



**UNINGÁ – UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR INGÁ  
FACULDADE INGÁ**

**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ODONTOLOGIA**

**DANIELE FERREIRA BONACIN**

**COMPARAÇÃO DAS FORÇAS DE ATRITO ESTÁTICO  
E DINÂMICO EM FIOS DE BETA TITÂNIO**

**MARINGÁ  
2015**



**DANIELE FERREIRA BONACIN**

**COMPARAÇÃO DAS FORÇAS DE ATRITO ESTÁTICO  
E DINÂMICO EM FIOS DE BETA TITÂNIO**

Dissertação apresentada à Faculdade Ingá,  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Mestre em Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Hermont  
Cançado

Co-Orientadora: Prof. Dra. Karina Maria  
Salvatore de Freitas

MARINGÁ

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central – UNINGÁ, Maringá – PR.  
(Bibliotecária: Vaudice Donizeti Rodrigues. CRB 9/ 1726)

Bonacin, Daniele Ferreira.

B697c Comparação das forças de atrito estático e dinâmico em fios de beta titânio./ Daniele Ferreira Bonacin. -- Maringá: UNINGÁ, 2015. -- 34 f..

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Hermont Caçado  
Dissertação (Mestrado em Ortodontia) Departamento de Pós-Graduação em Odontologia – Mestrado Profissionalizante em Odontologia. UNINGÁ, 2015.

1. Ortodontia. 2. Fios ortodônticos 3. Titânio 4. Molibdênio. 5. Fricção. 6. Estudo comparativo I. Caçado, Rodrigo Hermont. II. UNINGÁ. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDD 21 ed. 617.643

**DANIELE FERREIRA BONACIN**

**COMPARAÇÃO DAS FORÇAS DE ATRITO ESTÁTICO  
E DINÂMICO EM FIOS DE BETA TITÂNIO**

Dissertação apresentada à Faculdade  
Ingá como requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em Ortodontia.

Avaliada em 23 / 04 / 2015  
COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rodrigo Hermont Cançado  
Faculdade Ingá

---

Prof. Dr. Fabrício Pinelli Valarelli  
Faculdade Ingá

---

Prof. Dr. Paulo Afonso Silveira Francisconi  
Universidade de São Paulo

## *Danièle Ferreira Bonacin*

12 de outubro de 1979  
Curitiba - PR

Nascimento

Filiação

Vitório Bonacin Filho  
Sonia Regina Ferreira

1997-2001

Curso de Graduação em Odontologia na  
Pontifícia Universidade Católica do  
Paraná - PR

2005-2008

Curso de Especialização em Ortodontia  
na Unidade Avançada de Pós  
Graduação Faculdade Ingá Curitiba - PR

2013-2015

Curso de Mestrado Profissional em  
Odontologia (área de concentração  
Ortodontia) na Faculdade Ingá

## DEDICATÓRIA

*À Deus, que é a fonte de que emana todo o bem que me sucede, por guiar todos os passos de minha caminhada e ter me concedido uma vida maravilhosa e uma família fantástica, que hoje é o bem mais precioso que tenho.*

*Ao meu amado Fernando, que sempre esteve me vigiando e guardando, sinônimo de força e amor incondicional por mim e por nossa família. Esteve comigo em todas as minhas conquistas. Incontáveis foram as vezes que pensei em desistir e você me incentivou, afastou a dor e o desânimo que tentavam me abater. Não tenho palavras para agradecer todo seu amor e dedicação comigo e com nossa família. Não por acaso, cada elogio que recebo dedico a você. Se hoje sou quem sou é devido a você, que sempre me incentivou a ir além dos meus limites, me guiou para a luz no último estágio da dor humana e hoje comemora comigo esta conquista. Te amo.*

*Aos nossos filhos Maria Eduarda, Luís Vitorio e Maria Júlia por compreenderem a ausência da mãe nas vezes que estive ausente e mesmo nas vezes que estava presente, por incentivarem e compreenderem minha dedicação profissional. Neste caminho que trilhei para chegar aqui hoje vocês foram meus maiores e melhores estímulos. Vocês são fantásticos e amo vocês!*

*“Do. Or do not. There is no try.”*

*Mestre Yoda*

## AGRADECIMENTOS

*À minha mãe Sônia, pelo exemplo de guerreira, dedicação e fé, por todas as vezes que me ajudou, que se doou e se dedicou a mim e aos meus filhos.*

*Ao meu pai Vitório, meu primeiro e maior Mestre, meu exemplo de garra e dedicação, sua vida é a maior das lições para mim, pelo amor, pela dedicação, pelos seus grandes sonhos e por suas grandes realizações.*

*À Daniela, pelo carinho, pelo incentivo em sempre crescer, pela confiança e por me dar dois presentes maravilhosos que são meus irmãos, Bruna e Rafael. Agradeço a vocês também meus irmãos, pela presença alegre e encantadora, que enche minha vida de luz e amor.*

*Ao meu irmão Rodrigo e minha cunhada Juliana, pelo apoio e incentivo incondicional, por serem meus companheiros nas horas de alegrias e nas horas difíceis também. Agradeço por estarem sempre ao meu lado e vibrarem com cada vitória minha.*

*À minha irmã Marcelle e meu cunhado Stephane, pelo apoio e incentivo incondicional, pela compreensão da minha ausência, pela amizade e pelo carinho.*

*À Maria que cuida com maestria e carinho de nossa família, sempre disposta e bem humorada. Sem sua ajuda teria sido muito difícil concluir este trabalho!*

*“Admiramos as pessoas pelas suas qualidades,  
e as amamos pelos seus defeitos.”*

*Hellboy*

## AGRADECIMENTOS

*Aos meus pacientes que sentiram minha ausência nestes dias de luta. Obrigada pela paciência e irei recompensá-los com o conhecimento adquirido!*

*Às colegas de trabalho Marcela, Marta, Marta Cristina, Rosângela, Carla, Leidiane e Regina, que por muitas vezes se sobrecarregaram para que eu pudesse me ausentar.*

*Aos professores e alunos da especialização em ortodontia da Uningá Curitiba, pelo carinho e amizade. É tão gratificante conviver com vocês! Vocês me fazem aprender a cada dia!*

*Ao Prof. Dr. Agenor Osório e sua esposa Dra. Suzimara Géa dos Reis Osório, pessoas nas quais tenho muito carinho, respeito e admiração. Obrigada pela confiança em meu trabalho e pelos direcionamentos tanto na vida profissional quanto na vida acadêmica. A cada contato que temos aprendo mais com seus ensinamentos e sei que tenho muito ainda a aprender.*

*Ao Prof. Dr. Marcelo Martins por disponibilizar seu Dispositivo para Testes de Atrito e Força para sistema de braquetes e arcos para que a pesquisa fosse realizada.*

*Ao Dr. Silvío Zílio por disponibilizar o laboratório de pesquisas da Orthometric para realização deste trabalho. Ao Sr. Fabiano Amorim pelo acompanhamento criterioso e assistência durante a realização da pesquisa e no entendimento dos resultados.*

*“Não existe triunfo sem perda,  
não há vitória sem sofrimento  
não há liberdade sem sacrifício”  
Senhor dos Anéis - O Retorno do Rei*

## AGRADECIMENTOS

*Ao Prof. Dr. Fabrício Valarelli por seu entusiasmo e dedicação que sempre demonstrou ao ensinar, incentivando a busca pelo conhecimento e pela relevância científica. Você é um visionário, muito além do seu tempo e seu sucesso me inspira.*

*À Prof. Dra. Karina, coordenadora do curso de Mestrado, por conduzir com competência profissional e firmeza o curso, me direcionando a alcançar nossos objetivos. Admiro sua garra, honestidade e dedicação. Você me inspira a crescer, me mostra que se eu posso ser mais e melhor, basta lutar.*

*Ao Prof. Dr. Rodrigo Hermont Cançado por transmitir de forma simples, sincera e direta os seus valiosos conhecimentos. Sua paciência foi fundamental e seus ensinamentos contribuíram muito para minha formação profissional. Admiro sua dedicação, seu foco e sua competência. Foi uma honra tê-lo como meu orientador.*

*Aos amigos do curso de mestrado Andressa, Fernando, Heitor, Tari e Willian pela amizade, colaboração, cumplicidade e atenção. Uma turma com formações tão distintas, cada um com características tão diferentes, mas um mesmo objetivo. Grande foi conhecimento adquirido dentro e fora da sala de aula, seja ele profissional, acadêmico ou pessoal. Esses dois anos foram de intenso crescimento para mim e vocês tem uma parcela muito grande.*

*Ao amigo Heitor pelo companheirismo, amizade sincera e apoio a mim dispendidos. Compartilhamos alegrias, tristezas e conquistas.*

*À amiga Andressa pela amizade sincera, confiança e por todas as vezes que me escutou e me aconselhou. Obrigada ter me recebido por diversas vezes em sua casa e me possibilitado conviver com sua família maravilhosa.*

*Aos amigos da turma VII André, Julie, Marcelo, Tarso, Ricardo e Romeu, pela convivência e pelo companheirismo.*

*"Despedir-se não é dizer adeus, é apoiar e desejar sucesso para nova jornada que está apenas começando..."*

*Autor Desconhecido*

*"Ao Infinito ... e Além!!!"*

*Buzz Lightyear*

## AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

*Ao Dr. Ricardo Oliveira, diretor da Faculdade Ingá;*

*Ao Dr. Roberto Oliveira, presidente da mantenedora;*

*Ao Dr. Mário dos Anjos Neto Filho, diretor de pós-graduação e coordenador do Programa de Mestrado em Odontologia da Faculdade Ingá;*

*Ao Prof. Ney Stival, diretor de ensino da Faculdade Ingá;*

*Ao Prof. Dr. Helder Dias Casola, coordenador do curso de Graduação em Odontologia da Faculdade Ingá;*

*Salmo 23*

*O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará.  
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me  
mansamente a águas tranquilas.  
Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas  
da justiça, por amor do seu nome.  
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da  
morte, não temeria mal algum, porque tu estás  
comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam.  
Preparas uma mesa perante mim na presença dos  
meus inimigos, unges a minha cabeça com óleo,  
o meu cálice transborda.  
Certamente que a bondade e a misericórdia me  
seguirão todos os dias da minha vida; e  
habitarei na casa do SENHOR por longos dias.*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>ARTIGO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3</b>	<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>1.6</b>	<b>IMPLICAÇÕES CLÍNICAS.....</b>	<b>30</b>
<b>1.7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>1.8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## 1 ARTIGO

### **Comparação das forças de atrito estático e dinâmico em fios de beta titânio**

Daniele Ferreira Bonacin<sup>a</sup>, Rodrigo Hermont Cançado<sup>b</sup>, Karina Maria Salvatorre Freitas<sup>c</sup>, Fabrício Valarelli<sup>d</sup>  
Maringá, Paraná, Brasil

---

**Introdução:** O objetivo deste trabalho foi comparar as forças de atrito estático e dinâmico entre fios de beta titânio em braquetes metálicos autoligáveis e convencionais com ligadura elástica. **Material e Métodos:** Foram avaliados 5 diferentes fios de calibre 0,017" x 0,025", sendo 2 de beta titânio com implantação iônica, 2 de beta titânio não tratados, e 1 de aço inoxidável. Todos os testes foram realizados em um estado seco, a temperatura ambiente de 24°, em uma máquina de ensaio universal EMIC DL 2000. Para comparação dos resultados foi realizada a análise de variância a um critério (ANOVA) e teste de comparações múltiplas de Tukey, com resultados significantes para  $p < 0,05$ . **Resultados:** Todos os fios apresentaram forças de atrito estático e dinâmico menores em braquetes autoligáveis quando comparados aos braquetes convencionais. Nos braquetes autoligáveis os fios com as menores forças de atrito foram o fio de aço inoxidável e o BetaFlexy e os fios com as maiores médias foram os fios de beta titânio com implantação de íons. Nos braquetes convencionais com ligadura elástica as forças de atrito dos fios o beta titânio com implantação de íons -TMA Colors Low Friction Purple foram semelhantes ao fio de aço inoxidável. **Conclusão:** A implantação iônica em fios de beta titânio não promove uma redução nas forças de atrito quando estes fios são utilizados no sistema autoligável, porém o fio TMA Colors Low Friction Purple apresenta forças de atrito semelhante ao aço inoxidável quando estes fios são utilizados em braquetes convencionais com ligadura elástica.

---

**PALAVRAS CHAVE:** Ortodontia, Fios Ortodônticos, Titânio, Molibdênio, Fricção, Estudo Comparativo

**Comparison of static and dynamic friction forces beta titanium wires.**

Introduction: The aim of this study was to compare the static and dynamic forces of friction on beta titanium wires in metal self-ligating and conventional with elastic ligation brackets. Material and Methods: Five types of different wires, calibre 0,017" x 0,025", was analysed: 2 of beta titanium with ionic implantation, 2 of beta titanium not treated, and 1 of stainless steel wire. All the tests were performed on dry condition, environment temperature of 24°C, in universal test machine EMIC DL 2000. To compare the results was performed the analysis of variance one way (ANOVA) and Tukey's multiple comparison test with significant results of  $p < 0,05$ . Results: All wires has performed lower static and dynamic force of friction on self-ligating brackets when it was compared to conventional brackets. In the self-ligating bracket, the wires which performed the lowest force of friction was the stainless steel wires and BetaFlexy, the highest medias were the beta titanium with ions implementation. For the conventional brackets test with elastomeric ligation, the behaviour of the force of friction in beta titanium wires with ions implementation, -TMA Colors Low Friction Purple, was similar to the stainless steel wires. Conclusion: The ion implantation in beta titanium wire does not reduce friction forces when are used in self-ligation system, but the wire TMA Low Friction Purple Color features similar to frictional forces the stainless steel wires when are used in conventional brackets with elastic ligation.

Keywords: Orthodontics, Orthodontic Wires, Titanium, Molybdenum, Friction, Comparative Study.

## 1.1 INTRODUÇÃO

Em 1979 Goldberg e Burstone (GOLDBERG; BURSTONE, 1979) descreveram a liga de beta titânio, que continha 79% Titânio, 11% Molibdênio, 6% Zircônio e 4% Estanho. Esta liga apresentava as seguintes vantagens:

- 1) o módulo de elasticidade abaixo do aço inoxidável e perto da liga de níquel-titânio (NiTi) convencional,
- 2) excelente formabilidade,
- 3) soldabilidade por aceitar a solda a ponto, e
- 4) um baixo potencial para hipersensibilidade, por não conter níquel na sua composição.

Mas por outro lado apresentava elevada rugosidade de superfície, a qual aumenta o atrito na interface de fio e braquete durante o processo de deslizamento, e era mais suscetível à fratura durante a dobragem. (KAPILA; SACHDEVA, 1989)

Por muito tempo havia apenas duas apresentações de beta titânio, o TMA e o titânio Nióbio, após ser revogado o registro de patente da liga no ano de 2000, muitos fabricantes começaram a produzir arcos, revelando que ela tem grande aplicabilidade e é comercialmente viável. Estudos revelam que com o passar do tempo mais profissionais passaram a utilizar as ligas de beta titânio tanto nos estágios iniciais quanto finais do tratamento. (KEIM et al., 2008; RAMPON et al., 2013)

A princípio foi utilizada para aplicação específica em uma técnica do arco segmentado para confecção de alças de retração, mas então foi utilizada para confeccionar dispositivos que armazenavam energia como arco de intrusão, mola de verticalização molar, cantilever para intrusão ou extrusão dentária e em molas de distalização. Todas estas aplicações tornam possível individualizar o movimento do dente e ainda proporcionar um sistema de força controlado (GURGEL; PINZAN-VERCELINO; POWERS, 2011).

Sendo assim, a boa formabilidade da liga torna possível simplificar o desenho do aparelho, reduzindo a quantidade de helicoides e loops. (KAPILA; SACHDEVA, 1989)

Essa excelente combinação de força e flexibilidade torna os fios de beta titânio extremamente úteis como fios de intermediários entre o alinhamento inicial e estágios de acabamento de tratamento ortodôntico (KULA et al., 1998).

Para aumentar sua aplicabilidade na ortodontia e minimizar as características negativas do fio, principalmente como alternativa para pacientes sensíveis ao níquel (KUSY; WHITLEY; DE ARAUJO GURGEL, 2004), foram desenvolvidos tratamentos de superfície do fio.

A implantação de íons é feita dentro de uma câmara de vácuo, onde um fluxo de vapor de íons (neste caso nitrogênio e oxigênio) é gerado por um evaporador de feixe de elétrons e acelerados em direção ao fio ortodôntico. Esses íons penetram na superfície do fio no momento do impacto e constroem uma estrutura extremamente dura composta tanto do fio original quanto dos íons. As vantagens em relação aos revestimentos convencionais são: 1) Não gera interface nítida entre revestimento e fios; 2) Aumenta a dureza, a resistência a fadiga e a ductilidade; 3) Diminui o atrito entre fio e braquete; 4) Não altera as dimensões dos fios, permitindo a produção de fios de alta qualidade com poucas tolerâncias dimensionais (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995).

A força de atrito entre o fio e o braquete é reconhecida como fator negativo, que afeta a mecânica de deslize. Para que haja um movimento dentário ótimo é necessário reduzir ou eliminar o atrito o máximo possível, embora seja impossível fazer um sistema sem atrito nenhum (DOSHI; BHAD-PATIL, 2011).

Burstone e Frazin-Nia, 1995 (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995) observaram coeficientes de atrito diferentes entre fios com implantação de íons, sendo o TMA Colors Purple com o menor coeficiente de atrito e o TMA Low Friction com a maior, e os dois fios com coeficientes significativamente menores que o beta titânio convencional.

Estes mesmos resultados foram observados por Husmann e colaboradores, 2002 (HUSMANN et al., 2002) que também compararam 8 fios com tratamento de superfície e 3 fios não tratados e afirmam que a implantação iônica pode ser eficiente na redução do atrito, dependendo do tipo de íon a ser implantado, se comparado ao fio não tratado da mesma marca.

Numa comparação entre o valor das forças de atrito de diferentes arcos em angulações de segunda ordem, Fernandes, Leitão e Jardim, 2007 (FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007) verificaram forças semelhantes entre o aço inoxidável,

Stainless Steel Ormco; níquel titânio, Ni-Ti Ormco e o TMA Low Friction, Ormco, sendo que apenas o beta titânio não tratado, TMA Ormco, apresentou forças de atrito maiores que os demais fios.

Ao incluir apenas o TMA Colors Honeydew, Ormco com implantação iônica em seu estudo, Doshi e Bhad-Patil, 2011 (DOSHI; BHAD-PATIL, 2011) observaram forças de atrito deste fio semelhantes ao do aço inoxidável.

Ainda avaliando o benefício da implantação de íons no fio de beta titânio em reduzir as forças de atrito Premanand e Saravana Kumar, 2014 (PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014) concluíram que o fio TMA Colors Honeydew, Ormco, tem as menores forças de atrito e o TMA Color Acqua, Ormco é que tem as forças de atrito semelhante ao aço inoxidável.

Por outro lado, Cash e colaboradores, 2004 (CASH et al., 2004) concluíram não haver vantagem significativa ao usar fios de beta titânio com implantação de íons em substituição ao aço inoxidável para fechamento de espaços na mecânica deslize. Nos fios tratados a menor força de atrito encontrada foi do TMA Colors Honeydew, e os demais fios coloridos tiveram suas forças de atrito maiores que as do fio de beta titânio não tratado.

Kusy e colaboradores, 2004 (KUSY; WHITLEY; DE ARAUJO GURGEL, 2004) também não concordam que haja vantagem no uso do fio TMA Low Friction pela redução do atrito, pois encontraram os mesmos coeficientes de atrito entre o TMA Low Friction e o TMA não tratado, sendo que estes dois fios foram os que apresentaram os maiores coeficientes de atrito. Também acreditam que hajam apenas dois fornecedores de liga de beta titânio, pois pela composição dos fios conseguiram separar em dois grupos a amostra.

Em um estudo clínico, Kula e colaboradores, 1998 (KULA et al., 1998) verificaram que ao fazer o fechamento de espaços de extração na mecânica de deslize não houve diferença significativa entre o fio de beta titânio tratado e o não tratado, não encontrando benefício real na redução de atrito do fio de beta titânio. Foi realizada a implantação de íon de nitrogênio (Spire Corporation) em apenas metade de cada fio de beta titânio TMA, Ormco calibre 0,019x0,025". O paciente, o ortodontista e o examinador não sabiam qual era o lado tratado e o não tratado, os fios foram codificados e distribuídos.

Sendo assim não há um consenso sobre qual o fio de beta titânio tem o menor valor de força de atrito e qual a real importância disso para o ortodontista clínico, visto que há uma variação muito grande no custo de cada fio.

Diante do exposto acima, pelos resultados conflitantes na literatura, o objetivo deste trabalho é avaliar as forças de atrito estático e dinâmico entre os fios de aço inoxidável, TMA Low Friction, TMA Colors Purple, beta titânio Resolve e beta titânio BetaFlexy. A seguinte hipótese de nulidade será testada: - Não há diferença nas forças de atrito estático e dinâmico entre os fios de beta titânio TMA Colors Purple, TMA Low Friction, Resolve, BetaFlexy e o fio de aço inoxidável, em braquetes convencionais com ligadura elástica e autoligáveis.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

### Material

Antes do início da pesquisa foi realizado um cálculo amostral para se determinar o número mínimo de segmentos de fios em cada grupo. Para evitar o erro do tipo I foi realizado o cálculo amostral considerando  $\alpha=5\%$  (erro tipo I),  $\beta=20\%$  (erro tipo II), uma variabilidade estimada (s) de 0,1 (DOSHI; BHAD-PATIL, 2011) e uma mínima diferença a se detectar (d) nas forças de atrito estático e dinâmico de 0,08N. Os resultados mostraram que uma amostra de 14 segmentos de fio em cada grupo (já considerando eventuais perdas) confere um poder do teste de 80%.

Dois tipos de braquetes metálicos com canaleta 0.018” prescrição Roth de primeiro e segundo pré-molares superiores direitos foram utilizados: autoligável com porta de Nitinol (Abzil Portia, 3M do Brasil, São José do Rio Preto, SP) e convencional (Kirium Abzil, 3M do Brasil, São José do Rio Preto, SP). (Tabela 1)

Tabela 1. Braquetes utilizados na amostra.

TIPO	MODELO	MARCA COMERCIAL	ORIGEM	QUANTIDADE	LOTE
Convencional	Abzil Kirium Roth 0,018”	3M do Brasil	São José do Rio Preto, SP, Brasil	1	1433000375
Autoligável	Abzil Portia Roth 0,018”	3M do Brasil	São José do Rio Preto, SP, Brasil	1	1416200968

Tabela 2. Fios utilizados na amostra

MODELO	TIPO	MARCA COMERCIAL	ORIGEM	QUANTIDADE	LOTE
TMA Low Friction	Beta titânio com implantação de íons	Ormco Corp	Glendora, CA, USA	30	061300261
TMA Colors Purple	Beta titânio com implantação de íons	Ormco Corp	Glendora, CA, USA	30	11C45
Beta Flexy	Beta Titânio	Orthometric	Beijing, China	30	1008725108
Resolve	Beta titânio	GAC - Denstply	Bohemia, NY, USA	30	F1015606

Orthometric SS	Aço Inoxidável	Orthometric	Marília, SP	30	217541
----------------	----------------	-------------	-------------	----	--------

Foram testados 5 diferentes: sendo 2 de beta titânio com implantação iônica (TMA Low Friction,Ormco Corp, Glendora, CA; TMA Colors Low Friction Purple, Ormco Corp, Glendora, CA), 2 de beta titânio não tratados (BetaFlexy, Orthometric, Beijing, China; Resolve, GAC- Dentsply, Bohemia, NY), e 1 de aço inoxidável (Orthometric SS, Orthometric, Marília, SP) (Tabela 2). Todos os arcos eram de calibre 0,017” x 0,025” e foram utilizados 300 segmentos com 45mm retirados a partir das extremidades de cada fio. Os braquetes autoligáveis foram ligados ao fio pelo fechamento da porta da canaleta e os braquetes convencionais por ligadura elástica (Dental Morelli, Sorocaba, SP).

Para medir as dimensões de cada segmento de arco foi utilizado um micrômetro digital externo (IP54, 0 a 25mm, Insize, São Paulo, SP), confirmando que todos os segmentos possuíam as dimensões indicadas pelos fabricantes.

### **Métodos**

O teste de atrito foi realizado no Laboratório de Qualidade da fábrica Orthometric (Marília, SP) com a máquina de ensaios universal EMIC DL 2000 (EMIC, São José dos Pinhais, PR), a temperatura ambiente de 24° C, em estado seco.

Antes do ensaio, o corpo de prova foi preparado com a colagem dos braquetes com resina fotopolimerizável Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA) no Dispositivo para Testes de Atrito e Força para sistema de braquetes e arcos, desenvolvido por Martins(MARTINS, 2008) (Figura 1). A fim de que as angulações e inclinações embutidas nos acessórios pré ajustados não interferissem nos resultados foi utilizado o centralizador para colagem.

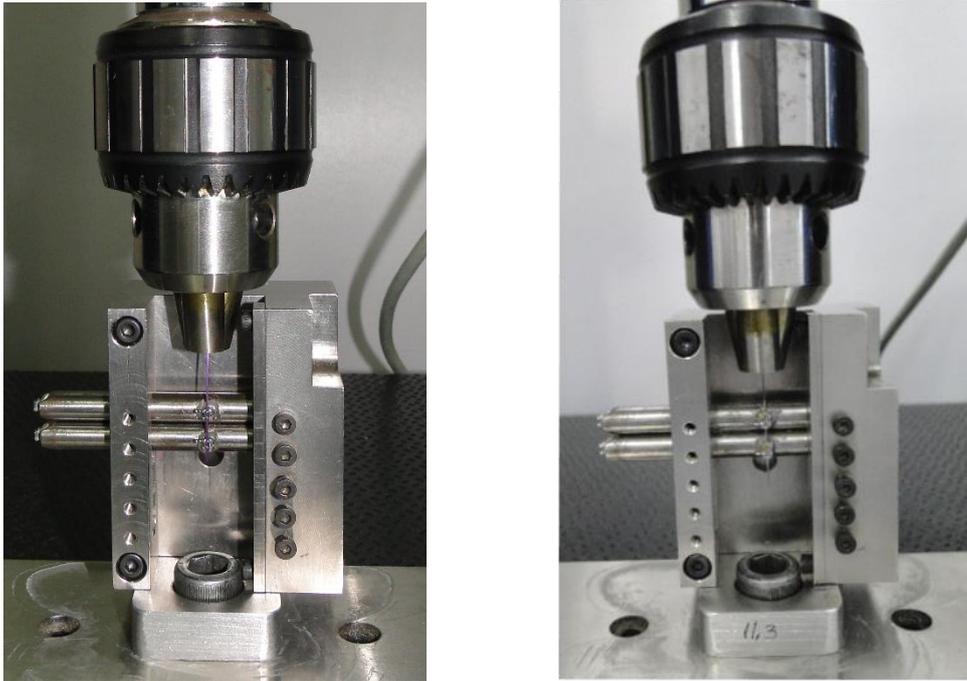


Figura 1. Dispositivo fixado na máquina de ensaios com braquete autoligável (1.A) e com braquete convencional (1.B).

O Dispositivo foi fixado a máquina de ensaios, alinhado ao mandril de apreensão do fio. Os fios foram ligados aos braquetes deixando uma distância de 6mm entre a extremidade do fio e a face distal do segundo braquete. Então foi baixado o mandril e feita a apreensão do fio. (Figura 1)

A célula de carga de 10N foi calibrada entre 0 e 10N e os fios foram puxados verticalmente pelas canaletas braquetes a uma velocidade de 5mm/min durante 1 minuto. Os resultados de atrito estático e dinâmico foram registrados em computador pelo programa TESC 3.04, em forma de um gráfico de força x deslocamento. A máxima força para iniciar o movimento foi registrada como o atrito estático e a média de deslocamento foi registrada como atrito dinâmico.

### 1.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Estatística Descritiva, incluindo média e desvio padrão, foi calculada para cada combinação de fio e braquete.

A comparação entre os grupos foi realizada por meio da análise de variância a um critério (ANOVA) e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Foram considerados resultados significantes para  $p < 0,05$ . Os dados foram analisados pelo software *Statística for Windows* (versão 7.0, Statsoft, 2005).

#### **1.4 RESULTADOS**

As forças de atrito estático e dinâmico em todos fios foram menores no braquete autoligável (tabela 3) em comparação ao braquete convencional com ligadura elástica (tabela 4).

No braquete autoligável as menores forças de atrito estático e dinâmico foram observadas no fio de aço inoxidável e no fio beta titânio BetaFlexy. Foram observadas as maiores forças de atrito nos fios TMA Low Friction e TMA Colors Purple. (Tabela 3)

O TMA Low friction foi o fio que apresentou as maiores forças de atrito estático e dinâmico, nos dois tipos de braquetes, além do maior desvio padrão.

No sistema de braquete convencional com ligadura elástica os fios que apresentaram as menores forças de atrito estático e dinâmico foram o fio de o aço inoxidável e o fio de TMA Colors Purple. As maiores forças de atrito foram observadas nos fios TMA Low Friction e no fio de beta titânio Resolve (Tabela 4).

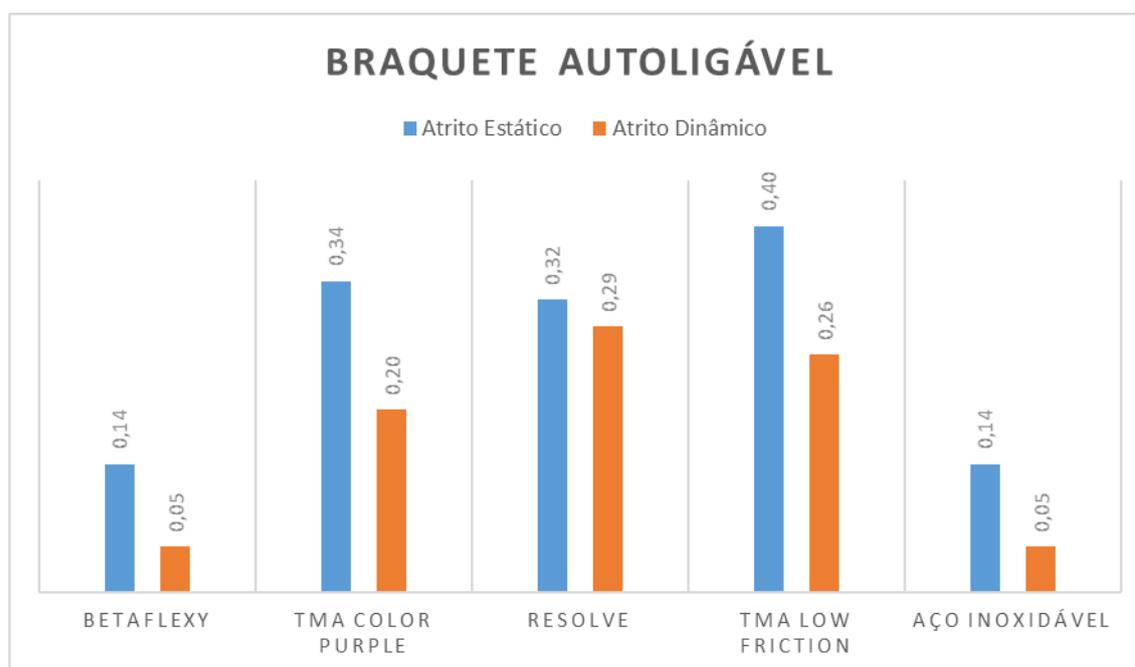
**Tabela 3** - Resultados da análise de variância a um critério (ANOVA) na comparação das forças de atrito estático e dinâmico no braquete autoligável

Força (N)	Beta titânio BetaFlexy	TMA Color Purple	Beta titânio Resolve	TMA Low Friction	Aço Inoxidável	p
Atrito Estático	0,14 (0,05) <sup>A</sup>	0,34 (0,09) <sup>B,C</sup>	0,32 (0,09) <sup>B</sup>	0,40 (0,16) <sup>C</sup>	0,14 (0,03) <sup>A</sup>	0,0000*
Atrito Dinâmico	0,05 (0,05) <sup>A</sup>	0,20 (0,08) <sup>B,C</sup>	0,19 (0,09) <sup>B</sup>	0,26 (0,15) <sup>C</sup>	0,05 (0,03) <sup>A</sup>	0,0000*

\*Estatisticamente significativa para  $p < 0,05$

Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significantes ( $p < 0,05$ ) no teste de comparações múltiplas de Tukey.

Gráfico 1 – Média das forças de atrito estático e dinâmico nos braquetes autoligáveis.



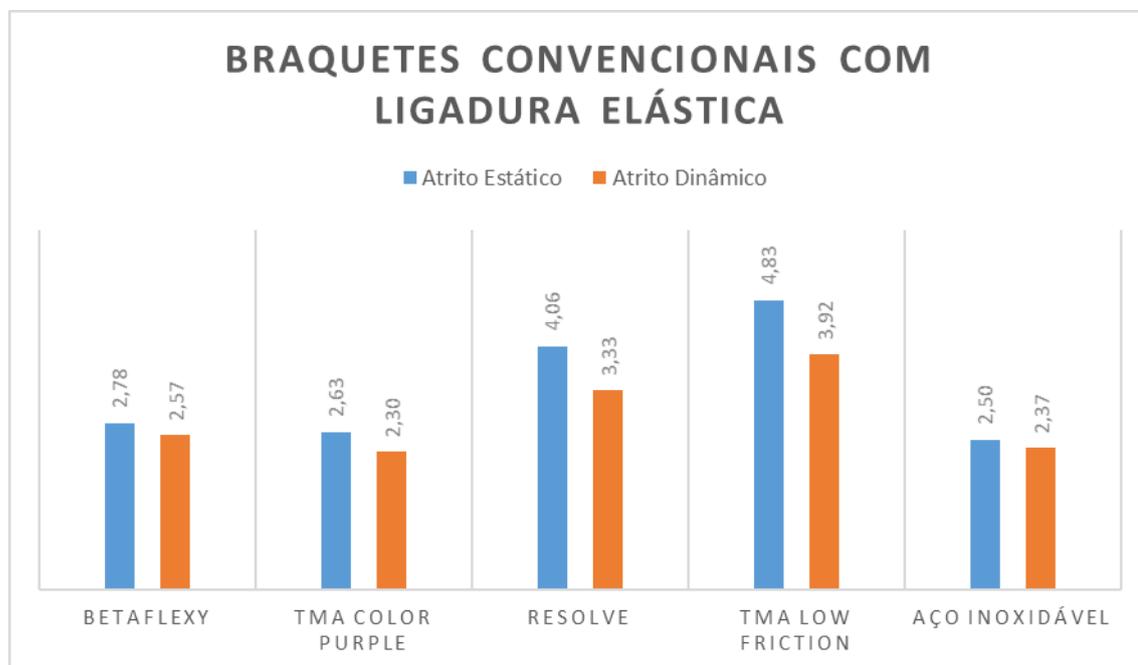
**Tabela 4**—Resultados da análise de variância a um critério (ANOVA) na comparação das forças de atrito estático e dinâmico no braquete convencional

Força (N)	Beta titânio BetaFlexy	TMA Color Purple	Beta titânio Resolve	TMA Low Friction	Aço Inoxidável	p
Atrito Estático	2,78 (0,23) <sup>A</sup>	2,63 (0,19) <sup>A,D</sup>	4,06 (0,38) <sup>B</sup>	4,83 (0,40) <sup>C</sup>	2,50 (0,21) <sup>D</sup>	0,0000*
Atrito Dinâmico	2,57 (0,26) <sup>A</sup>	2,30 (0,26) <sup>B</sup>	3,33 (0,39) <sup>C</sup>	3,92 (0,54) <sup>D</sup>	2,37 (0,22) <sup>A,B</sup>	0,0000*

\* Estatisticamente significativa para  $p < 0,05$

Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significantes ( $p < 0,05$ ) no teste de comparações múltiplas de Tukey.

Gráfico 2 - Média das forças de atrito estático e dinâmico nos braquetes convencionais com ligadura elástica.



## 1.5 DISCUSSÃO

### Material e Métodos

#### Metodologia

Com o intuito de diminuir as inferências externas que influenciem nos resultados foi optado por realizar uma pesquisa laboratorial, pois em pesquisas clínicas há a possibilidade de haver interferência da resposta individual. (EVANS; JONES; NEWCOMBE, 1998; MARIANO; JANUZZIII; GROSSMANN, 2009; RINCHUSE et al., 2005) Os resultados podem ser diferentes em um estudo clínico, mas o padrão de resultados é semelhante entre o estudo clínico e laboratorial, dando uma margem para comparações.(KAPILA; SACHDEVA, 1989) (GURGEL et al., 2001)

## Escolha do fio e do braquete

O fio retangular foi escolhido para este estudo pois, além de ser o fio de escolha para o alinhamento e nivelamento braquetes, oferece controle em todos os três planos do espaço (ANGOLKAR et al., 1990; KUSY, 1981), enquanto fio redondo dá o controle apenas em dois planos.

Comercialmente o maior calibre de fio retangular de beta titânio com implantação de íons encontrado para a realização deste estudo foi o 0,017 x 0,025", que definiu o tamanho dos demais fios da amostra. Nota-se que não houveram muitas pesquisas com esse calibre de fio, visto que nos estudos anteriores com fio de beta titânio com implantações de íons a maioria dos pesquisadores utilizaram os fios de calibre 0,019x0,025" (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995; CASH et al., 2004; DOSHI; BHAD-PATIL, 2011; FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007; KULA et al., 1998), e ainda poucos pesquisadores utilizaram o calibre 0,016x0,022" (HUSMANN et al., 2002; PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014). Kusy, Whitley e Gurgel, 2004 (KUSY; WHITLEY; DE ARAUJO GURGEL, 2004) utilizaram em seu estudo os fios de beta titânio no calibre 0,017x0,025", mas diferente deste estudo foi utilizado o braquete com canaleta 0,022". Nas pesquisas que utilizaram os fios no calibre 0,016x0,022" o tamanho da canaleta dos braquetes foi 0,018" e nas demais pesquisas que utilizaram o fio no calibre 0,019x0,025" o tamanho da canaleta foi 0,022".

Visando uma maior interação entre o fio e a canaleta do braquete foi optado pelo braquete com canaleta 0,018" para deslizar o fio 0,017x0,025". Sendo que isso foi decisivo pela definição da marca, por ser a única marca que disponibiliza o braquete convencional e o autoligável nessa dimensão. Essa pequena diversidade de marcas com este tamanho de canaleta se confirma por não ser a primeira escolha da maioria dos pesquisadores como visto acima e nem dos ortodontistas clínicos (RAMPON et al., 2013). Os braquetes escolhidos foram os de pré-molares por representarem a parte posterior do arco dentário.

## Escolha da Ligadura

Na literatura já utilizaram placas de metal (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995), braquetes com ligaduras metálicas (HUSMANN et al., 2002; KUSY; WHITLEY; DE ARAUJO GURGEL, 2004; PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014), braquetes sem ligação nenhuma (CASH et al., 2004; DOSHI; BHAD-PATIL, 2011) e braquetes com ligadura elástica (FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007) para avaliar os fios de beta titânio com implantação de íons. Neste estudo foi optado por utilizar o braquete com ligadura elástica devido à proximidade desta situação com a prática clínica de grande parte dos consultórios (RAMPON et al., 2013). Neste estudo também foi optado por avaliar as forças de atrito em braquetes autoligáveis, principalmente devido ao clip da canaleta ser feito de uma terceira liga, o nitinol (3M, 2011).

## Máquina de ensaios e célula de carga

Espera-se que fios ortodônticos liberem forças baixas em torno de 1N (100gf), foi selecionada para esta pesquisa uma célula de carga de 10 N (1Kgf). Estas células de carga da marca EMIC têm acurácia de + ou - 0,3% do valor da leitura. Assim, o valor de leitura de força de 60cN, por exemplo, tem erro máximo de 0,18cN. O resultado do valor das forças liberadas pelo teste têm acurácia significativa. Essa célula de carga tem o mesmo valor utilizado nas pesquisas de Burstone e Farzin-Nia (1995), Doshi e Bhad-Patil (2011) e Cash e colaboradores (2004), embora tenham usado a máquina de ensaios universal Instron (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995; CASH et al., 2004; DOSHI; BHAD-PATIL, 2011).

A velocidade de deslocamento da máquina de ensaios para puxar o fio usada neste estudo de 5mm/min está de acordo com os estudos de Fernandes, Leitão e Jardim (2007) e Premanand e Saravana Kumar (2014) (FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007; PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014), embora Ireland, Sherriff e McDonald (1991) (IRELAND; SHERRIFF; MCDONALD, 1991) já tenham afirmado que velocidades entre 0,5 e 50mm/min fornecem os mesmos resultados.

## Resultados

As forças de atrito estático e dinâmico em todos fios encontradas neste estudo foram menores no braquete autoligável em comparação ao braquete convencional com ligadura elástica. Este resultado está de acordo com a unanimidade de outros estudos na literatura (PIZZONI; RAVNHOLT; MELSEN, 1998; SHIVAPUJA; BERGER, 1994; SIMS et al., 1993; THOMAS; SHERRIFF; BIRNIE, 1998), devido à pressão que a ligadura exerce no fio sobre a canaleta do braquete (SHIVAPUJA; BERGER, 1994) (TECCO et al., 2007).

No braquete autoligável as menores forças de atrito estático e dinâmico foram observadas no fio de aço inoxidável e no fio beta titânio BetaFlexy. Esse comportamento do fio de aço já era esperado por ser semelhante a vários resultados na literatura em que o fio de aço apresenta as menores forças de atrito (CASH et al., 2004; DOSHI; BHAD-PATIL, 2011; DRESCHER; BOURAUUEL; SCHUMACHER, 1989), mas o fio de beta titânio convencional até então apresentou forças de atrito maiores e não semelhantes ao aço (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995; CASH et al., 2004; DOSHI; BHAD-PATIL, 2011; FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007; KAPILA; SACHDEVA, 1989; PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014). Isso pode ser explicado devido a maioria das pesquisas ter sido feita com fios TMA, Ormco, e este fio apresentar forças de atrito maiores que a do aço inoxidável. Neste estudo não foi comparada esta marca por não haver disponibilidade comercial.

No braquete autoligável foram observadas as maiores forças de atrito nos fios TMA Low Friction e TMA Colors Purple. Contrariando as pesquisas de alguns autores (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995; FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007; PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014) que encontraram baixas forças de atrito nos fios com implantação de íons. No entanto estes resultados são semelhantes aos encontrados por Cash e colaboradores (2004) e Kusy, Whitley e Araujo Gurgel (2004) (CASH et al., 2004; KUSY; WHITLEY; DE ARAUJO GURGEL, 2004), que encontraram forças de atrito maiores nos fios de beta titânio tratados com implantação de íons. Devido à diferença no método de ligação entre esta pesquisa e as outras na literatura, principalmente pela interação dos fios de beta titânio com implantação de íons e o braquete autoligável de aço com clip de nitinol há dificuldade em comparar tal resultado.

No sistema de braquete convencional com ligadura elástica os fios que apresentaram as menores forças de atrito estático e dinâmico foram o fio de aço inoxidável e o fio de TMA Colors Purple. Esses resultados estão em concordância com os estudos de Burstone e Farzin-Nia (1995) e Premanand e Saravana Kumar, (2014) (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995; PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014) que encontraram as menores forças de atrito para estes mesmos fios, comprovando a eficácia da implantação de íons no fio TMA Color Purple para reduzir o atrito.

As maiores forças de atrito foram observadas nos fios TMA Low Friction e no fio de beta titânio Resolve. No estudo de Kusy e colaboradores, 2004 (KUSY; WHITLEY; DE ARAUJO GURGEL, 2004) foram observados resultados diferentes destes, pois verificaram que o coeficiente de atrito estático e dinâmico do fio Resolve foi significativamente menor que o fio TMA Low Friction, podendo esta diferença ser atribuída ao fato dos autores terem utilizado apenas um braquete e os métodos de ligação ser diferente. Mas por outro lado na literatura vários autores citam o beta titânio como o fio com maior atrito (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995; DOSHI; BHAD-PATIL, 2011; DRESCHER; BOURAUUEL; SCHUMACHER, 1989; FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007; PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014).

Ao avaliar as forças de atrito estático e dinâmico com os braquetes autoligáveis e braquetes convencionais com ligadura elástica o fio que apresentou as maiores médias e o maior desvio padrão foi o TMA Low Friction. Em outras comparações semelhantes os Husmann (2002), Fernandes, Leitão e Jardim (2007) e Premanand e Saravana Kumar (2014) (HUSMANN et al., 2002) (FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007) (PREMANAND; SARAVANA KUMAR, 2014) também encontraram este alto desvio padrão, mesmo encontrando forças de atrito menores que no fio de beta titânio não tratado. A apenas uma pesquisa encontrou a maior força de atrito, tanto estática quanto dinâmica e o maior desvio padrão, dentre os fios pesquisados (KUSY; WHITLEY; DE ARAUJO GURGEL, 2004) para o fio TMA Low Friction.

Nos estudos que afirmam que a implantação de íons reduz o atrito em relação ao beta titânio não tratado (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995; DOSHI; BHAD-PATIL, 2011; FERNANDES; LEITÃO; JARDIM, 2007), comparam dentro da mesma marca comercial. Não é possível afirmar que todos os fios de beta titânio não tratados têm forças de atrito maiores que os fios com implantação de íons, visto que entre marcas

há uma diferença na performance dos fios. Mas por este estudo é possível avaliar o comportamento dos dois fios de beta titânio com implantação de íons estudados.

Os dois tipos de fios de beta titânio com implantação de íons apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si. No estudo de Burstone e Farzin-Nia (1995) (BURSTONE; FARZIN-NIA, 1995) também encontraram essa diferença, sendo que o TMA low friction teve os piores resultados em relação ao atrito e o TMA Colors Purple apresentou resultados melhores, assim como neste estudo com o braquete convencional. Essa diferença evidencia que a implantação de íons pode ser eficiente em reduzir o atrito, mas diferenças nesta implantação pode influenciar a performance do fio.

## **1.6 IMPLICAÇÕES CLÍNICAS**

As altas forças de atrito estático e dinâmico do TMA Low Friction, tanto nos braquetes convencionais quanto nos autoligáveis estão de acordo os trabalhos de outros autores. Clinicamente, esses resultados revelam uma inconsistência na qualidade e homogeneidade dos fios fabricados, pois demonstra uma variação de qualidade dentro de um mesmo lote, no que diz respeito a forças de atrito. (HUSMANN et al., 2002)

Os fios TMA Low Friction não representam uma boa opção no uso da mecânica de deslize, devido às altas forças de atrito que devem ser superadas durante a mecânica.

Os fios TMA Colors Purple representam uma opção para a mecânica de deslize por terem seu comportamento semelhante estatisticamente ao aço inoxidável nos braquetes convencionais com ligadura elástica, apenas para uso em pacientes com alergia a níquel. O baixo módulo de elasticidade deste fio em relação ao aço inoxidável torna difícil o controle do torque na região anterior, podendo haver uma inclinação excessiva dos dentes para lingual ou palatina. Aliada a esta dificuldade o preço de mercado do TMA Colors Purple ainda é muito superior ao do aço inoxidável, inviabilizando seu uso em casos que a utilização do aço inoxidável é possível.

Na literatura muitos estudos comparam as forças de atrito entre os fios TMA Colors e TMA Low Friction com o TMA, que é o beta titânio da mesma marca comercial. Na grande maioria dos estudos as forças de atrito são muito maiores nesse fio, mas isso não deve ser generalizado para todos os fios não tratados, pois neste estudo observou-se que os fios de beta titânio aqui avaliados não apresentaram essas forças tão elevadas.

## 1.7 CONCLUSÃO

A hipótese de nulidade foi rejeitada, pois os fios de beta titânio apresentam diferentes forças de atrito estático e dinâmico, quando deslizados em braquetes metálicos autoligáveis e convencionais com ligadura elástica. Tendo o seguinte comportamento:

1. Os fios de TMA Low Friction apresentaram as maiores forças de atrito tanto nos braquetes autoligáveis, quanto nos convencionais com ligadura elástica.
2. Os fios de aço inoxidável e o fio Beta Flexy apresentaram as menores forças de atrito estático e dinâmico em braquetes autoligáveis.
3. Os fios de aço inoxidável e TMA Colors Purple apresentaram as menores forças de atrito em braquetes convencionais com ligadura elástica.

## 1.8 REFERÊNCIAS

3M, A. Catálogo Portia - Braquetes Autoligados. In: UNITEK, M., editor. 2011.

ANGOLKAR, P.V. et al. Evaluation of friction between ceramic brackets and orthodontic wires of four alloys. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.98, n.6, p.499-506, 1990.

BURSTONE, C.J.; FARZIN-NIA, F. Production of low-friction and colored TMA by ion implantation. **J Clin Orthod**, v.29, n.7, p.453-61, 1995.

CASH, A. et al. A comparative study of the static and kinetic frictional resistance of titanium molybdenum alloy archwires in stainless steel brackets. **Eur J Orthod**, v.26, n.1, p.105-11, 2004.

DOSHI, U.H.; BHAD-PATIL, W.A. Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.139, n.1, p.74-9, 2011.

DRESCHER, D.; BOURAUUEL, C.; SCHUMACHER, H.A. Frictional forces between bracket and arch wire. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.96, n.5, p.397-404, 1989.

EVANS, T.J.; JONES, M.L.; NEWCOMBE, R.G. Clinical comparison and performance perspective of three aligning arch wires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.114, n.1, p.32-9, 1998.

FERNANDES, N.; LEITÃO, J.; JARDIM, L. Influência do Tipo de Fio Ortodôntico e da Angulação de Segunda Ordem sobre as Forças de Fricção. **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial**, v.48, n.1, p.5-14, 2007.

GOLDBERG, J.; BURSTONE, C.J. An evaluation of beta titanium alloys for use in orthodontic appliances. **J Dent Res**, v.58, n.2, p.593-99, 1979.

GURGEL, J.A. et al. Force-deflection properties of superelastic nickel-titanium archwires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.120, n.4, p.378-82, 2001.

GURGEL, J.A.; PINZAN-VERCELINO, C.R.; POWERS, J.M. Mechanical properties of beta-titanium wires. **Angle Orthod**, v.81, n.3, p.478-83, 2011.

HUSMANN, P. et al. The frictional behavior of coated guiding archwires. **J Orofac Orthop**, v.63, n.3, p.199-211, 2002.

IRELAND, A.J.; SHERRIFF, M.; MCDONALD, F. Effect of bracket and wire composition on frictional forces. **Eur J Orthod**, v.13, n.4, p.322-8, 1991.

KAPILA, S.; SACHDEVA, R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.96, n.2, p.100-9, 1989.

KEIM, R.G. et al. 2008 JCO Study of Orthodontic Diagnosis and Treatment Procedures. Part 2: breakdowns of selected variables. **J Clin Orthod**, v.42, n.12, p.699-710; quiz 27, 2008.

KULA, K. et al. Effect of ion implantation of TMA archwires on the rate of orthodontic sliding space closure. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.114, n.5, p.577-80, 1998.

KUSY, R.P. Comparison of nickel-titanium and beta titanium wire sizes to conventional orthodontic arch wire materials. **Am J Orthod**, v.79, n.6, p.625-9, 1981.

KUSY, R.P.; WHITLEY, J.Q.; DE ARAUJO GURGEL, J. Comparisons of surface roughnesses and sliding resistances of 6 titanium-based or TMA-type archwires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.126, n.5, p.589-603, 2004.

MARIANO, M.T.S.; JANUZZIII, E.; GROSSMANN, E. Ortodontia baseada em evidência científica: incorporando ciência na prática clínica. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v.14, n.3, p.107-13, 2009.

MARTINS, M.F. Dispositivo para testes de atrito e força para sistemas de braquetes e arcos. Campinas: Faculdade São Leopoldo Mandic; 2008.

PIZZONI, L.; RAVNHOLT, G.; MELSEN, B. Frictional forces related to self-ligating brackets. **Eur J Orthod**, v.20, n.3, p.283-91, 1998.

PREMANAND, P.; SARAVANA KUMAR, S. A Comparative Evaluation of the Frictional Resistance between Stainless Steel, TMA and Low Friction TMA Orthodontic Archwires – An In-Vitro Study. **International Journal of Recent Trends in Science And Technology**, v.10, n.1, p.74-81, 2014.

RAMPON, F.B. et al. Profile of the orthodontist practicing in the State of Sao Paulo--part 2. **Dental Press J Orthod**, v.18, n.1, p.32 e1-6, 2013.

RINCHUSE, D.J. et al. Understanding science and evidence-based decision making in orthodontics. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.127, n.5, p.618-24, 2005.

SHIVAPUJA, P.K.; BERGER, J. A comparative study of conventional ligation and self-ligation bracket systems. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.106, n.5, p.472-80, 1994.

SIMS, A.P. et al. A comparison of the forces required to produce tooth movement in vitro using two self-ligating brackets and a pre-adjusted bracket employing two types of ligation. **Eur J Orthod**, v.15, n.5, p.377-85, 1993.

TECCO, S. et al. An in vitro investigation of the influence of self-ligating brackets, low friction ligatures, and archwire on frictional resistance. **Eur J Orthod**, v.29, n.4, p.390-7, 2007.

THOMAS, S.; SHERRIFF, M.; BIRNIE, D. A comparative in vitro study of the frictional characteristics of two types of self-ligating brackets and two types of pre-adjusted edgewise brackets tied with elastomeric ligatures. **Eur J Orthod**, v.20, n.5, p.589-96, 1998.