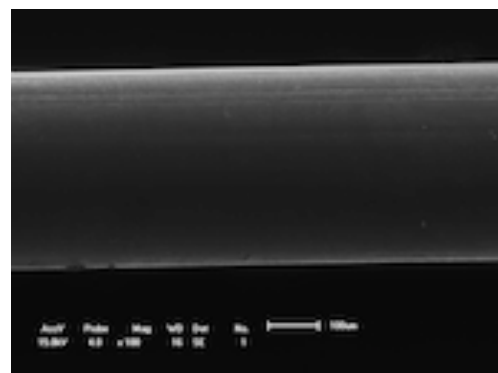


Figura 10. Fio GAC pré exposição

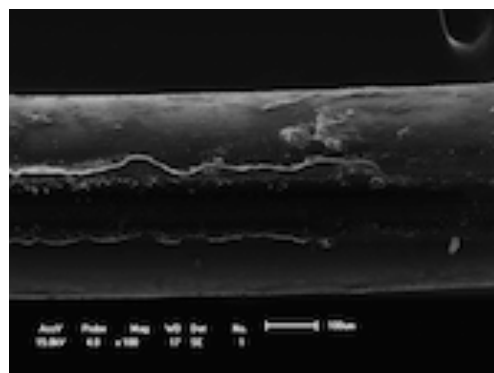


Figura 11. Fio GAC pós exposição

Tabela 1. Análise descritiva quanto a proporção dos escores atribuídos pelos avaliadores para as quatro diferentes marcas comerciais, antes e após a exposição em saliva

Marcas	Morelli	Orthometric	GAC	ORMCO
Escores	pré envelhecimento	pré envelhecimento	pré envelhecimento	pré envelhecimento
Zero	100%	100%	100%	100%
1	0%	0%	0%	0%
2	0%	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%	0%
Escores	pós envelhecimento	pós envelhecimento	pós envelhecimento	pós envelhecimento
Zero	0%	0%	0%	17%
1	33%	17%	0%	0%
2	0%	50%	67%	50%
3	67%	33%	33%	33%

0 = total ausência de detritos; 1 = alguns detritos, que envolva menos do que um quarto da imagem analisada; 2 = presença moderada de detritos envolvendo um quarto a três quartos da imagem; 3 = presença de uma grande quantidade de detritos que envolve mais de três quartos da imagem analisada.

Para a força de desativação dos arcos, foi obtido um poder do teste mínimo de 80% com a probabilidade de erro alfa em 0,05 para cada grupo, e os resultados apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro Wilk. O teste de ANOVA de medidas repetidas a três critérios analisou os dados relacionados a marca de cada fio, ao pré e pós exposição em meio bucal e a variação na força de desativação (0,5; 1; 2; 3mm). Com relação a marca comercial, o fio Ormco apresentou diferença estatisticamente significativa em relação as outras 3 marcas que por sua vez não demonstraram diferenças entre si ($p < 0,05$) - gráfico 1 e 2. Quanto a exposição em meio bucal, os resultados indicaram que houve diferença estatisticamente significativa entre os dois tempos do estudo ($p < 005$) - gráfico 3. Todas as forças de desativação aplicadas no teste de 3 pontos (0,5; 1; 2; 3mm) mostraram diferença estatisticamente significativa entre si - gráfico 4.

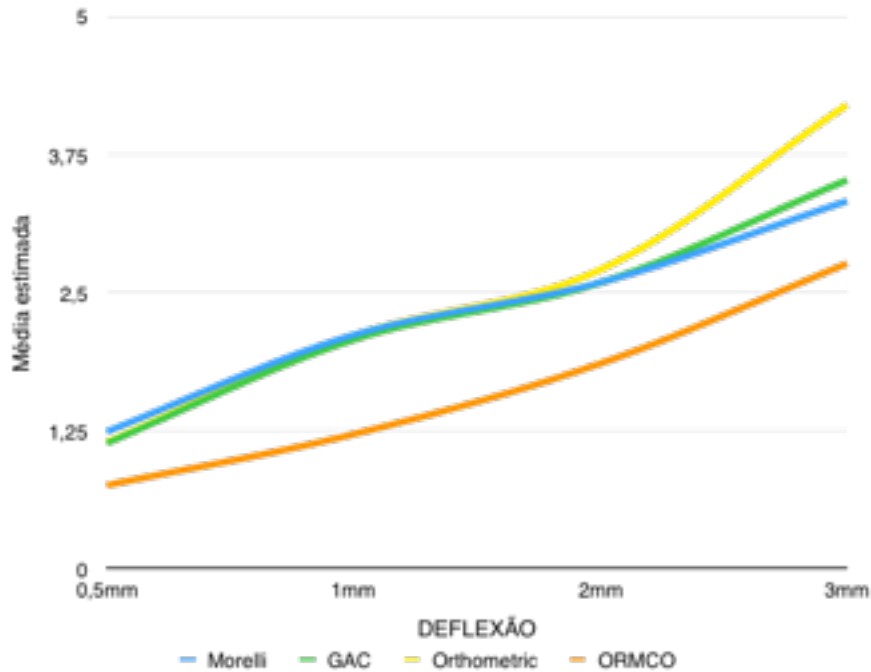


Gráfico 1. Apresentação gráfica da força gerada na desativação das 4 marcas de arcos de NiTi, antes da exposição, a partir do teste de 3 pontos.

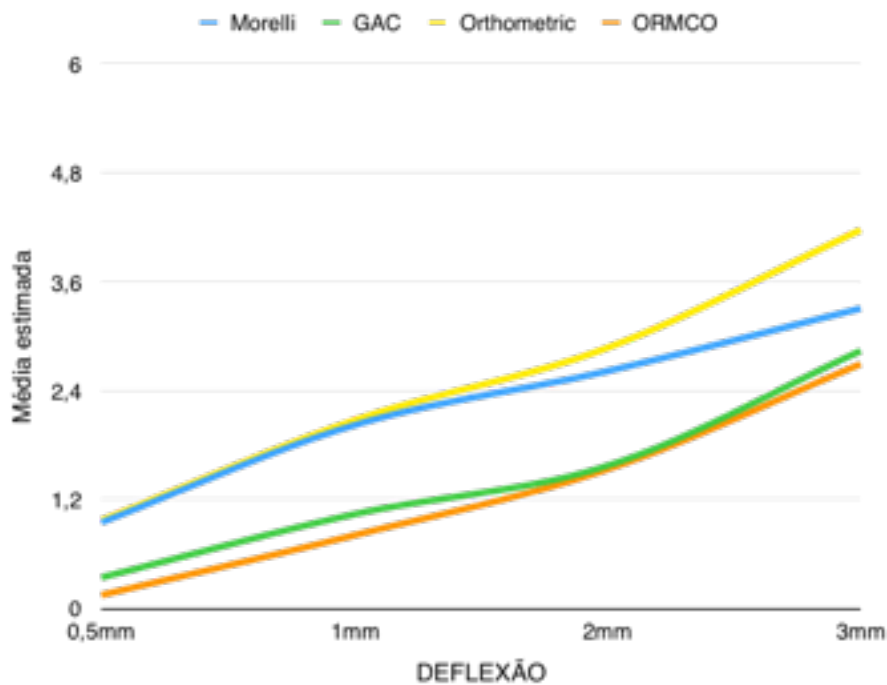


Gráfico 2. Apresentação gráfica da força gerada na desativação das 4 marcas de arcos de NiTi, após a exposição, a partir do teste de 3 pontos.

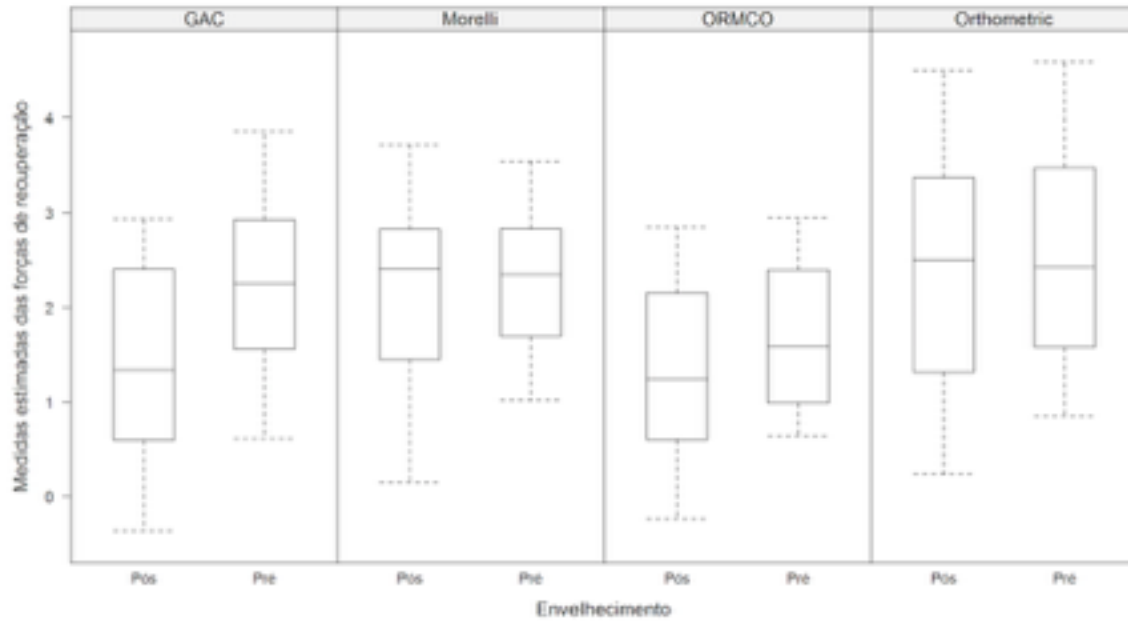


Gráfico 3. Box-plot. Comparação das médias pré e pós exposição da força gerada na desativação das 4 marcas de arcos de NiTi, a partir do teste de 3 pontos.

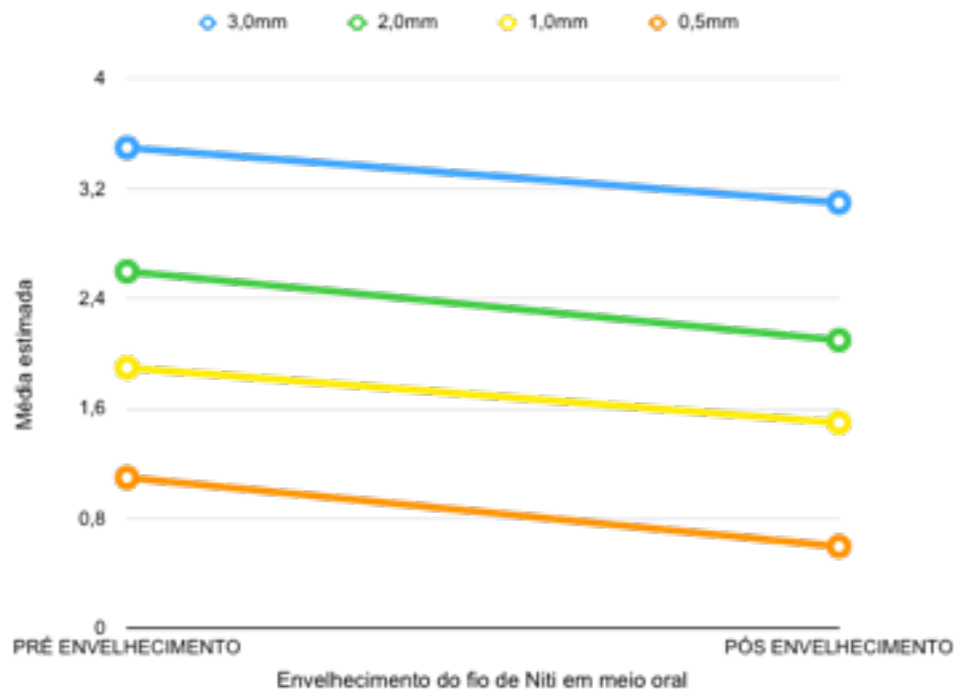


Gráfico 4. Comparação do pré e pós exposição da força gerada na desativação dos arcos de NiTi, a partir do teste de 3 pontos.

Tabela 2. Médias e desvios-padrões das amostras de fio das quatro marcas para o teste de 3 pontos antes e depois da exposição em meio bucal, mediante teste ANOVA a um critério, teste t student independente e post-hoc Tukey.

ANTES				
MARCA	Morelli	GAC	Orthometric	ORMCO
Força Máx.0,5mm (N)	123,7(±15)a	113,4(±34)a,†	114,2(±25)a	75,16(±15)a†
Força Máx. 1mm (N)	211,2(±10)a	207(±33)b,†	210,5(±37)a	121,4(±22)b†
Força Máx. 2mm (N)	258,8(±11)a	258,6(±31)b,†	270,3(±35)a	185,4(±21)b†
Força Máx.3mm (N)	332,5(±24)a	351,6(±36)b,†	419,6(±28)c	275,9(±14)c
APÓS				
Força Máx.0,5mm (N)	94,74(±65)a	33,89(±58)a,b,†	97(±39)a	14,5(±37)b†
Força Máx. 1mm (N)	201,8(±49)a	103,6(±58)a,†	207,2(±49)a	80,44(±21)b†
Força Máx. 2mm (N)	261,4(±27)a	157(±49)a,†	287,1(±34)a	153,2(±17)b†
Força Máx.3mm (N)	330,3(±39)a	283,5(±12)a,†	416,9(±28)b	269(±14)c

Na mesma linha, letras minúsculas diferentes representam significância estatística ($p < 0,05$)

Na mesma coluna, o símbolos † representam significância estatística tanto para antes e depois da exposição em meio bucal ($p < 0,05$)

1cN ~1g / n=6

A análise de variância intergrupos demonstrou que antes da exposição, as amostras de fio da marca Ormco diferenciaram-se das demais marcas em quase todas as medidas de força de desativação, com exceção da marca GAC a 0,5mm que apresentou comportamento semelhante a marca Ormco. Por outro lado, a marca Orthometric apresentou diferenças em relação as outras marcas quando testada a força de desativação a 3mm. Quanto ao pós exposição das amostras, foi observado que na força de desativação a 0,5mm os arcos não se diferenciaram, mas a 1 e 2mm os arcos se comportaram de forma semelhante quando relacionado as marcas Morelli - Orthometric e GAC - Ormco. Por fim, a 3mm os arcos apresentaram-se de forma diferente um em relação ao outro com exceção a marca Orthometric e Ormco que mostraram comportamento semelhante.

A variabilidade apresentada quanto a força de desativação dos arcos da marca Ormco foi mais previsível em relação as outras marcas, tanto antes quanto após a exposição em meio bucal.

A análise intragrupos quanto a força de desativação do pré e pós exposição foi realizada pelo teste t student para amostras independentes. O teste demonstrou que o fio da marca comercial GAC apresentou diferença estatisticamente significativa durante todas as deflexões do teste de 3 pontos; a marca comercial Ormco só não apresentou diferenças no momento da deflexão de 3mm e as marcas Morelli e Orthometric não apresentaram tais diferenças em nenhum momento do teste.

Não houve correlação entre acúmulo de biofilme e força de deflexão para as marcas Morelli ($R=0,132$ e $p=0,83$) e Orthometric ($R=0,308$ e $p=0,330$). Por outro lado, as marcas GAC

(R=767 e p=0,004) e ORMCO (R=725 e p=0,008) apresentaram diferença estatisticamente significativa entre essas variáveis, demonstrando que o acúmulo de biofilme influenciou na força de deflexão dos arcos.

5. DISCUSSÃO

Esse trabalho avaliou o acúmulo de biofilme e a força de desativação dos arcos de NiTi antes e após a exposição em meio bucal. Estas características foram avaliadas com o propósito de comparar os dados obtidos em ensaios laboratoriais que simulam a movimentação ortodôntica com amostras pré e pós exposição em meio bucal durante o tratamento ortodôntico. Alguns autores avaliaram as propriedades dos arcos em laboratório usando modelos de simulação da movimentação ortodôntica^{14,15,23,24}, porém, esses resultados nem sempre correspondem ao comportamento obtido durante o tratamento em função da presença do biofilme que pode aumentar o atrito dos arcos com os braquetes e conseqüentemente reduzir a efetividade da movimentação durante o tratamento ortodôntico^{16,17}.

Uma revisão sistemática da literatura quanto as variáveis que afetam as propriedades mecânicas de arcos e acessórios ortodônticos após a exposição na cavidade bucal^{5,16}, demonstraram que o aspecto superficial dos arcos afeta a corrosão e a biocompatibilidade, uma vez que pode permitir um maior acúmulo de biofilme. Concluíram que na condição clínica, os arcos ortodônticos podem não ter o mesmo desempenho especificado pelo fabricante a partir dos testes *in vitro*, confirmando a relevância do presente estudo.

Nesta investigação os arcos expostos em meio bucal demonstraram significativamente maior acúmulo de biofilme na sua superfície. O pH ácido produzido pelas bactérias presentes nos detritos pode aumentar a sua rugosidade, a dureza¹¹ e o atrito entre o fio e a canaleta do braquete^{6,25} contribuindo para a redução da força de desativação dos arcos.

O acúmulo de biofilme foi mais marcante na marca Morelli que teve em média no mínimo $\frac{3}{4}$ de suas amostras cobertas por detritos, enquanto que as outras três marcas, Ormco, GAC, Orthometric alcançaram em média um acúmulo de pelo menos $\frac{1}{2}$ das amostras. A literatura tem demonstrado haver um aumento significativo no grau de detritos e na rugosidade da superfície de arcos de aço inoxidável⁸ e de Niti⁶ após exposição em meio bucal, causando um aumento do atrito entre os arcos de aço e NiTi com o braquete durante a mecânica de deslizamento.

Por outro lado, o efeito de substâncias cariogênicas e erosivas sobre a degradação do fio de Cobre-Níquel-Titânio (CuNiTi) e seus resultados indicaram que os arcos de CuNiTi podem sofrer degradação na cavidade bucal, aumentando a aspereza superficial do fio, mas tal rugosidade não aumentou o atrito entre o fio e o braquete autoligado²⁶.

Os arcos da marca Morelli e Orthometric não apresentaram diferenças significantes na força de desativação após a exposição, enquanto que os das marcas GAC e Ormco apresentaram uma redução significativa na força de ativação após 4 semanas de permanência na boca dos pacientes.

Houve correlação significativa entre a presença do biofilme e a redução de força nos arcos ORMCO e GAC. Isso não ocorreu para os arcos das marcas Morelli e Orthometric. Isso pode estar relacionado ao fato do patamar de forças desses arcos a 2mm serem maiores, e dessa forma, a força do atrito gerada pela presença do biofilme não tenha sido suficiente para reduzir a força de desativação nestas marcas. Vale ressaltar que, os patamares de força dos arcos GAC e ORMCO mesmo tendo sofrido redução pela força do atrito, mantiveram-se em níveis adequados para a movimentação ortodôntica.

O estresse gerado durante a deflexão é capaz de alterar as características de superfície e a propriedade de corrosão e liberação de níquel dos arcos de NiTi^{14,15,27}, o que poderia explicar esse resultado. Da mesma forma, outros autores^{7,11} estudaram as propriedades físicas e mecânicas dos arcos de NiTi e de certa forma afirmaram que os arcos expostos a um ambiente bucal ou em simulação bucal perdem sua força de desativação, além de aumentarem a sua rugosidade de superfície e microdureza devido exposição a um pH mais ácido (pH=4,0).

Os resultados do teste de 3 pontos no pré exposição demonstraram que os arcos da marca Ormco, de forma geral, foram diferentes das demais marcas nas devidas forças de desativação preconizadas pela norma ISO15.841. O fato desses arcos serem termoativados influenciou nesse comportamento, e era esperado, já que os níveis de força dos superelásticos NiTi termoativados apresentam-se menores do que seus análogos em dimensão superelásticos em temperatura controlada^{3,28}.

A força empregada na mecânica ortodôntica tem grande importância quanto a um tratamento eficaz e sem danos biológicos ou desconforto ao paciente, sabendo disso, as características das aletas de diferentes braquetes também podem afetar a deflexão dos arcos de NiTi durante a mecânica ortodôntica²⁹. Este fenômeno, por sua vez, oferece aos clínicos a possibilidade de manipular a carga do fio durante a etapa de alinhamento. As ligaduras disponíveis ao ortodontista associadas ao uso de arcos de Niti também já foram testadas, e demonstraram que o fio de NiTi exibiu a maior grau de superelasticidade com o braquete autoligado, enquanto que a ligadura elástica pode atuar como um sistema de retenção de sua superelasticidade³⁰.

A força de desativação deve ser administrada no tratamento ortodôntico de forma a promover uma movimentação dentária mais adequada e ainda promover conforto ao paciente. Estudos iniciais de Reitan (1964)³¹ demonstraram que uma força de desativação entre 50g e 100g aplicadas sobre as coroas dos caninos seriam suficientes para promover movimentação do elemento dentário e que o aumento desta carga não resultaria em maior movimento. Outros estudos³²⁻³⁵ demonstraram que o nível de tensão ótima para induzir movimentação dentária deve ser entre 7 e 26 g/cm², e quando a força excede esse limiar a isquemia periodontal ocorre, levando a reabsorção radicular. Com isso, alguns autores buscaram compreender a deflexão dos arcos de NiTi, e outros autores³ estudaram a liberação de energia durante o platô de força, que em média, quando há o aumento de polegada do fio para 0,002 (0,012-0,014 e 0,014-0,016) o patamar de força foi aumentado aproximadamente 50% e cerca de 150% quando o diâmetro foi aumentado em 0,004 polegadas (0,012-0,016), mas há diferenças entre os arcos tradicionais e termoativados.

Tornou-se um fato preponderante na ortodontia que, forças contínuas são desejáveis para atingir movimentação dentária controlada e fisiológica com repercussões patológicas mínimas sobre os dentes e suas estruturas circundantes³⁶. Da mesma forma³⁷ relataram depois de um estudo em ratos, que forças leves causam mínima reabsorção radicular e rápido movimento dentário, ao contrário de forças pesadas, que tende a resultar em movimentação dentária mais lenta com uma substancial quantidade de reabsorção.

Este trabalho demonstrou que a diferença no comportamento dos arcos antes e após exposição ficou destacada nas marcas Ormco e GAC e pouco observada nas marcas Morelli e Orthometric. Alguns autores^{12,38,39} estudaram essa diferença dos arcos de NiTi além de outras ligas metálicas e observaram que a liga de NiTi promoveu a menor força em relação as outras ligas, demonstrando superelasticidade, mas consideraram que há muita variabilidade nas forças de desativação entre diferentes marcas.

Os arcos da marca Ormco apresentaram uma menor variabilidade na força de desativação, demonstrando um resultado mais previsível na movimentação dentária durante o tratamento ortodôntico.

Os diferentes resultados obtidos nos testes com relação a outros estudos pode ter ocorrido devido à complexidade do processo de fabricação, incluindo o trabalho à frio, tratamento térmico, e da composição dos arcos, juntamente com uma variabilidade entre os lotes testados.

40-42

Em contra partida¹⁷, aplicaram o teste de três pontos sobre os arcos de NiTi superelásticos e não superelásticos e observaram que o referido teste pode ter aplicabilidade limitada para representar as condições clínicas. Além disso, sugerem que o emprego de *ranking* de resultados, como utilizados no presente estudo, pode ser o método mais apropriado para análise.

O período de exposição em meio bucal no presente estudo foi de um mês e já indicou grande influência sobre o comportamento laboratorial dos arcos. Eventualmente um fio de nivelamento permanece no paciente por 3 meses, submetendo-o a maior exposição e corrosão. Portanto, o ortodontista deve estar atento a este fator quando da decisão de manter por longo período o mesmo fio ortodôntico no paciente. Além do impacto sobre os níveis de força, estudos mais detalhados sobre a corrosão e liberação de íons são recomendados.

6. CONCLUSÃO

Todos os arcos testados apresentaram grande deposição de detritos avaliados pela MEV, com menores escores para o fabricante Ormco.

A exposição no meio bucal promoveu o acúmulo de quantidade moderada a severa de detritos na superfície de todos os arcos, e apresentou correlação com a redução da força de desativação dos arcos das marcas Ormco e GAC, mantendo-se em níveis adequados para a mecânica ortodôntica. Por outro lado, os arcos Morelli e Orthometric liberaram uma força de desativação elevada, o que pode ser muito maior do que a aceitável do ponto de vista biológico mesmo após a exposição em meio bucal. Os arcos da marca Ormco demonstraram variabilidade mais confiável e previsível quanto as outras marcas

7. REFERÊNCIAS

1. Miura F, Mogi M, Ohura Y, Hamanaka H. The superelastic property of the Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. **American Journal Orthodontist**; 90:1-10, 1986.
2. Sachdeva RC, Miyazaki S. Superelastic NiTi alloys in orthodontics. In: Duerig TW, Melton KN, Stockel D, Wayman CM, editors. **Engineering aspects of shape memory alloys, London**: Butterworth-Heinemann, p. 452-69, 1990.
3. Lombardo L, Toni G, Stefanoni F, et al. The effect of temperature on the mechanical behavior fo nickel-titanium orthodontic initial archwires. **Angle Orthodontist.**, Appleton, v. 83, no 2, 2013.
4. Kusy RP, Whitley JQ, Mayhew MJ, Buckthal JE. Surface roughness of orthodontic archwires via laser spectroscopy. **Angle Orthodontist.** 58:33–45, 1988.
5. Wichelhaus A, Geserick M, Hibst R, Sander FG. The effect of surface treatment and clinical use on friction in NiTi orthodontic wires. **Dent Mater.**21:938–945, 2005.
6. Elayyan F, Silikas N, Bearn D. Ex vivo surface and mechanical properties of coated orthodontic archwires. **European Journal of Orthodontics.** 2008.
7. Marques IS, Araújo AM, Gurgel JA, Normando D. Debris, roughness and friction of stainless steel archwires following clinical use. **Angle Orthodontist.** May;80(3):521-7. 2010.
8. Doshi UH1, Bhad-Patil WA. Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. **American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics.** Jan; 139(1):74-9. 2011.
9. Iijima M1, Muguruma T, Brantley W, Choe HC, Nakagaki S, Alapati SB, Mizoguchi I. Effect of coating on properties of esthetic orthodontic nickel-titanium wires. **Angle Orthodontist.** Mar; 82(2):319-25. 2012.
10. Lin J, Han S, Zhu J, Wang X, Chen Y, Vollrath O. Influence of fluoride-containing acidic artificial saliva on the mechanical properties of Nickel-Titanium orthodontics wires. **Indian Journal of Dental Research,** 23(5), 2012.
11. Lombardo L, Marafioti M, Stefanoni F, Mollica F, Siciliani G. Load deflection characteristics and force level of nickel titanium initial archwires. **Angle Orthodontist,** Vol 82, No 3, 2012.
12. Normando D, Araujo AM, Marques ISV, Dias CGBT, Miguel JAM. Archwire cleaning after intraoral ageing: the effects on debris, roughness, and friction. **European Journal of Orthodontics,** 223–229; 2013.
13. Liu IH, Lee TM, Chang CY, Liu CK. Effect of Load Deflection on Corrosion Behavior of NiTi Wire. **Journal of Dental Souch,** Jun, 2007.
14. Liu JK, Lee T, Liu I. Effect of loading force on the dissolution behavior and surface properties of nickel-titanium orthodontic archwires in artificial saliva. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics,** August 2011.

15. Eliades T, Bourauel C. Intraoral aging of orthodontic materials: the picture we miss and its clinical relevance. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. Apr, 2005.
16. Wilkinson PD, Dysart PS, Hood JAA, Herbison GP. Load-deflection characteristics of superelastic nickel-titanium orthodontic wires. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 2002.
17. Castro RM, Smith Neto P, Horta MCR, Pithon MM, Oliveira DD. Comparison of static friction with self-ligating, modified slot design and conventional brackets. **Journal Appl Oral Sci**. 21(4):314-9; 2013.
18. Tecco S, Festa F, Caputi S, Traini T, Di Lorio D, D'attilio M. Friction of Conventional and Self-Ligating Brackets Using a 10 Bracket Model. **Angle Orthodontist**. Vol 75, No 6, 2005.
19. Hain M, Dhopatkar A, Rock P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. **American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics**. Apr;123(4):416-22, 2003.
20. Krishnan M, Kalathil S, Abraham KM. Comparative evaluation of frictional forces in active and passive self-ligating brackets with various archwire alloys. **American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics**. Nov;136(5):675-82. 2009.
21. Drescher D, Bourauel C, Schumacher H A 1989 Frictional forces between bracket and archwire. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics** 96: 397–404.
22. Toker SM, Canadinc D. Evaluation of the biocompatibility of NiTi dental wires: a comparison of laboratory experiments and clinical conditions. **Mater Sci Eng C Mater Biol Appl**. Jul 1;40:142-7, 2014.
23. Heravi F, Moayed MH, Mokhber N. Effect of Fluoride on Nickel-Titanium and Stainless Steel Orthodontic Archwires: An In-Vitro Study. **Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences**. January, 2015.
24. Alfonso MV, Espinar E, Llamas JM, Rupérez E, Manero JM, Barrera JM, et al. Friction coefficients and wear rates of different orthodontic archwires in artificial saliva. **J Mater Sci: Mater Med**. (2013) 24:1327–1332.
25. Jaber LCL, Rodrigues JA, Amaral FLB, França FMG, Basting RT, Turssi CP. Degradation of orthodontic wires under simulated cariogenic and erosive conditions. **Braz Oral Res**, 28(1):1-6, 2014.
26. Petoumeno E, Kislyuk M, Hoederath H, Keilig L, Bourauel C, Jäger A. Corrosion Susceptibility and Nickel Release of Nickel Titanium Wires during Clinical Application. **Journal of Orofacial Orthopedics**, 2008.
27. Sakima MT; Dalstra M; Melsen B How does temperature influence the properties of rectangular nickel – titanium wires? **European Journal of Orthodontics** 28 (2006) 282–291

28. Nucera R, Gatto E, Borsellino C, Aceto P, Fabiano F, Matarese G, et al. Influence of bracket-slot design on the forces released by superelastic nickel-titanium alignment wires in different deflection configurations. **Angle Orthodontist**, Vol 84, No 3, 2014.
29. Kasuya S, Nagasaka S, Hanyuda A, Ishimura S, Hirashita A. The effect of ligation on the load-deflection characteristics of nickel-titanium orthodontic wire. **European Journal of Orthodontics**, 2007.
30. Reitan K. Effects Of Force Magnitude And Direction Of Tooth Movement On Different Alveolar Bone Types. **The Angle Orthodontist**: October 1964, Vol. 34, No. 4, pp. 244-255.
31. Reitan K. **Initial tissue behavior during apical root resorption.** **Angle Orthod**, v. 44, n. 1, p. 68-82, Jan 1974.
32. Harry, M. R.; Sims, M. R. Root resorption in bicuspid intrusion. A scanning electron microscope study. **Angle Orthod**, v. 52, n. 3, p. 235-58, Jul 1982.
33. Brudvik P, Rygh P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. **Eur J Orthod**, v. 15, n. 4, p. 249-63, Aug 1993.
34. Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. **Eur J Orthod**, v. 16, n. 4, p. 249-63, Aug 1999.
35. Ricketts RM, Bench RW, Gugino CF, Hilgers JJ, Schulhof RJ. Bioprogressive therapy. **Book 1. Denver, Colorado: Rocky Mountain Communications, 1979**
36. King, G. J.; Fischlschweiger, W. The effect of force magnitude on extractable bone resorptive activity and cemental cratering in orthodontic tooth movement. **J Dent Res**, v. 61, n. 6, p. 775-9, Jun 1982.
37. Nakano H, Satoh K, Norris R, Jin T, Kamegai T, Ishikawa F, et al. Mechanical properties of several nickel-titanium alloy wires in three-point bending tests. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. 1999;115(4): 390-94
38. Gurgel JA, Kerr S, Powers JM, Lecrone V. Force-deflection properties of superelastic nickel-titanium archwires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. Oct 2001;120(4):378-82.
39. Bradley TG, Brantley WA, Culbertson BM. Differential scanning calorimetry (DSC) analyses of superelastic and non-superelastic nickel-titanium orthodontic wires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. 1996 Jun;109(6):589-97.
40. Kusy RP. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics. **Angle Orthod** 1997;67:197-207.
41. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. **Int Endod J** 2000;33:297-310.

8. ANEXOS

Anexo 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Gostaríamos de convidá-lo para participar, como voluntário, na pesquisa. “Avaliação do comportamento mecânico (flexão e força de atrito) e superficial (MEV) de arcos de Níquel-Titânio antes e depois da exposição ao meio bucal”, que faz parte do curso de Odontologia da Universidade Estadual de Maringá e é orientada pela profa Dra Renata Corrêa Pascotto. O objetivo da pesquisa será avaliar as propriedades mecânicas e superficiais de 4 marcas comerciais de arcos de Níquel-Titânio (NiTi) numa situação de simulação da mecânica ortodôntica *in vitro* comparativamente ao uso do fio durante a terapia ortodôntica *in vivo*.

A sua participação no referido estudo será no sentido de permitir que após a troca dos arcos ortodônticos durante o seu tratamento, possamos analisar os arcos que seriam descartados, quanto ao acúmulo de detritos durante 4 semanas, ou seja, o período em que os arcos ficaram atuando na movimentação ortodôntica em sua boca entre uma consulta e outra. Essa informação será importante, pois, nos ajudará a conhecer o quanto a exposição a saliva e o acúmulo de detritos interfere na mecânica ortodôntica. Os resultados obtidos servirão como base de dados para a realização, publicação e apresentação de trabalhos científicos.

Vale a pena ressaltar que essa etapa de avaliação acontecerá no decorrer do seu tratamento ortodôntico no curso de especialização em Ortodontia na clínica odontológica da Universidade Estadual de Maringá (UEM), durante o qual (por um mês) haverá a colocação do fio superelástico de Níquel-Titânio, objeto da presente pesquisa. A utilização do referido fio compreende etapa rotineira de qualquer tratamento ortodôntico com aparelhos fixos e não cria riscos adicionais ao mesmo. O tratamento ortodôntico tem como objetivo alinhar os dentes para permitir uma correta mordida, melhorando a estética do sorriso, a mastigação e a fonação. Logo após as sessões de ativação do aparelho fixo, você poderá sentir um desconforto (leve sensação dolorosa) ao mastigar. Uma vez que esse desconforto é passageiro (em média dura 2 a 3 dias), você poderá contornar isto escolhendo alimentos com consistência mais mole nestes dias. Eventuais irritações nos tecidos moles da cavidade bucal podem ocorrer pela presença do aparelho fixo, mas podem ser controladas mediante o uso de uma pequena porção de cera pegajosa disponível na clínica do seu atendimento. Os principais riscos de um tratamento ortodôntico são a ocorrência de inflamação gengival ou a formação de lesões de cárie pela maior dificuldade de remoção da placa bacteriana em pacientes com higienização deficiente. Uma vez que você será acompanhado mensalmente por um profissional qualificado, qualquer alteração poderá ser diagnosticada precocemente evitando assim a ocorrência de danos ao paciente. As informações sobre o tratamento serão registradas no seu prontuário e os dados quanto ao tipo de arcos usados será anotado

em uma ficha apropriada para controle do pesquisador, que preservará a sua identidade. ou seja, não será citado nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma ser identificado.

Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar a participação no estudo, ou retirar o seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar se retirar da pesquisa, sem sofrer qualquer prejuízo à assistência que vem recebendo.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como lhe é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas conseqüências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois da sua participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

No entanto, caso ocorra algum dano decorrente da minha participação no estudo, serei devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo ligar para o curso de pós-graduação em Odontologia no telefone: (44) 3011-9051 ou mandar email para sec-pgo@uem.br

Após ser esclarecido(a) sobre as informações acima, no caso de aceitar fazer parte do estudo, este termo deverá ser preenchido e assinado em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Eu,..... (NOME DO SUJEITO DA PESQUISA POR EXTENSO), DOCUMENTO DE IDENTIDADE:..... SEXO: M() F(), DATA DE NASCIMENTO:..../...../.....

ENDEREÇO:.....No:....APTO:.....
BAIRRO:.....CIDADE:.....CEP:.....
TELEFONE:(.....)....., declaro que fui devidamente esclarecido e concordo em participar VOLUNTARIAMENTE da pesquisa coordenada pela profa Dra Renata C. Pascotto.

(Caso o paciente seja menor de idade):
NOME DO RESPONSÁVEL DO SUJEITO DA PESQUISA,
DOCUMENTO DE IDENTIDADE:..... SEXO: M() F()
DATA DE NASCIMENTO:...../...../.....
ENDEREÇO:.....No:....APTO:.....
BAIRRO:.....CIDADE:.....CEP:.....

TELEFONE: (.....) , responsável pelo menor..... declaro que fui devidamente esclarecido e concordo em que ele (a) participe VOLUNTARIAMENTE da pesquisa coordenada pela profa Dra Renata C. Pascotto.

Maringá, de de 201____.

Eu,.....(nome do pesquisador ou do membro da equipe que aplicou o TCLE), declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supra-nominado.

Renata Corrêa Pascotto (Coordenadora).

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com o pesquisador, conforme o endereço abaixo:

Nome: Renata Corrêa Pascotto
Endereço: Av. Mandacarú, 1550, Maringá,PR
(telefone/e-mail): 3011-9051
renatapascotto@gmail.com

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM, no endereço abaixo:

COPEP/UEM
Universidade Estadual de Maringá.
Av. Colombo, 5790. Campus Sede da
UEM. Bloco da Biblioteca Central
(BCE) da UEM.
CEP 87020-900. Maringá-Pr. Tel: (44) 3261-4444
E-mail: copep@uem.br