



Maurício Luiz Camacho Costa

Um estudo *in vitro* de atrito gerado por fios ortodônticos retangulares com bordas arredondadas e convencionais

CURITIBA
2018

Maurício Luiz Camacho Costa

Um estudo *in vitro* de atrito gerado por fios ortodônticos retangulares com bordas arredondadas e convencionais

Dissertação apresentada à Faculdade ILAPEO como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Odontologia com área de concentração em Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Ricardo Andrighetto

Co-orientador: Prof. Dr. Ulisses Coelho

CURITIBA
2018

Maurício Luiz Camacho Costa

Um estudo *in vitro* de atrito gerado por fios ortodônticos retangulares com bordas arredondadas e convencionais

Presidente da Banca: Prof. Dr. Augusto Andrighetto

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Hideo Shimizu

Prof. Dr. Siddhartha Uhrigshardt Silva

Aprovada em: 22/05/2018

Dedicatória

AOS MEUS PAIS

Aparecida Rocio Costa e Luiz Roberto Mongruel Costa (*in memoriam*) por serem os modelos positivos que procuro seguir, com muito orgulho e gratidão,

A MINHA ESPOSA E MINHA FILHA

A minha esposa Claudia Balsano Costa e a minha filha Ana Letícia Balsano Costa pelo suporte, amor e companheirismo sempre presentes e por tanto me impulsionarem nesta caminhada fosse através de muita paciência, fosse pelo auxílio durante todo o tempo dedicado para que mais esta etapa de vida profissional fosse concluída.

Agradecimentos

Agradeço de forma especial ao professor Dr. Augusto Ricardo Andrighetto pela orientação, paciência e importantes estímulo, incentivo e contribuições através de todo o seu conhecimento e amizade na realização deste trabalho.

A todos os professores e demais colaboradores da Faculdade ILAPEO pela oportunidade de realização deste Curso.

Ao professor Dr. Ulisses Coelho, por todo convívio e aprendizagem desde a época de Graduação pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, especialização em Ortodontia pela ABO/PG, contribuições na jornada profissional até a execução deste trabalho.

Ao professor Dr. Andres Montenegro pelo auxílio prestado com perfeccionismo, competência e amizade.

Ao Departamento de Odontologia UEPG por ceder o laboratório de pesquisa possibilitando a execução experimental deste trabalho.

A família Scholz pelo incentivo e apoio durante todo o tempo deste curso.

A arte de viver certamente é a maior benção recebida e, portanto, minha gratidão a Deus, hoje e sempre, acima de tudo.

Sumário

Listas

Resumo

1. Introdução.....	11
2. Revisão de Literatura.....	13
3. Proposição.....	34
4. Material e Métodos	35
5. Artigos Científicos	38
6. Referências	65
7. Apêndice	69
8. Anexos.....	78

Lista de Figuras

Figura 1 –	Corpo de prova	34
Figura 2 –	Máquina de ensaio universal Kratos	35
Figura 3 –	Montagem das placas para leitura	36

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Grupos experimentais	35
---------------------------------------	----

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

cm	centímetro
cN	centiNewton
g	grama
Lb	libra
Kgf	quilograma-força
mm	milímetro
mm/min	milímetro por minuto
N	Newton
PUC/RS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
S. I	Sistema Internacional de Medidas
TMA	Titanium Molybdenum Alloy

Resumo

Esta pesquisa, através de ensaio mecânico, teve como principal objetivo avaliar e comparar o atrito gerado por fios retangulares inseridos em braquetes convencionais e autoligáveis passivos, sendo utilizados braquetes de pré-molares inferiores, prescrição Roth, convencionais Victory (3M), ligados com amarrilho metálico .010” (Morelli, BRASIL), e autoligáveis Portia (Abzil/3M, USA), ambos metálicos, com canaletas .022”, e fios de aço, com dimensões de .018x.025” (TP Orthodontics, USA) com bordas convencionais e arredondadas, .019x.025” (TP Orthodontics, USA) com bordas convencionais e .019x.026” (TP Orthodontics, USA) com bordas arredondadas. Foram coladas séries de 4 braquetes convencionais de um lado da placa e séries de 4 braquetes autoligáveis do lado oposto da mesma, alinhados e separados entre si, por 5 mm, em placa de alumínio, em um total de 10 placas com a mesma padronização de montagem. Foram realizadas trinta repetições para cada combinação testada, utilizando-se máquina de ensaio Universal Kratos, modelo IKCL3-USB, que fez a tração dos segmentos de 10cm de fio, inseridos nos braquetes, na velocidade de 5 mm/min com célula de carga de 20 N, totalizando 240 leituras. Para a análise estatística, utilizou-se o teste para comparações múltiplas de Tukey. Foram encontradas diferenças significativas quando comparados os atritos dos braquetes convencionais e dos autoligáveis. Já, quando a comparação foi realizada considerando-se o fio como variável, não foram observadas diferenças significativas entre os fios retangulares com bordas convencionais e arredondadas, concluindo-se que os braquetes autoligáveis geraram menos atrito que os convencionais e que a diferença de fios não exerceu influência sobre o atrito.

Palavras-chave: Braquetes ortodônticos; Fios ortodônticos; Fricção em Ortodontia

Abstract

This research, through a mechanical test, had the main objective of evaluating and comparing the friction generated by rectangular threads inserted in conventional brackets and self-ligating passive brackets, using brackets of Roth prescriptions, conventional Victory (3M), connected with .010" (Morelli, BRAZIL), and self-ligated Portia (Abzil / 3M, USA), both metallic with .022" gutters, and steel wires, with dimensions .018x.025" (TP Orthodontics, USA) with conventional rounded edges, .019x.025" (TP Orthodontics, USA) with conventional edges and .019x.026" (TP Orthodontics, USA) with rounded edges. Series of 4 conventional brackets on one side of the board and series of 4 self-ligating brackets on the opposite side of the board were glued, aligned and separated by 5 mm in aluminum plate, in a total of 10 boards with the same standardization of assembly. Thirty (30) replicates were performed for each combination tested, using the Kratos Universal Testing Machine, model IKCL3-USB, which made the traction of the 10 cm segments of wire inserted into the brackets at the speed of 5 mm / min with cell load of 20 N, totaling 240 readings. For statistical analysis, Tukey's multiple comparisons test was used. Significant differences were found when comparing the frictions of conventional and self-ligating brackets. However, when the comparison was made considering the wires as a variable, no significant differences were observed between the rectangular wires with conventional and rounded edges, and it was concluded that the self-bonding brackets generated less friction than the conventional wires and that the wires difference did not exert influence on friction.

Keywords: Orthodontic brackets; Orthodontic threads; Friction in Orthodontics

1. Introdução

A movimentação dentária resultante de uma força aplicada, a qual deve ser relacionada à utilização apropriada e racional de mecanismos e técnicas disponíveis, pode ser otimizada ou prejudicada¹⁶ por inúmeros fatores, dentre os quais destaca-se a força de atrito que se instaura durante a mecânica, sendo definida como a força que atua na superfície ente dois objetos quando um desliza sobre o outro, causando resistência ao movimento e, sua magnitude depende da força sobre as duas superfícies, da aspereza e da natureza dos materiais envolvidos¹².

Na Ortodontia, a força de atrito é um dos desafios clínicos e deve ser reconhecido e controlado, pois pode ser vantajoso como meio ancoragem ou prejudicial no caso das mecânicas de deslizamento²⁶, visto que para se estabelecer o movimento ortodôntico se faz necessário que a força aplicada supere a resultante friccional, ou seja, a força de atrito apresentada na interface braquete/fio. Neste contexto, vários os fatores que podem vir a modular a intensidade do atrito, tais como o tipo do braquete^{8, 23} e do fio ortodôntico^{3, 8, 23} assim como o tipo de ligação estabelecida na interface braquete/fio^{3, 34}.

No que toca à secção transversal dos fios ortodônticos, a variação observada no processo de fabricação faz com que haja diferenças no padrão das bordas dos retangulares convencionais, sendo que alguns apresentam as mesmas mais agudas e outros menos¹⁸. Estão, também, disponíveis no mercado fios retangulares com as bordas propositalmente arredondadas, desenvolvidos, segundo as próprias empresas, para gerar maior conforto ao paciente, menor risco a fratura de braquetes cerâmicos e menor atrito. Estudos prévios, demonstram que a conformação da borda exerce influência direta na folga entre o fio e a canaleta e, conseqüentemente, sobre a expressão do torque¹⁸. No entanto, faltam dados na

literatura sobre o atrito gerado por fios retangulares com bordas arredondadas, especialmente quando utilizados em conjunto com braquetes autoligáveis.

Assim sendo, por meio de ensaio mecânico, esta pesquisa teve como objetivo avaliar e comparar o atrito gerado por fios retangulares convencionais e com bordas arredondadas inseridos em braquetes convencionais e autoligáveis.

2. Revisão da Literatura

2.1. Estudos comparativos de atrito na ortodontia

Kapila et al (1990) realizaram um estudo com o intuito de determinar os efeitos da dimensão e da liga metálica nas forças de atrito geradas entre braquetes edgewise e arcos durante uma simulação do movimento de translação, testando arcos de aço inoxidável, cromocobalto, níquel-titânio e beta-titânio, nos tamanhos .016”, .016x.016”, .016x.022”, .017x.017”, .017x.025”, em slot .018” e .018”; .018x.025” e .019x.025” em slot .022”. Cada braquete foi colado em um pedestal de plástico adaptado a uma máquina de teste Universal INSTRON. Segmentos de 7cm de arco foram ligados aos braquetes com ligaduras elastoméricas (Power “0” modules, ORMCO). A medida de velocidade utilizada foi de 5,1 mm/min, por um total de dois minutos. As forças de atrito geradas pelo movimento relativo entre o arco com o braquete foi registrado por uma célula de compressão e gravada sobre gráficos com formato X-Y. Um total de 1.290 amostras de arco foram submetidas a procedimentos de teste. Concluíram que o efeito da largura do braquete sobre a magnitude das forças de atrito geradas foi estatisticamente significativa para arcos .018”, nos braquetes com slot .022”. Nos slots .018” os braquetes Medium Twin (MT) foram associados com cerca de uma vez e meia o atrito nos braquetes Narrow Single (NS). Os braquetes Wide Twin (WT) produziram quase o dobro do atrito do que nos braquetes NS. Braquetes .022” MT e WT não demonstraram nenhuma diferença estatística em níveis de atrito, no entanto, foram associados com maior atrito do que os braquetes NS .022”. Afirmaram também que os arcos de TMA produziram altos níveis de atrito em todas as combinações braquete/arco.

Kusy e Whitley (1990) realizaram estudo no qual foi medida a rugosidade de superfície e os coeficientes de atrito de 16 combinações entre arcos e braquetes. Foram utilizados braquetes de segundos pré molares inferiores com angulação de 0° e torque de 22° em aço inoxidável (Uni Twin Dynalock) e em policristalino alumina (Transcend, 3M/Unitek,

Corporation, Monrovia, Califórnia). Foram selecionados arcos .018x.025”, .021x.025” em aço inoxidável, cromo cobalto, níquel titânio e TMA e braquetes com slots .018” e .022”. Utilizaram ligaduras em aço inoxidável .010”. A força de atrito foi mensurada com uma velocidade de deslizamento de 1 cm/min com forças nominais de 0,1 a 1 kgf. Para cada tamanho de slot foram feitas combinações no estado seco a 34° C. Cada combinação foi realizada uma vez e o aparato de mensuração do atrito consistiu em 1 jig o qual foi montado transversalmente a uma máquina de testes INSTRON. Concluíram que os arcos de TMA obtiveram o maior coeficiente de atrito e que os arcos em aço inoxidável o menor coeficiente de atrito em todas as combinações entre braquete/arco. Observaram também que os braquetes em aço inoxidável produziram menor atrito que os braquetes em policristalino alumina.

Taylor e Ison (1996) realizaram um estudo com objetivo de avaliar a resistência ao atrito entre braquetes ortodônticos e segmentos de arcos ortodônticos. Foram avaliados três tipos de braquetes com slot .022x.028”, sendo eles: braquetes de aço pré-ajustados de pré molares (Standard Straight Wire, A Company), braquetes Activa (A Company) e braquetes SPEED (Strite Industries Ltda.), combinados com 5 tipos de fios (.018”, .020”, .016x.022”, .018x.025” e .019x.025”). Modelo de um tubo de molar alinhado em conjunto com um ou dois braquetes de pré-molares simularam um segmento bucal. O atrito produzido entre o conjunto de braquetes/fio foi mensurado através de uma máquina de Teste Universal INSTRON com velocidade de carga de 5 mm/min. Esta velocidade foi escolhida em virtude de que nas pesquisas de teste piloto não foram encontradas diferenças significativas nas mensurações do atrito utilizando velocidades entre 0,5 a 55 mm/min. Foram usados segmentos de arco de 10 cm no estudo. Os resultados mostraram que os braquetes Activa produziram os menores atritos com todos os fios testados. Braquetes SPEED com fios redondos mostraram pouca força de atrito enquanto que com fios retangulares mostraram

aumento significativo entre as forças mais altas, similares àqueles registrados com braquetes Standard Straight Wire. Foi observado variação de atrito estático para fios redondos em braquetes Standard. A proporção de atrito estático para o dinâmico foi consistentemente notável em todos os testes. Diferentes métodos de ligação também foram comparados nos efeitos do atrito estático. Ligaduras com folga (módulos elastoméricos esticados) reduziram as forças de atrito em braquetes Standard Straight wire. Concluíram que houve muitas variações de níveis de atrito com relação às combinações entre braquetes/fios usados e sugeriram que estudos *in vivo* deveriam ser realizados para que também pudessem contribuir na otimização de redução de atrito em mecanismos de deslizamento.

Schumacher et al (1998) realizaram um estudo com o objetivo de investigar diferenças de arcos retangulares com bisel nas laterais durante a mecânica de deslizamento em retração de caninos. A redução de força devido ao atrito durante a retração do canino foi determinada usando mensurações ortodônticas e um sistema de mensuração criado pelos autores. Foram usados braquetes Straight Wire com slot .018” (Full Size, Diamond, Twin Bracket) e arcos .016x.022” Remanium e Remaloy com bordas arredondadas, bordas agudas e extremamente agudas. Concluíram que os resultados não podem ser aplicados ainda em situações clínicas sem ressalvas, entretanto, o estudo mostrou que nenhum tratamento em bisel nas bordas dos arcos teve uma melhora na mecânica de deslizamento, inclusive algumas leituras mostraram acréscimo de 50% de atrito na mecânica de deslizamento. Não houve influências positivas em acrescentar bisel nas bordas nos arcos e estas informações podem ser usadas pelo fabricante como sugestão na questão de padronização na fabricação dos arcos.

A resistência de deslizamento foi estudada por Articulo e Kusy (1999) usando nove diferentes combinações de braquetes metálicos, Crystal Safira ou policristalino alumina com arcos de aço níquel titânio e beta titânio em cinco angulações (0°, 3°, 7°, 11°, 13°). Após os braquetes serem montados em estruturas com arcos .021x.025”, ligados com ligaduras de

aço .010”, os arcos sofreram deslizamento através de braquetes em velocidade de carga de 1 cm/min em estado seco a temperatura de 34° C. A resistência do deslizamento foi medida por um computador enquanto cinco forças habituais (normalmente 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 kgf) eram mantidas por outro computador. Uma segunda dupla foi preparada para cada combinação com cinco forças padronizadas as quais eram menores do que 0,1 kgf. As linhas estatísticas foram menores que $p < .001$ para a maioria dos testes. Quando as medidas foram realizadas em configuração passiva (0°), todas as combinações entre braquete/arco de aço obtiveram menores resistência ao deslizamento. Quando a angulação excedia 3°, a configuração de saída e o *binding* aumentavam a resistência ao deslizamento consideravelmente. Sobre estas condições, os autores concluíram que braquete/arco de aço tem maiores valores obtidos em relação ao atrito, enquanto que outras ligas como arco de níquel titânio tem menor. Os resultados mostraram também que o componente *binding* tem aumento considerável no atrito e a angulação na medida em que sofre aumento, aumenta também o componente atrito.

Thorstenson e Kusy (2001) avaliaram as propriedades de atrito entre braquetes convencionais de aço inoxidável combinados com fios de aço inoxidável retangulares .018x.025” (Sybron Dental Specialties ORMCO) amarrados com ligaduras de aço inoxidável, além das propriedades de atrito de braquetes autoligáveis, amarrados ao mesmo fio, com angulações de segunda ordem, as quais variavam entre -9° e 9°. Na configuração passiva os braquetes convencionais exibiam atrito similar aos autoligáveis com as canaletas abertas, enquanto que os braquetes autoligáveis com as canaletas fechadas receberam atrito. Na configuração ativa, todos os braquetes exibiram aumento do atrito ao deslizamento, assim como o aumento da angulação. Em todas as angulações, o atrito de braquetes autoligáveis fechados foi menor que os braquetes convencionais, devido à ausência de amarração.

Thorstenson e Kusy (2002) realizaram um estudo para verificar o efeito da espessura do material dos arcos ortodônticos na resistência ao atrito em braquetes autoligáveis com angulações de segunda ordem em estado seco. Quatro tipos de braquetes autoligáveis foram combinados com cinco tipos de arcos sendo: 0,014” austenítico níquel titânio .016x.022” austenítico níquel titânio, .019x.025” austenítico níquel titânio, .019x.025” martensítico níquel titânio e .019x.025” de aço. A resistência ao atrito de cada combinação arco/braquete foi medida em ângulos de segunda ordem os quais variaram entre -9° e 9° com distância interbraquetes de 8 e 18 mm entre o braquete teste e os outros braquetes imitando uma distância de abertura de extração de um pré molar. Foram realizadas cinco repetições em cada combinação de arco/braquete totalizando cem (100) leituras. O tamanho dos slots de cada braquete foi medido seis vezes usando microscopia óptica (Kenton testes). Para medir o lúmen dos slots de cada braquete foi utilizado um scanner de microscopia eletrônica (JEOL J5M – 6300). A mensuração do atrito de cada combinação de arco/braquete foi realizada em estado seco (sem saliva) a 34° C montado em uma máquina de teste universal INSTRON. Os braquetes foram montados eliminando os efeitos da prescrição. Concluíram que quando combinados arcos .016x.022” os braquetes com clips abrangeram forças menores de 5,6 cN até forças superiores de 230 cN. Quando os espaços entre o slot do braquete e do arco foram reduzidos a resistência ao atrito aumentou proporcionalmente com os ângulos de segunda ordem. Os arcos .019x.025” de aço os quais tem uma rigidez maior mostraram acréscimo de taxas entre 75 e 84 cN a cada grau. O arco .014” austenítico de níquel titânio o qual era o menos rígido, teve aumento de taxas entre 2,6 e 5,4 cN/grau. Os objetivos de tratamentos individualizados para os pacientes em um estágio específico poderiam determinar combinações apropriadas entre o arco e o braquete.

Cacciafesta et al (2003) realizaram um estudo com intuito de mensurar e comparar o nível de resistência do atrito gerado entre braquetes de aço inoxidável autoligáveis (Damon

SLII, SDS ORMCO, Lendora, Califórnia), braquetes de policarbonato auto ligados (Oyster, Gertanco International, Gothenburg, Suécia) e braquetes de aço inoxidável convencionais (Victory Series, 3M Unitek, Monrovia, Califórnia) com três diferentes ligas de fio ortodôntico de aço inoxidável (ORMCO), níquel titânico (ORMCO). Todos os braquetes apresentavam slot .022” e as ligas de fio ortodôntico foram testados em seções diferentes: .016”; .017x.025” e .019” e .025”. Cada uma das 27 combinações de braquete/fio foi testada 10 vezes e cada teste foi realizado com uma nova amostra braquete/fio. Tanto o atrito estático quanto o cinético foram mensurados em um aparelho customizado. Foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis e Mann Whitney. A velocidade de força foi de 2,5 mm/min e cada teste foi realizado durante 2 minutos. Concluíram que os braquetes de aço inoxidável autoligáveis geraram forças de atrito menores do que os braquetes de aço inoxidável convencionais e de policarbonato autoligáveis, os quais não apresentaram diferença significativa entre si. Os fios de beta titânio apresentaram resistências ao atrito mais elevadas do que os de aço inoxidável e de níquel titânio. Nenhuma diferença significativa foi detectada entre os fios de aço inoxidável e os de níquel titânio. Todos os braquetes apresentaram forças de atritos estático e cinético maiores ao se ampliar o tamanho do fio.

Redlich et al (2003) avaliaram a força de atrito estatístico criada entre arcos e braquetes com atrito reduzido durante mecânicas ortodônticas de deslizamento. Cinco diferentes marcas de braquetes com atrito reduzido foram utilizadas sendo divididos em grupos: grupo A (Nu Edge: TP Orthodontics, La Porte, Ind.); grupo B (Discovery: Dentaurum, Ispringen, Alemanha); grupo C (Synergy: Rocky Mountain Orthodontics, Denver, Colorado); grupo D (Friction free: American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin) e o grupo E (Time: American Orthodontics), e sendo utilizado um grupo F (Omni Arch, GAC International, Bohemia, New York) servindo como grupo controle. Cada braquete foi colado com adesivo cianocrilato (Aron Alpha, Toagosei Company, Tóquio, Japão) em uma placa de alumínio

com aparato para suporte de braquete especialmente desenhado para o estudo. Isto foi instalado na base de uma máquina de teste universal INSTRON 4502. Para considerar leitura com dobra de segunda ordem as placas foram colocadas em três diferentes níveis de angulação como 0°, 5° e 10° no longo eixo do dispositivo. Um segmento de arco de 15 cm foi ligado ao braquete com módulo elastomérico (Sani-ties Silver, GAC International), exceto para braquetes autoligáveis, os quais foram testados com a posição do clip fechado. A porção superior do fio foi preso à célula de carga de tensão da máquina de teste e um peso de 150 g foi colocado na parte inferior do fio. Três diferentes fios de aço foram testados; .018"; .018x.025"; .019x.025" (GAC International). Cada arco correu na canaleta do braquete a uma velocidade constante de 10 mm/min, a uma distância de 5mm. Cada grupo continha setenta e cinco (75) braquetes de aço inoxidável de incisivo central superior com canaleta de .022x.028", sendo 10 braquetes com 5° e 10° de angulação para três diferentes tipos de fios (60 braquetes) e 5 braquetes com 0° para cada tipo de arco (15 braquetes). Um total de quatrocentos e cinquenta (450) braquetes foram usados no estudo. Diferenças significativas foram encontradas entre as forças estáticas de atrito nos diferentes grupos. O grupo D mostrou menor força de atrito e o grupo E foi o que mostrou maior força de atrito. Concluíram que nem todos os braquetes analisados no estudo promoveram reduzido atrito como descrito segundo o fabricante, baixos níveis de força de atrito dependem da redução de ambos os coeficientes de fricção e da força de ligação e que mais estudos são necessários em braquetes autoligáveis para poder avaliar a real força de atrito que promovem esses braquetes.

Braga et al (2004) realizaram um estudo com o objetivo de investigar o coeficiente de atrito estático entre fios de aço inoxidável e beta-titânio (TP Orthodontics) e braquetes de aço inoxidável (Dynamlock-Unitek), braquetes estéticos com slot de aço inoxidável (Clarity/Unitek) e estéticos convencionais (Allure/GAC). Para este estudo foi construído um

equipamento no Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da PUC – RS. Foi calculado o valor do coeficiente de atrito, obtido pela divisão de força de atrito pela carga normal. Os resultados mostraram que a combinação com menor coeficiente de atrito foi composta pelo fio de aço inoxidável e braquete Dynalock e a que apresentou maior coeficiente foi a do braquete Allure com o fio de beta titânio; o fio de beta titânio apresentou o coeficiente de atrito significativamente maior do que o fio de aço inoxidável e o braquete Dynalock não apresentou diferenças significativas em relação ao coeficiente de atrito do braquete Clarity quando o fio utilizado foi o beta titânio. No entanto, quando o fio testado foi de aço inoxidável, apresentou coeficiente de atrito significativamente menor. O braquete Clarity apresentou coeficiente de atrito significativamente menor do que o braquete Allure.

Tecco et al (2005) realizaram um estudo onde o objetivo foi comparar as forças de atrito geradas por três tipos de braquetes, sendo um convencional de aço inoxidável e dois autoligáveis de aço inoxidável (Victory 3M, Damon SL II ORMCO e Time Plus American Orthodontics, respectivamente), utilizando um aparato o qual incluía 10 braquetes. O modelo de testes foi confeccionado pelo Laboratório Myrmex (Itália) e foi composto por uma barra metálica com aproximadamente 10 x 3,5 x 1,0 de dimensões. Foram colados 10 braquetes com cola de cianocrilato (Loctite 416). Nos braquetes convencionais foram utilizadas ligaduras elásticas (Rock Mountain Orthodontics). Três tipos de arcos foram utilizados NiTi (ORMCO), aço inoxidável e beta titânio (TMA) em três diferentes tamanhos, .016”; .017x.025” e .019x.025”. Foram realizados 10 testes para cada arco totalizando 300 testes. Foi utilizado uma máquina de teste Universal modelo Lloyd 30k com tensão de 10lb e calibragem a 0 a 1.000 g. A velocidade de carga foi 0,5 mm/min. Para análise estatística foi utilizado o teste Kruskal Wallis. Concluíram que os braquetes autoligáveis Time Plus geraram menor atrito que os braquetes Damon SL II. Estes mostraram baixo atrito com arcos redondos e auto atrito com arcos retangulares. Os braquetes convencionais não tiveram

diferenças significativas entre si. Os arcos de TMA mostraram maior resistência friccional quando comparados aos arcos de NiTi e aço inoxidável. Todos os braquetes demonstraram que a resistência friccional aumenta na medida em que o diâmetro do arco também aumenta.

Wichelhaus et al (2005) realizaram um estudo com o objetivo de investigar o atrito e a rugosidade de diferentes marcas comerciais disponíveis no mercado de arcos de níquel-titânio superelásticos antes e após o uso clínico. Para isso foram usados quarenta (40) arcos superelásticos (Titanol Low Force, Titanol Low Force River Finish Gold, Neo Sentalloy, Neo Sentalloy Ionguard) de diâmetro .016x.022". O atrito de cada arco antes e depois do uso clínico foi mensurado em uma máquina de teste universal (Zwick 1425, ULM, Alemanha) com velocidade de carga de 20 mm/min e torque de 5 N. Os arcos foram submetidos a uso clínico em 20 pacientes, os quais já estavam há 24 meses com aparelho corretivo fixo instalado, acreditando assim que já havia um bom alinhamento e nivelamento nos dentes destes pacientes. Os resultados mostraram que inicialmente, as superfícies tratadas nos arcos demonstraram pouca ou nenhuma diferença significativa entre os arcos tratados e os não tratados. Todos os 40 arcos entretanto mostraram um acréscimo significativo no atrito e na rugosidade de superfície durante o uso clínico. A implantação de íon na superfície dos arcos tem benefícios questionáveis quanto as propriedades de atrito dos arcos no uso clínico. Mais estudos são necessários para estabelecer mudanças benéficas nos arcos em relação ao atrito gerado.

Baggio et al (2007) compararam o atrito produzido por braquetes cerâmicos policristalinos e de aço inoxidável, quando combinados com fios de aço inoxidável, durante a execução de mecânica de deslize. Com essa finalidade, desenvolveram um simulador de leitura e metodologia apropriados para a pesquisa. Após os resultados, os autores concluíram que os coeficientes de atrito verificados na combinação braquete cerâmico/fio de aço inoxidável foram superiores aos da combinação braquete de aço inoxidável/fio de aço

inoxidável. Assim sendo, a execução de mecânica de deslize é facilitada quando utilizados braquetes de aço inoxidável com fios de aço inoxidável.

Correia Lima et al (2010) realizaram um estudo com a finalidade de avaliar e comparar a resistência friccional em braquetes de aço inoxidável e de policarbonato compósito amarrados com fio metálicos e elastômeros. Para o presente estudo foram utilizados quatro braquetes de aço inoxidável e quatro de policarbonato compósito (PC) para pré-molares levados à máquina universal de ensaio mecânico para a tração de um segmento de fio de aço inoxidável .019x.025” na velocidade de 0,5 mm/min, com 8 mm de deslocamento total. A forma de amarração variou entre as seguintes possibilidades: amarração metálica com pinça de Steiner, metálica com pinça de Mathieu, elastômero da marca Morelli e elastômero da marca TP Orthodontic. Os autores concluíram que a força de atrito variou consideravelmente dentre as oito situações apresentadas, o que é positivo quando fornece ao clínico opções o uso da mecânica ortodôntica, com mais ou menos atrito, conforme a necessidade de cada caso. Os braquetes plásticos geraram menor atrito se comparados aos metálicos e os módulos elastoméricos geraram mais atrito do que os metálicos e que a amarração com pinça de Mathieu provocou menor atrito se comparada a todas as situações avaliadas.

Guerrero et al (2010) realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar *in vitro* as forças de atrito produzidas em braquetes cerâmicos, utilizando três modelos: monocristalino (Insire ICE), policristalino (InVu) e policristalino com slot metálico (Clarity) e em braquete metálico (DynaLock). Foram testados trinta braquetes de cada um, todos com slot .022x.028” em combinação com fios de aço inoxidável e de níquel titânio com espessura .019x.025” a 0° e 10° de angulação, submergidos em saliva artificial. Cada braquete foi utilizado quatro vezes e cada fio, duas vezes. Os corpos de prova foram confeccionados fixando-se o braquete a uma base de acrílico com dimensões 6,0x3,0cm de altura e largura, respectivamente e 6mm de espessura com resina epóxi (Durepoxi, Alba, Campo de Boituva,

Brasil) orientando os slots no sentido longitudinal sem angulação ou com 10° de angulação. Os segmentos de fios ortodônticos de 6 cm de comprimento foram apreendidos dentro dos slots dos braquetes por meio de ligaduras elásticas Super Slick. Foi confeccionado um dispositivo para realização dos testes em saliva artificial. Uma máquina de ensaio EMIC DL 500 foi utilizada para os testes de mensuração de atrito, com célula de carga à velocidade de 10 mm/min. A célula de carga de 10Kgf registrou os valores correspondentes ao atrito estático em Newton (N). Os resultados obtidos mostraram diferença estatística significativa entre os grupos de braquetes e fios testados ($P < 0,05$). Os braquetes metálicos apresentaram os valores mais baixos de atrito. Os policristalinos com slot metálico apresentaram valores de atrito semelhantes aos policristalinos convencionais, e os monocristalinos mostraram as maiores forças de atrito. Os fios de níquel titânio produziram as forças de atrito mais baixas. Concluíram que os braquetes metálicos geram as menores forças de atrito, que a incorporação de slots metálicos nos braquetes policristalinos não reduzem efetivamente o atrito e que os fios de níquel titânio geraram menor atrito que os fios de aço inoxidável.

Reznikov et al (2010) demonstraram um estudo onde foram avaliadas forças de atrito entre vários braquetes autoligáveis e arcos de aço inoxidável, dependendo de diferentes secções e formas de inclinação. Foram realizados testes *in vitro* em três tipos de braquetes auto ligáveis (Damon 2, Smartclip, In-Ovation) e dois tipos controle de braquetes convencionais (Victory / MBT) com ligaduras elásticas (Leoni America / GAC). Os braquetes usados foram todos de incisivos centrais superiores, slot .022x.028”, torque de 12° (Damon) e 17° (Smartclip). Os arcos.019x.025” (3M / Unitek) foram testados em três estados de deflexão e foram examinados com um microscópio eletrônico de varredura antes e depois do deslizamento. Uma máquina de testes Twin Column LR 10 K foi utilizada no experimento. Foram alinhados três braquetes com distância de 4,7 mm entre cada um e foi aplicada uma velocidade de carga de 5 mm/min para leitura. Foi utilizada análise estatística

de Bonferroni. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os grupos dependendo da deflexão. Nas deflexões buco linguais os braquetes autoligáveis desenvolveram grandes forças de atrito em comparação com os do outro grupo. O estudo mostrou que em determinadas situações clínicas um braquete autoligado passivo pode ter influência negativa no atrito entre arco/braquete.

Stefanos et al (2010) apresentaram um estudo com o objetivo de avaliar a resistência do atrito entre braquetes autoligáveis ativos e passivos e arcos de aço .019x.025” de aço durante a mecânica de deslizamento utilizando um dispositivo ortodôntico de simulação de deslizamento de um artigo Articulo e Kusy (1999) e de outro artigo Articulo (2002). Foram usados braquetes autoligáveis ativos de primeiro pré molar superior In-Ovation R, In/Ovation C (ambos GAC International) e SPEED (Strite Industries) e braquetes autoligáveis passivos Smartclip (3M Unitek), Synergy R (Rockey Mountain Orthodontics) e Damon 3MX (ORMCO) com slots .022x.028”. Os braquetes foram colados na máquina inicialmente passivos (0°). Todos os braquetes testados apresentavam -7° de torque e 0° de angulação secundária com exceção do braquete Damon 3 MX o qual apresentava 2° de offset distal. Cada arco .019x.025” introduzido no slot do braquete tinha comprimento de 20 mm e a velocidade de carga utilizada no teste foi de 1 cm/mm com célula de carga de 10N. Para mensuração dos testes foi utilizado uma máquina de teste universal INSTRON modelo 4206. Foram utilizados análise de variância ANOVA e o teste de múltiplas comparações DUNN. Os resultados mostraram significativa diferença em ambas as forças, tanto cinética como estática entre as combinações de braquetes passivos e ativos com arco .019x.025” de aço inoxidável. Uma exceção dos testes foi a força cinética de atrito do Smartclip, um braquete passivo mas que não foi diferente estatisticamente do InOvation C, braquete este ativo. Segundo os autores a classificação do Smartclip como braquete passivo só pode ser considerada se o arco for mais fino que .019x.025”. Os braquetes SPEED podem expressar

mais favoravelmente a prescrição mas não são favoráveis em mecânica de deslizamento. Concluíram que os braquetes autoligáveis passivos tem menor resistência de atrito estático e cinético que braquetes autoligáveis ativos quando utilizados arcos de aço inoxidável .019x.025”.

Braga et al (2011) tiveram como objetivo neste estudo avaliar as forças de atrito em braquetes (Roth, Compósito, Morelli) com fios ortodônticos retangulares de aço (Morelli) e fios superelásticos de níquel titânio com íonguard e sem íonguard. Foram usadas vinte e quatro (24) combinações de braquetes e segmentos de arco distribuídos em três (3) grupos de acordo com o fio ortodôntico. Cada segmento de braquete/fio foi testado três (3) vezes. Os testes foram realizados em uma máquina de teste universal EMIC DL 20000. Concluíram que o arco retangular ortodôntico com íonguard apresentou menor resistência ao deslizamento que o arco sem íonguard, sem diferenças significativas para o fio de aço.

Buzzoni et al (2011) fizeram um estudo com o objetivo de avaliar a fricção superficial apresentada por braquetes de aço inoxidável autoligáveis com sistema de fechamento resiliente e comparar o atrito gerado ao tracionamento de fios ortodônticos de mesmo material com secções transversas redondas e retangulares. Foram utilizados nesse estudo 30 braquetes, referentes ao canino superior direito, divididos em seis grupos distintos com cinco braquetes cada. Os grupos foram compostos por braquetes autoligáveis Smartclip (3M / Unitek), In – Ovation R (GAC) e braquetes convencionais Gemini (3M / Unitek) amarrados com ligaduras elásticas de cor cinza (TP Orthodontics). Foram empregados cinco segmentos de fios ortodônticos com secção .020” e cinco com secção .019x.025” (TP Orthodontics) medindo 8 cm para cada um dos três tipos de braquetes avaliados. A análise da fricção superficial gerada pelo tracionamento dos fios de aço no interior das ranhuras dos braquetes foi avaliada segundo quatro leituras consecutivas de cada par braquete/fio ortodôntico. Foram totalizadas vinte leituras para cada grupo, em um total de 120 leituras referentes aos

braquetes e fios analisados. Os modelos de ensaio braquete/fio foram submetidos aos testes de fricção superficial na máquina de ensaios EMIC DL 10.000 com uma célula de carga de 20 N. As comparações entre as médias dos resultados foram realizadas através de Análise de Variância (one-way ANOVA) com correções pelo coeficiente de Bonferroni. Concluíram que os braquetes autoligáveis do sistema Smartclip apresentaram um maior controle de forças de fricção, independentemente do tipo de fio ortodôntico tracionado. Quanto à forma e aumento da secção transversa dos fios, observou-se um aumento do atrito para fios retangulares .019x.025” em comparação aos redondos .020” da mesma liga inoxidável. O grupo formado pelos braquetes Smartclip foi mais efetivo mesmo quando o tracionamento de fios retangulares foi comparado com o ensaio de braquetes In-Ovation R conjugados a fios redondos.

Ferrari et al (2011) fizeram um estudo com objetivo de comparar a resistência friccional produzida pelos braquetes autoligáveis Damon 3(ORMCO), Smartclip (3M/Unitek) e InOvation (GAC) e pelos braquetes convencionais Victory (3M/Unitek) com módulos elásticos e amarrilhos metálicos, considerando fios retangulares de aço inoxidável e de níquel titânio de diferentes dimensões (.017x.025”; .019x.025”; .021x.025”), bem como avaliar se existe diferença no atrito quando comparado os fios de aço inoxidável e de níquel titânio testados. Para isso foram confeccionados corpos de prova com dentes de estoque nos quais foram colados os braquetes avaliados. Para mensura o atrito produzido foi utilizado uma máquina de testes universal de ensaio mecânico INSTRON modelo 4467 a qual realizou a tração dos fios pelas canaletas dos braquetes. Foram realizadas cinco (5) repetições por braquete para cada fio estudado, totalizando cento e cinquenta (150) testes. Os valores foram comparados utilizando o teste LSD (*least significant difference*) para as comparações múltiplas. A partir dos resultados obtidos concluíram haver redução significativa do atrito utilizando os braquetes auto ligáveis Damon 3 e Smartclip quando comparados ao braquete

In-Ovation e ao braquete convencional com amarrilho e com módulo elástico. Não houve diferença significativa nos valores do atrito entre as diferentes secções de fio e nem entre as duas ligas metálicas estudadas.

Husain e Kumar (2011) fizeram um estudo onde o objetivo foi comparar a resistência de atrito de braquetes de aço inoxidável e braquetes de titânio utilizando fios de aço inoxidável retangulares .016x.022” (Dentaurum), .017x.025” (Unitek) e .018x.025” (Dentaurum). Foram utilizados braquetes com torque de -7 e angulação de 0° de diferentes larguras, sendo eles Dynalock (Unitek) slot .018”, Mini Uni-Twin (Unitek) slot .018”, Ultra Minitrim (Dentaurum) slot .022” e braquete titânio (Dentaurum) slot .022”. Foram utilizados módulos elastoméricos e amarrilhos metálicos .010” de aço inoxidável. Para medir as forças de atrito foi usado uma máquina de teste Universal INSTRON modelo 1101. Para cada combinação de braquete/fio foram realizadas 3 leituras em condições secas e úmidas com ligaduras de aço inoxidável e módulos elastoméricos. Concluíram que os braquetes mais estreitos geraram maior atrito quando comparados aos braquetes mais largos. A força de atrito é diretamente proporcional a dimensão do fio. Braquetes de titânio geraram mais atrito do que os braquetes de aço inoxidável. A combinação braquete/fio com módulos elastoméricos mostrou maior atrito quando comparada com ligaduras de aço inoxidável. As forças de atrito na condição úmida foram maiores do que na condição seca para todas as combinações.

Pacheco et al (2011) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a força de atrito estático em braquetes auto ligáveis passivos e ativos associados a fios ortodônticos de aço inoxidável com diâmetro 0,018” e de avaliar a força de atrito estático em braquetes auto ligáveis passivos e ativos associados a fios ortodônticos de aço inoxidável com diâmetro .017x.025”, em simulação *in vitro* de mecânica de deslizamento. Foram usados braquetes auto ligáveis (Time, Damon 2, In-Ovation e Smartclip) com um grupo de braquetes

ortodônticos convencionais (Dynalock) associados a ligaduras elásticas tradicionais (Sispens-A-Stix) que serviu como grupo controle. A força de atrito estático foi mensurada através de máquina de ensaios universal EMIC DL 500 com dois fios de aço inoxidável com secção transversal .018” e .017x.025”. Concluíram que todos os braquetes auto ligáveis testados apresentaram significativa redução no atrito com o fio .018”, podendo ser considerado uma alternativa clínica para minimizar os efeitos indesejáveis do atrito observados com os braquetes convencionais, quando a mecânica de deslizamento é empregada. Concluíram também que quando testados com fios retangulares, os braquetes auto ligáveis ativos apresentaram atrito significativamente maior do que aqueles considerados passivos, com resultados estatisticamente semelhantes aos dos braquetes convencionais com fios do mesmo calibre.

Nair et al (2012) apresentava um estudo onde foi avaliado o atrito durante a reprodução *in vitro* de uma mecânica de deslizamento entre as combinações de três tipos de braquetes compostos por materiais diferentes (aço, titânio e cromo cobalto) e dois tipos de fios ortodônticos .019x.025” de diferentes materiais (aço e beta – titânio). O estudo foi composto de 18 amostras onde cada segmento de arco de 10 cm era introduzido na canaleta de dois braquetes de pré molares superiores e um tubo de primeiro molar superior simulando uma mecânica de deslizamento para retração. As leituras do atrito foram medidas em uma máquina de teste universal NA Autograph AG – IS 50 KN com velocidade de carga de 5 mm/min. Foram realizadas 10 leituras para cada combinação de braquete/fio, totalizando 180 leituras. Os resultados obtidos mostraram que todos os três tipos de braquetes quando combinados com fios de beta – titânio apresentaram as maiores forças de atrito quando comparados com os arcos de aço. Quando somente comparados os arcos de aço, a combinação com braquetes de titânio mostrou menor atrito, seguido de braquetes de aço e cromo – cobalto. Quando combinados com arcos de beta titânio, os braquetes de titânio

novamente mostraram menor atrito enquanto que as diferenças de níveis de atrito entre os braquetes de aço e cromo cobalto não foram estatisticamente significantes. Os braquetes de titânio mostraram menor atrito entre todos os grupos testados com ambos os arcos. Concluíram que braquetes de titânio com arcos de beta titânio podem ser uma boa alternativa de tratamento para pacientes alérgicos a materiais que contem níquel.

Vinay et al (2014) conduziram um estudo com o objetivo de comparar e avaliar o efeito do atrito em diferentes métodos de ligação nas mecânicas de deslizamento usando braquetes com canaleta .022” em condições secas. Foram utilizados braquetes pré ajustados dos seguintes modelos: braquetes convencionais de aço (GAC), Mini Twin (Ortho Organizers), Cerâmico (3M), Cerâmico com canaleta de metal (3M), autoligado (Damon SL) e Força variável (Ortho Organizers) com fios de aço e TMA nas dimensões .016x.022” e .019x.025”. Diferentes métodos de ligação como amarrilho metálico .010”, módulos elastoméricos convencionais na cor cinza, módulos New Slick (TP) e braquetes autoligáveis foram usados. A amostra consistiu de 48 combinações de braquetes, fios e métodos de ligação em estado seco. As leituras foram realizadas em uma máquina de teste Universal INSTRON modelo 4467 com velocidade de carga de 20 mm/min e um deslocamento máximo de 8mm. A análise estatística utilizada foi ANOVA. Os resultados do estudo mostraram que uma ótima opção para mecânicas de deslizamento são combinações entre braquetes de aço, fios de aço inoxidável e ligaduras elastoméricas Slick. Foi observado que as forças de atrito foram maiores nos fios .019x.025” de aço quando comparado com fios .016x.022” de aço. Braquetes autoligáveis mostraram as menores forças de atrito quando comparados com braquetes convencionais. Concluíram que fios de aço com dimensão .019x.025” são os de melhor preferência em mecânicas de deslizamento e quando combinados com módulos elastoméricos do tipo Slick oferecem uma redução no atrito.

Khamatkar et al (2015) estudaram os efeitos de diferentes tipos de ligaduras em mecânicas de deslizamento e compararam o efeito do ambiente (seco e molhado) produzido no deslizamento dos arcos na canaleta dos braquetes. Para este estudo foram utilizados quatro braquetes de pré molares superiores com torque e angulação em 0° , alinhados com arco de aço .019x.025”, colados em uma placa rígida de Plexiglas. Nesta placa havia um recorde central com braquete preso ao arco, onde neste braquete havia um gancho soldado e neste gancho iria acoplado um peso de 100 g suspenso para realizar um braço de força. Os braquetes foram colados com cianocrilato fevikvik (Pidilite) com distância de 8 mm entre eles. Na placa havia um espaço de 16 mm para simular o movimento do arco no slot. As amostras foram divididas em seis grupos com ligaduras de aço .010”, ligaduras de aço .010” cobertas com teflon e ligaduras elastoméricas, todos testados em ambiente seco e em ambiente úmido com saliva artificial. As leituras foram realizadas em uma máquina de testes INSTRON 5564, com velocidade de 5 mm/min e célula de carga de 50 N. concluíram que o tipo de material de ligação e o ambiente afetam significativamente o grau de atrito gerado durante a mecânica de deslizamento. A ligadura de aço coberta com teflon produziu menor atrito comparada com os demais testados tanto em condições secas como úmidas.

Pasha et al (2015) realizaram estudo com o objetivo de analisar e comparar as forças de atrito geradas por um novo braquete cerâmico (Clarity Advanced) com braquetes convencionais (metálico e cerâmico) usando sistemas de ligaduras convencionais e não convencionais e com braquetes autoligáveis em condições secas (sem saliva). Várias combinações entre braquetes e fios foram usados nos testes. Os braquetes usados eram de prescrição MBT com slot .022x.028” sendo eles: braquetes de aço autoligado (Smartclip), braquete convencional de aço (Victory), autoligado cerâmico (Clarity SL), braquete cerâmico convencional com slot de metal (braquete Clarity, braquete cerâmico avançado Clarity (Clarity Advanced, 3M/Unitek). Quando necessárias ligaduras elásticas, foram

usadas ligaduras elastoméricas convencionais (Clear Medium Mini Modules) e ligaduras elastoméricas não convencionais (Clear Medium Slide Ligatures, Leone Orthodontic Products). Dois tipos de fios foram usados nas combinações braquete/fio: .014” e níquel titânio e .019x.025” de aço, os dois fabricados pela empresa 3M/Unitek. Utilizaram uma máquina de teste universal INSTRON para gerar as leituras dos testes, com velocidade de 6 mm/min. Foi utilizado teste ANOVA. Os resultados mostraram que a resistência de atrito do novo braquete cerâmico Clarity Advanced com ligadura elastomérica convencional foi similar ao braquete cerâmico Clarity com slot de metal usando a mesma ligadura elastomérica. Quando usado ligadura elastomérica não convencional, o braquete Clarity Advanced produziu menor atrito que o braquete de metal convencional mas não menor que o braquete cerâmico com slot metálico. O braquete cerâmico autoligado produziu menor atrito quando comparado com o braquete Clarity Advanced com ligadura elastomérica não convencional, entretanto, o braquete autoligado de metal foi o que produziu menor atrito entre todos os grupos. Concluíram que braquetes autoligáveis produziram menos atrito entre todos os grupos. Usando o mesmo fio com a mesma ligadura elástica, as forças de atrito do braquete Clarity Advanced e cerâmico convencional com o braquete com slot metálico mostraram resultados similares, mas o menor atrito foi determinado entre o braquete convencional de aço usando ambos os tipos de ligaduras elásticas (convencional e não convencional).

Sesham et al (2015) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a resistência de atrito entre vários modelos de braquetes e arcos ortodônticos quando ligados com ligaduras elásticas e com ligaduras de baixo atrito, com o intuito de obter a melhor combinação braquete/fio com o mínimo de resistência de atrito a qual otimiza a mecânica clínica. O estudo consiste de três tipos de braquetes pré ajustados de incisivo central superior esquerdo incluindo cerâmico, convencional de aço e autoligado de aço (.022” de slot, prescrição

MBT) e dois tipos de materiais e arco, sendo .019x.025” de aço de .019x.025” revestido com teflon e dois tipos de ligaduras incluindo ligadura de baixo atrito e ligadura elastomérica. Um total de dez combinações foram formadas onde cada combinação foi testada dez vezes em uma máquina de teste universal Autograph AG IS com tensão de 10 Lb e velocidade de carga de 0,5 mm/min. Os valores de resistência de atrito foram medidos em Newton. Concluíram que os braquetes autoligáveis com arcos revestidos com teflon mostraram menor resistência ao atrito e os braquetes cerâmicos combinados com arco de aço quando ligados com ligaduras elásticas convencionais exibiram a maior resistência ao atrito.

Gomez et al (2016) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a resistência do atrito entre braquetes convencionais, autoligáveis passivo e ativo por meio do método de elementos finitos. Foram realizados setenta e nove testes combinando braquetes de primeiro pré molar superior, arco .018” de arco e ligadura de amarrilho .010” em uma máquina INSTRON 3345 obtendo a média máxima de resistência de atrito. Este valor foi comparado com a resistência friccional obtida por simulação de uma mecânica de deslizamento da mesma combinação por meio de método de elementos finitos previamente desenhado por computador. Foram realizadas comparações ente braquetes convencionais, autoligáveis ativo e passivo com diferentes secções de fios .019”; .019x.025” e .020x.020”. Os braquetes autoligáveis passivos tiveram menor resistência estática máxima, seguida dos braquetes convencionais e finalmente dos braquetes autoligáveis ativos. A maior força normal nos braquetes convencionais foi para o arco .019x.025” (8,18 N) seguido por .020x.020” (4,85N) e finalmente para o arco .018” (1,53N). concluíram que os braquetes autoligáveis passivo apresentavam menor resistência ao atrito que os braquetes convencionais e autoligáveis ativo respectivamente. Independentemente do tipo de braquete, uma maior área de contato entre o slot do braquete e o arco produzirá maior resistência friccional.

Tada et al (2017) realizaram um estudo com o objetivo de verificar as propriedades de carga de deflexão e o atrito gerado em arcos chamados PEEK (polietereterketone) como uma alternativa para arcos ortodônticos. Três configurações de arcos PEEK foram usados: dois com formato retangular, .016x.022” e .019x.025” e um tipo redondo com diâmetro .016”. Como controle, um arco de NiTi .016” foi usado. Foram avaliados três pontos das propriedades de flexão dos fios e foi avaliado também o atrito estático entre os fios e os braquetes. Com relação ao atrito, foram realizadas mensurações entre três tipos de arcos em um braquete plástico (Clear braquete, Dentsply, Sirona, Tóquio, Japão) com canaleta .022x.028”. Foram usados três braquetes alinhados em uma placa para o estudo com angulações de 0° e a leitura foi realizada em uma máquina de teste universal INSTRON com velocidade de 20 mm/min por uma distância de 5 mm. As medidas foram realizadas em temperatura ambiente e em condições seca. Antes e depois das medidas as condições de superfície dos arcos PEEK foram observadas em microscopia eletrônica, onde não houveram variações significativas. Concluíram que arcos PEEK, em especial os arcos com dimensão .019x.025” podem ser usados em tratamentos ortodônticos como uma alternativa aos arcos de níquel titânio, mas sugerem que mais estudos ainda devem ser realizados, principalmente em condições com saliva artificial.

3. Proposição

A proposta do presente estudo foi avaliar, por meio de ensaio mecânico, o atrito gerado por fios ortodônticos retangulares com bordas arredondadas e com bordas convencionais em braquetes convencionais e braquetes autoligáveis passivos.

4. Materiais e Métodos

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados 80 braquetes metálicos de pré-molares com dimensões .022x.028”, sendo 40 convencionais, modelo Victory (3M - USA) e 40 autoligáveis passivos, modelo Portia (Abzil/3M – USA). Foram utilizados, também, 80 segmentos de fios de aço inoxidável, com 10 cm de comprimento, divididos em igual quantidade para cada dimensão e modelo testados: .018x.025” com bordas convencionais e com bordas arredondadas, .019x.025” com bordas convencionais e .019x.026” com bordas arredondadas, todos da marca TP (TP Orthodontics – USA).

Os corpos de prova foram divididos em 8 grupos, cada qual com 4 braquetes colados com cola plástica transparente (POXIPOL - FENEDUR S.A – Uruguai) em placas de alumínio (7 x 6,3 x 0,60cm) (Figura 1). Para garantir o alinhamento das canaletas foi utilizado, como guia, um segmento de fio de aço inoxidável .021x.025” (Orthometric – Brasil), mantendo-se o afastamento de 5mm entre os braquetes.



Figura 1 – Corpo de prova

Placa de alumínio, a esquerda 04 braquetes autoligáveis e a direita, 04 braquetes convencionais.

Todos os testes foram realizados, por um mesmo operador, no laboratório de ensaios clínicos do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa

(UEPG), por meio da máquina de ensaio universal Kratos, modelo IKCL3-USB, onde as placas foram fixadas em sua base através de parafuso *Allen* e as leituras foram realizadas com célula de carga de 20N e velocidade de 5 mm/min, com deslocamento máximo previsto de 4 mm, em temperatura ambiente (Figura 2). Dos 8 grupos experimentais criados, 4 foram de braquetes autoligáveis e 4 de braquetes convencionais (Tabela 1). Para cada combinação testada, foram realizadas trinta (30) leituras, totalizando 240 leituras (Apêndice 1). Na extremidade inferior de cada fio foi acoplado um peso de 50 g, contrapondo-se à tração realizada pela máquina, conforme célula de carga e velocidade já descritas (Figura 3). Cada leitura teve como padrão de tempo 50 segundos de tração.



Figura 2 – Máquina de ensaio universal Kratos, modelo IKCL3-USB

Tabela 1 – Grupos experimentais

Braquetes	Braquetes autoligados				Braquetes convencionais			
Fios	Convencional .019x.025"	Arredondado .019x.026"	Convencional .018x.025"	Arredondado .018x.025"	Convencional .019x.025"	Arredondado .019x.026"	Convencional .018x.025"	Arredondar .018x.025"
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8

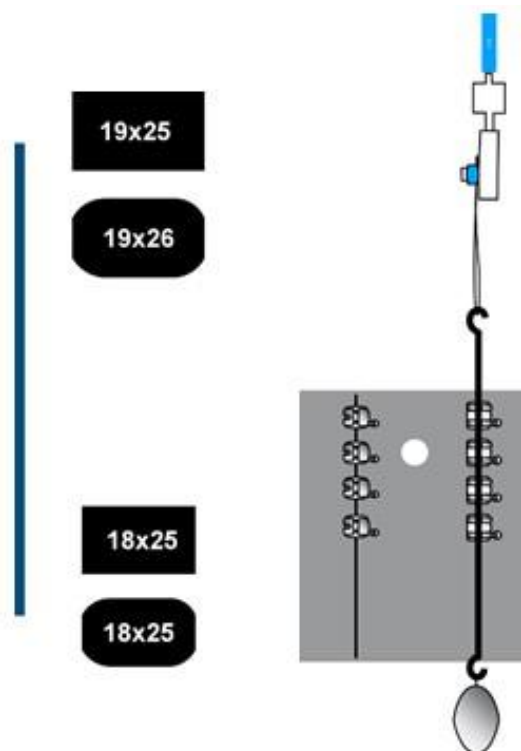


Figura 3 – Montagem das placas para leitura, destacando-se os fios com bordas convencionais e com bordas arredondadas

Os dados resultantes das análises efetuadas foram analisados quanto à força de atrito, sendo as variáveis testadas: o tipo de braquete e o tipo de fio ortodôntico, segundo os grupos experimentais. Os dados (Apêndice 1) foram inseridos no programa GraphPadPrism 7.2B (GraphPad Software, Inc, La Jolla, CA USA), versão para Macbook e os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão. As distribuições dos valores dos testes foram analisadas empregando-se a análise de variância ANOVA de duas vias e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, utilizando-se o nível de significância de 5%.

5. Artigos Científicos

5.1. Artigo 1 – Estudo *in vitro* da força de atrito gerada por fios ortodônticos retangulares com bordas arredondadas e convencionais

Autores: Maurício Luiz Camacho Costa, Andres Montenegro, Ulisses Coelho, Augusto Ricardo Andrighetto

Resumo

Esta pesquisa, através de ensaio mecânico, teve como principal objetivo avaliar e comparar o atrito gerado por fios retangulares inseridos em braquetes convencionais e braquetes autoligáveis passivos, sendo utilizados braquetes de pré-molares inferiores, prescrição Roth, convencionais Victory (3M), ligados com amarrilho metálico .010” (Morelli, BRASIL), e autoligáveis Portia (Abzil/3M, USA), ambos metálicos, com canaletas .022”, e fios de aço, com dimensões de .018x.025” (TP Orthodontics, USA) com bordas convencionais e arredondadas, .019x.025” (TP Orthodontics, USA) com bordas convencionais e .019x.026” (TP Orthodontics, USA) com bordas arredondadas. Foram coladas séries de 4 braquetes convencionais de um lado da placa e séries de 4 braquetes autoligáveis do lado oposto da mesma, alinhados e separados entre si, por 5 mm, em placa de alumínio, em um total de 10 placas com a mesma padronização de montagem. Foram realizadas trinta (30) repetições para cada combinação testada, utilizando-se máquina de ensaio Universal Kratos, modelo IKCL3-USB, que fez a tração dos segmentos de 10cm de fio, inseridos nos braquetes, na velocidade de 5 mm/min com célula de carga de 20N, totalizando 240 leituras. Para a análise estatística ANOVA, utilizou-se o teste para comparações múltiplas de Tukey. Foram encontradas diferenças significativas quando comparados os atritos dos braquetes convencionais e dos autoligáveis. Já, quando a comparação foi realizada considerando-se o fio como variável, não foram observadas diferenças significativas entre os fios retangulares com bordas convencionais e arredondadas, concluindo-se que os braquetes autoligáveis

geraram menos atrito que os convencionais e que a diferença de fios não exerceu influência sobre o atrito.

Palavras-chaves: Braquetes ortodônticos; Fios ortodônticos; Fricção em Ortodontia

Abstract

***In vitro* study of the friction force generated by rectangular orthodontic wire with rounded and conventional edges**

This research, through a mechanical test, had the main objective of evaluating and comparing the friction generated by rectangular threads inserted in conventional brackets and self-ligating passive brackets, using brackets of Roth prescriptions, conventional Victory (3M), connected with .010 "(Morelli, BRAZIL), and self-ligated Portia (Abzil / 3M, USA), both metallic with .022" gutters, and steel wires, with dimensions .018x.025 "(TP Orthodontics, USA) with conventional and rounded edges, .019x.025 "(TP Orthodontics, USA) with conventional edges and .019x.026" (TP Orthodontics, USA) with rounded edges. Series of 4 conventional brackets on one side of the board and series of 4 self-ligating brackets on the opposite side of the board were glued, aligned and separated by 5 mm in aluminum plate, in a total of 10 boards with the same standardization of assembly. Thirty (30) replicates were performed for each combination tested, using the Kratos Universal Testing Machine, model IKCL3-USB, which made the traction of the 10 cm segments of wire inserted into the brackets at the speed of 5 mm / min with cell load of 20 N, totaling 240 readings. For statistical analysis, Tukey's multiple comparisons test was used. Significant differences were found when comparing the frictions of conventional and self-ligating brackets. However, when the comparison was made considering the wires as a variable, no significant differences

were observed between the rectangular wires with conventional and rounded edges, and it was concluded that the self-bonding brackets generated less friction than the conventional wires and that the wires difference did not exert influence on friction.

Keywords: Orthodontic brackets; Orthodontic threads; Friction in Orthodontics

Introdução

A movimentação dentária resultante de uma força aplicada, a qual deve ser relacionada à utilização apropriada e racional de mecanismos e técnicas disponíveis, pode ser otimizada ou prejudicada¹⁰ por inúmeros fatores, dentre os quais destaca-se a força de atrito que se instaura durante a mecânica, sendo definida como a força que atua na superfície ente dois objetos quando um desliza sobre o outro, causando resistência ao movimento e sua magnitude depende da força sobre as duas superfícies, da aspereza e da natureza dos materiais envolvidos⁸. Na Ortodontia, a força de atrito é um dos desafios clínicos e deve ser reconhecido e controlado, pois pode ser vantajoso como meio ancoragem ou prejudicial no caso das mecânicas de deslizamento¹⁸, visto que para se estabelecer o movimento ortodôntico se faz necessário que a força aplicada supere a resultante friccional, ou seja, a força de atrito apresentada na interface braquete/fio. Neste contexto, vários os fatores que podem vir a modular a intensidade do atrito, tais como o tipo do braquete^{5, 15} e do fio ortodôntico^{1, 5, 15} assim como o tipo de ligação estabelecida na interface braquete/fio^{1, 22}.

No que toca à secção transversal dos fios ortodônticos, a variação observada no processo de fabricação faz com que haja diferenças no padrão das bordas dos retangulares convencionais, sendo que alguns apresentam as mesmas mais agudas e outros menos¹⁸. Estão, também, disponíveis no mercado fios retangulares com as bordas propositalmente

arredondadas, desenvolvidos, segundo as próprias empresas, para gerar maior conforto ao paciente, menor risco a fratura de braquetes cerâmicos e menor atrito. Estudos prévios, demonstram que a conformação da borda exerce influência direta na folga entre o fio e a canaleta e, conseqüentemente, sobre a expressão do torque¹⁸. No entanto, faltam dados na literatura sobre o atrito gerado por fios retangulares com bordas arredondadas, especialmente quando utilizados em conjunto com braquetes autoligáveis.

Schumacher et al (1998) realizaram estudo com o objetivo de investigar diferenças de arcos retangulares com bisel nas bordas durante a simulação mecânica de deslizamento para a de retração de caninos, em braquetes convencionais, com canaleta .018”, e não observaram influência positiva em relação ao atrito e, segundo os autores, estas informações poderiam ser usadas pelo fabricante como sugestão na questão de padronização na fabricação dos arcos.

Assim sendo, por meio de ensaio mecânico, esta pesquisa teve como principal objetivo avaliar e comparar o atrito gerado por fios retangulares convencionais e com bordas arredondadas inseridos em braquetes convencionais e autoligáveis.

Materiais e Métodos

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados 80 braquetes metálicos de pré-molares, com dimensões .022x.028”, sendo 40 convencionais, modelo Victory (3M - USA) e 40 autoligáveis passivos, modelo Portia (Abzil/3M – USA). Foram utilizados, também, 80 segmentos de fios de aço inoxidável, com 10 cm de comprimento, divididos em igual quantidade para cada dimensão e modelo testados: .018x.025” com bordas convencionais e com bordas arredondadas, .019x.025” com bordas convencionais e .019x.026” com bordas arredondadas, todos da marca TP (TP Orthodontics – USA).

Os corpos de prova foram divididos em 8 grupos, cada qual com 4 braquetes colados com cola plástica transparente (POXIPOL - FENEDUR S.A – Uruguai) em placas de alumínio (7 x 6,3 x 0,60cm) (Figura 1). Para garantir o alinhamento das canaletas foi utilizado, como guia, um segmento de fio de aço inoxidável .021x.025” (Orthometric – Brasil), mantendo-se o afastamento de 5mm entre os braquetes.



Figura 1 – Placa de alumínio com os braquetes colados, a esquerda 04 braquetes autoligáveis e a direita, 04 braquetes convencionais.

Todos os testes foram realizados, por um mesmo operador, no laboratório de ensaios clínicos do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), por meio da máquina de ensaio universal Kratos, modelo IKCL3-USB, onde as placas foram fixadas em sua base através de parafuso *Allen* e as leituras foram realizadas com célula de carga de 20N e velocidade de 5 mm/min, com deslocamento máximo previsto de 4 mm, em temperatura ambiente (Figura 2). Dos 8 grupos experimentais criados, 4 foram de braquetes autoligáveis e 4 de braquetes convencionais com uso de amarrilho .010 Morelli (Tabela 1). Para cada combinação testada, foram realizadas trinta (30) leituras (Apêndice 1), totalizando 240 leituras. Na extremidade inferior de cada fio foi acoplado um peso de 50 g, contrapondo-se à tração realizada pela máquina, conforme célula de carga e velocidade já descritas (Figura 3). Cada leitura teve como padrão de tempo 50 segundos de tração.



Figura 2 – Máquina de ensaio universal Kratos, modelo IKCL3-USB

Tabela Tabela 1 - Grupos experimentais

Braquetes	Braquetes autoligados				Braquetes convencionais			
	Convencional	Arredondado	Convencional	Arredondado	Convencional	Arredondado	Convencional	Arredondar
Fios	.019x.025"	.019x.026"	.018x.025"	.018x.025"	.019x.025"	.019x.026"	.018x.025"	.018x.025"
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8

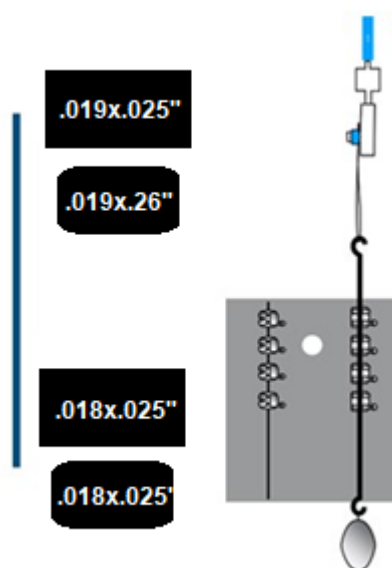


Figura 3 – Montagem das placas para leitura, destacando-se os fios com bordas convencionais e com bordas arredondadas

Resultados

Os dados resultantes das análises efetuadas (Apêndice 1) foram analisados quanto à força de atrito, sendo as variáveis testadas: o tipo de braquete e o tipo de fio ortodôntico, segundo os grupos experimentais. Os dados foram inseridos no programa GraphPadPrism 7.2B (GraphPad Software, Inc, La Jolla, CA EUA), versão para Macbook e os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão (Tabela 2). As distribuições dos valores dos testes foram analisadas empregando-se a análise de variância ANOVA de duas vias e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey (Apêndice 2), utilizando-se o nível de significância de 5%.

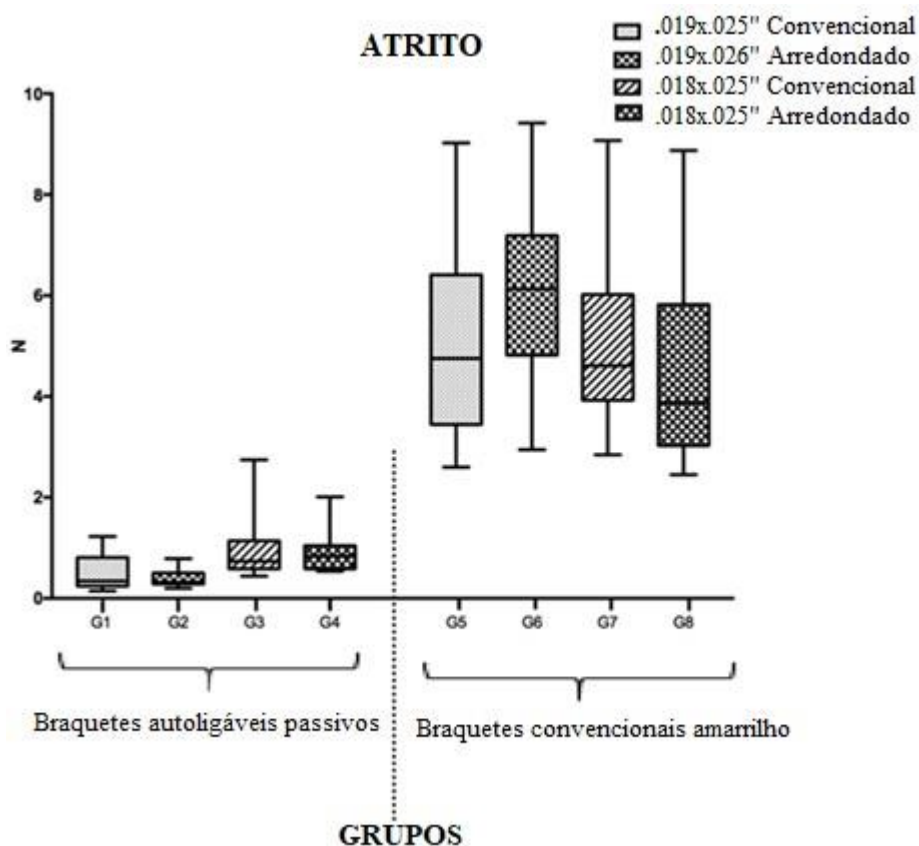
Quando comparados aos braquetes convencionais, para todos os fios testados, os braquetes autoligáveis apresentaram atrito significativamente menor, e quando a variável foi o fio, testados nos braquetes autoligáveis, não foram encontradas diferenças significativas (Gráfico 1). O mesmo ocorreu quando a comparação entre os fios foi realizada nos braquetes convencionais, com exceção do teste entre G6 x G8, que apresentou diferença significativa.

Tabela 2 – Médias e Desvio Padrão das

Tipos de Braquetes	Tipos de Fios			
	Retangular .019x.025"	Arredondado .019x.026"	Retangular .018x.025"	Arredondado .018x.025"
Autoligado	0.4886 (0.3268) a A	0.3774 (0.1644) a A	0.9087 (0.5001) a A	0.9382 (0.4265) a A
Convencional Amarelo	5.1355 (1.9315) a A	6.0181 (1.5984) ab B	5.1273 (1.6896) a B	4.5896 (1.8281) ac B

Diferenças significativas entre as médias são seguidas por letras diferentes (maiúsculas dentro da coluna; letras minúsculas dentro da linha). Nível de significância de 5%.

Gráfico 1 – Comparação da força de atrito gerada em braquetes autoligáveis passivos e convencionais



Discussão

Um dos fatores importantes que definem a eficácia dos aparelhos ortodônticos fixos é o atrito existente entre as superfícies fio/braquetes². O atrito na mecânica ortodôntica de deslizamento consiste em uma dificuldade clínica para o ortodontista, uma vez que altos níveis de atrito diminuem a efetividade da mecânica, reduzindo a velocidade de movimentação dentária e dificultando o controle de ancoragem. Nessas condições, o tratamento se tornaria mais complexo^{6, 13, 19}. Na busca por condições ideais para a condução da terapia ortodôntica, tem-se como objetivo a redução da força de atrito criada na interface braquete/fio/ligadura^{4, 6, 13}. No presente estudo foi realizada a comparação dos níveis de atrito entre arcos retangulares de aço com bordas convencionais (.018x.025" e .019x.025")

e com bordas arredondadas (.018x.025' e .019x.026''), inseridos em braquetes autoligáveis e convencionais, com canaletas .022''. A metodologia foi empregada com o objetivo de simular condições clínicas de deslizamento onde, por meio de leitura com máquina de teste universal, o fio ortodôntico foi tracionado através da canaleta de 4 braquetes alinhados. Os resultados observados demonstraram que quando comparados os fios retangulares com bordas arredondadas com os de bordas convencionais não houve diferenças estatisticamente significativas, assim como no estudo de Schumacher et al (1998). No entanto, os referidos autores utilizaram fio .016x.022'' apenas em braquetes convencionais, com slot .018''.²⁰

Diversos estudos avaliaram os fatores que influenciam a resistência ao atrito: os materiais de fio e braquete, as condições da superfície dos fios e do encaixe dos braquetes, a secção do fio, o torque na interface fio/braquete, o tipo e a força da ligadura, o uso de braquetes autoligáveis, a distância inter-braquete, a saliva e a influência das funções bucais^{4, 7, 14}.

Em estudo realizado por Cacciafesta et al (2003) comparando a diferença de atrito entre braquetes autoligáveis metálicos, braquetes autoligáveis de policarbonato e braquetes convencionais de aço inoxidável, mostraram que braquetes autoligáveis metálicos (Damon SL II) produziram resistência ao atrito estático e cinético significativamente menor do que braquetes de aço inoxidável convencionais e estéticos autoligáveis⁴. Sesham et al (2015) mostraram nos resultados de sua pesquisa que braquetes autoligáveis metálicos produzem menor atrito quando comparados com braquetes convencionais metálicos e que braquetes cerâmicos produzem maior atrito quando comparados com outros tipos de braquetes usados¹⁹. Braquetes autoligáveis metálicos são mais vantajosos e apresentam menor atrito em relação a braquetes metálicos convencionais¹⁶. Em vários estudos realizados comparando braquetes autoligáveis e convencionais ambos metálicos mostraram que o atrito nos autoligáveis foi menor^{4, 14, 17, 19}, entretanto, segundo Ferrari et al (2011) o

comportamento laboratorial do braquete autoligado e do braquete convencional associado a amarrilho metálico e a modulo elástico foram semelhantes, sendo que ambos apresentaram um grande atrito na interface canaleta/fio de níquel titânio sem, no entanto, diferenças estatísticas entre os diferentes fios testados, mostrando neste resultado que, independente das dimensões, fios de níquel titânio produzem um alto atrito durante o deslizamento nestes braquetes⁶. Para Buzzoni et al (2011), braquetes autoligáveis apresentaram maior força de atrito do que braquetes convencionais amarrados com ligaduras elastoméricas³. Em um estudo comparando atrito entre braquetes autoligáveis com fios de aço .019x.025”, Stefanos et al (2010) verificaram que braquetes autoligáveis passivos tem menor resistência de atrito estático e cinético que braquetes autoligáveis ativos¹⁹, entretanto o controle na posição da raiz pode ser comprometido⁶. Alguns fatores importantes que envolvem os acessórios autoligáveis também devem ser considerados, como as possíveis dificuldades técnicas na manipulação desses braquetes e, principalmente, o custo mais elevado¹³.

No presente estudo a comparação de atrito gerado com diferentes espessuras de fio de aço retangulares em braquetes autoligáveis passivos metálicos e convencionais metálicos, mostrou uma redução significativa nos níveis de atrito para os braquetes autoligáveis. O atrito estático e dinâmico também foi avaliado no estudo de Taylor e Ison (1996) quando compararam cinco diferentes medidas de fios em três diferentes tipos de braquetes. Os resultados mostraram que uma larga variação de atrito surgiu quando fios são ligados a diferentes tipos de braquetes e em braquetes similares com diferentes tipos de ligações²². O grau de resistência ao atrito é proporcional ao grau dos elementos de fixação do arco, rigidez e extensão da deflexão do fio¹⁶. Baixos níveis de forças de atrito dependem da redução e dos coeficientes de atrito e das forças de ligação braquete/fio¹⁵. Os tipos de materiais de ligação e o ambiente afetam significativamente o grau de atrito gerado durante as mecânicas de deslizamento⁹.

Este estudo mostrou que na comparação entre braquetes autoligáveis com braquetes convencionais usando método de amarrilho metálico para fixação dos fios, o atrito nos braquetes autoligáveis foi bem inferior aos convencionais.

O clínico deve ser cauteloso ao interpretar os resultados de estudos laboratoriais sobre atrito. Estudos *in vitro* de resistência ao deslizamento utilizando-se tração estática em linha reta aplicada na interface braquete/fio não representam com total exatidão a complexidade da movimentação dentária. Todavia, ainda é um método de avaliação muito usado, podendo ser aplicado para validar questionamentos dos ortodontistas em relação a redução de atrito. Essa conclusão confirma que os resultados laboratoriais contribuem para uma melhor compreensão do comportamento dos materiais ortodônticos, principalmente quando associados a estudos clínicos posteriores¹³.

A escolha de materiais com baixo coeficiente de atrito assim como a combinação certa entre braquete/fio/ligadura é importante para a otimização do tratamento, considerando-se que nem todas as vantagens em relação às propriedades físicas e mecânicas oferecidas pelos fabricantes são reais⁷.

Assim, de acordo com os resultados do presente estudo, percebe-se que a diferenciação do braquete, e não do fio utilizado, quando os parâmetros de comparação são mantidos, é que interferiu diretamente ao resultado de atrito. Contudo, vale ressaltar que esses resultados devem ser interpretados com cautela, considerando-se a natureza do estudo.

Conclusão

Considerando as limitações deste estudo *in vitro*, concluiu-se que:

1. Os fios retangulares com bordas arredondadas não apresentaram diferença significativa na força de atrito em relação aos fios retangulares convencionais, tanto nos braquetes convencionais quanto nos braquetes autoligáveis;
2. Os braquetes autoligáveis apresentaram atrito significativamente menor que os braquetes convencionais, tanto para os fios retangulares com bordas arredondadas, quanto para os fios retangulares convencionais.

Referências

1. Berger JL. The SPEED appliance: a 14-year update on this unique self-ligating orthodontic mechanism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(3):217-23.
2. Braga CP, Vanzin GD, Marchioro EM, Beck JCP. Avaliação do coeficiente de atrito de braquetes metálicos e estéticos com fios de aço inoxidável e beta – titânio. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial.* 2004;9(6); 70-83.
3. Buzzoni R, Elias CN, Fernandes DJ, Miguel JAM. Influência da secção transversa de fios ortodônticos na fricção superficial de braquetes autoligados. *Dental Press J Orthod.* 2011;16(4): 35e1-7.
4. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Ricciardi A, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracketarchwires combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(4):395-402.
5. Closs LQ MK, Gandini LG Jr, Raveli DB. Os diferentes sistemas de braquetes autoligados: revisão de literatura. *Dental Press J Orthod.* 2005;4(2):60-6.

6. Ferrari KC, Pizzatto S, Moresca R, Moro A, Cantú GM. Avaliação *in vitro* da fricção entre fios ortodônticos retangulares e braquetes autoligáveis. *Orthodontic Science and Practice*. 2011; 4(15): 630-39.
7. Guerero AP, Guariza Filho O, Tanaka O, Camargo ES, Vieira S. Evaluation of frictional forces between ceramic brackets and archwires of different alloys compared with metal brackets. *Brazilian Oral Research*. 2010. Jan/mar; 24(1).
8. Hain M, Dhopatkar A, Rock PA. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2003; 123(4): 416-421.
9. Khamatkar A, Sonawane S, Narkhade S, Gadhiya n, Bagade A, Soni V, et al. Effects of different ligature materials on friction in sliding mechanics. *International oral Health j*. 2015; 7(5): 34-40.
10. Kusy RP, Whitley JQ. Coefficients of friction for arch wires in stainless steel and polycrystalline alumina bracket slots. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1990; 98:300-12.
11. Lombardo L, Arreghini A, Bratti E, Mollica F, Spedicato G, Merlin M, et al. Comparative analysis of real and ideal wire-slot play in square and rectangular archwires. *Angle Orthod*. 2015 Set; 85(5):848-858.
12. Pacheco MR, Oliveira DD, Smith Neto P, Jansen WC. Avaliação do atrito em braquetes autoligáveis submetidos à mecânica de deslizamento: um estudo *in vitro*. *Dental Press J Orthod*. 2011 Jan/Fev: 16(1): 107-15.
13. Pasha A, Vishwakarma S, Narayan A, Vinay K, Shetty SV, Roy PP. Comparison of frictional forces generated by a new ceramic bracket with the conventional brackets

using unconventional and conventional ligation system and the self-ligating brackets:

An *in vitro* study. J.Int Oral Health 2015; 7(9):108-113.

14. Read-Ward GE, Jones SP, Daviest EH. A comparison of self-ligating and conventional orthodontic bracket systems. Br J Orthod. 1997; 24:209-17.
15. Redlich M, Mayer Y, Harari D, Lewinstein I. *In vitro* study of frictional forces during sliding mechanics of “reduced-friction” brackets. Am J Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2003. Jul; 124(1): 69-73.
16. Reznikov N, Har-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlich M. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010; 138: 330-8.
17. Rossouw PE. Friction: an overview. Semin Orthod. 2003 Dec; 9(4):218-22.
18. Sesham VM, Jaitly A, Chigurupati L, Neela PK, Mamillapalli PK, Peddu R. Comparison of frictional resistance between various bracket types and archwires materials ligated with low-friction and conventional elastic ligatures. J of Dr. NTR University of health Sciences. 2015; 4(4): 246-52.
19. Stefanos S, Sechi AG, Coby G, Tanna N, Mante F. Friction between various self-ligating brackets and archwires couples during sliding mechanics. Am J Orthodontics and Dentofacial Orthop. 2010. Oct; 138(4) 463-7.
20. Schumacher HÁ, Bourauel C, Drescheer D. Frictional forces when rectangular guiding arches with varying edge bevel are employed. Orofac Orthop J. 1998; 59(3): 139-49.
21. Taylor NG, Ison K. Frictional resistance between orthodontic brackets and archwires in the buccal segments. Angle Orthod. 1996; 66(3):215-222.

22. Thorstenson GA, Kusy RP. Effect of archwires size and material on the resistance to sliding of self-ligating brackets with second-order angulation in the dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122: 295-305.

5.2. Artigo 2 – Análise comparativa do atrito gerado por fios retangulares convencionais e com bordas arredondadas em braquetes com diferentes tipos de ligações.

Autores: Maurício Luiz Camacho Costa, Andres Montenegro, Ulisses Coelho, Augusto Ricardo Andrighetto

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar, por meio de ensaio mecânico, o atrito gerado por fios retangulares convencionais e com bordas arredondadas inseridos em braquetes convencionais e braquetes autoligáveis passivos com diferentes tipos de ligações. Foram utilizados braquetes de pré-molares inferiores, prescrição Roth, convencionais Victory (3M), ligados com amarrilho metálico .010” (Morelli, BRASIL) e ligaduras elastoméricas (Morelli, Brasil) e braquetes autoligáveis Portia (Abzil/3M, USA), ambos metálicos, com canaletas .022”, e arcos de aço, com dimensões de .018x.025” com bordas convencionais e arredondados (TP Orthodontics, USA). Foram coladas séries de 4 braquetes alinhados e separados entre si, por 5mm, em uma placa de alumínio. Foram realizadas 30 repetições para cada combinação testada, utilizando-se máquina de ensaio Kratos, que fez a tração dos segmentos de 10cm de fio, inseridos nos braquetes, na velocidade de 5 mm/min e célula de carga de 20 N. Para a análise estatística ANOVA, utilizou-se o teste para comparações múltiplas de Tukey. Os resultados mostraram que houve significância na diferença de atrito quando comparados os braquetes autoligáveis e convencionais independentemente do tipo de fio. Os braquetes autoligáveis mostraram menor atrito que os braquetes convencionais. Comparando-se os braquetes convencionais em diferentes modos de ligadura, para amarrilho metálico o atrito foi maior do que com ligaduras elastoméricas tanto para os fios com bordas convencionais como para bordas arredondadas. Quando a variável foi o fio, testados nos braquetes autoligáveis, não foram encontradas diferenças significativas. O mesmo não ocorreu quando a comparação entre os fios foi realizada nos braquetes

convencionais, sendo que para os fios com bordas arredondadas na combinação com amarrilho metálico, o atrito foi maior do que os fios com bordas convencionais. Não houve significância estatística para os fios com bordas convencionais e arredondadas quando foram usadas ligaduras elastoméricas nos braquetes convencionais.

Palavras chaves: Braquetes ortodônticos; Fios ortodônticos; Fricção em Ortodontia

Abstract

The aim of this study was to evaluate, by means of mechanical testing, the friction generated by conventional rectangular wires and with rounded edges inserted in conventional brackets and passive autoconnective brackets with different types of connections. Brackets of inferior premolars, Roth prescription, conventional victory (3m), connected with metallic coracoclavicular. 010 "(Morelli, Brasil) and Elastomeric bandages (Morelli, Brasil) and brackets autoconnectable Portia (Abzil/3m, USA), both Metallic, with channels. 022 ", and steel arches, with dimensions of. 018x. 025" with conventional and rounded edges (TP Orthodontics,

USA). Four brackets series were glued together and separated by 5mm into an aluminium plate. 30 repetitions were performed for each combination tested, using the Kratos test machine, which made the traction of the segments of 10cm of wires, inserted in the brackets, at the speed of 5 mm/min and load cell of 20 N. For the statistical analysis, it was used the Test for multiple Tukey. The results showed that there was significance in the difference of friction when compared to the brackets and conventional independent of the type of wire. The brackets have shown less friction than the conventional brackets. By compared to the conventional brackets in different ligature modes, for metallic coracoclavicular the friction was greater than with elastomeric ligatures both for wires with conventional edges and for

rounded edges. When the variable was the wire, tested on the brackets, no significant differences were found. The same did not occur when the comparison between the wires was performed in the conventional brackets, and for the wires with rounded edges in the combination with metallic Coracoclavicular, the friction was greater than the wires with conventional edges. There was no statistical significance for wires with conventional and rounded edges when they were used

Keywords: Orthodontic brackets; Orthodontic threads; Friction in Orthodontics

Introdução

A mecânica de deslizamento é um dos métodos mais comuns de movimentação dentária e consiste do controle da movimentação obtida na condução do fio ortodôntico ao longo dos braquetes. Durante este procedimento, o braquete fica em contato com o fio promovendo atrito entre suas superfícies ³.

Atrito é definido como uma força tangencial que delimita os dois corpos em contato onde os quais resistem ao movimento relativo de um corpo ao outro ¹¹.

A natureza do atrito em ortodontia é multifatorial, derivada de fatores mecânicos e biológicos ^{1, 4, 9, 10} como por exemplo as propriedades do fio ortodôntico, propriedades do braquete, tipo de amarração entre fio e braquete, distancia inter-braquete e saliva ⁹.

Os métodos de ligação entre o braquete e o fio são importantes fatores de contribuição nas forças geradas de atrito⁸. Os braquetes autoligáveis consistem de sistemas de braquetes sem ligadura que apresentam um aparelho mecânico projetado no braquete para fechar o encaixe edgewise. Sob a perspectiva do paciente, os braquetes de auto ligação geralmente

são mais suaves, mais confortáveis e mais fáceis de higienizar devido à ausência de ligadura do fio⁵. Para Vinay et al (2014) braquetes autoligáveis oferecem menor atrito, seguido de ligaduras metálicas e módulos elastoméricos¹⁷ e no estudo de Correia e Lima et al (2010) concordam que módulos elastoméricos geram mais atrito do que os metálicos⁹.

Dessa forma o objetivo desse estudo foi comparar as forças de atrito geradas por dois tipos de braquetes (convencional e Autoligável passivo metálicos) com dois tipos de fios .018x.025” de aço com bordas convencionais e arredondadas usando três métodos de ligação diferentes (braquete Autoligável, amarelo metálico e ligadura elastomérica).

Materiais e Métodos

Para a realização desta pesquisa, foram utilizados 80 braquetes metálicos de pré-molares com dimensões .022x.028”, sendo 40 convencionais, modelo Victory (3M - USA) e 40 autoligáveis passivos, modelo Portia (Abzil/3M – USA). Foram utilizados, também, 60 segmentos de fios de aço inoxidável, com 10 cm de comprimento, divididos em igual quantidade para cada dimensão e modelo testados: .018x.025” com bordas convencionais e com bordas arredondadas, todos da marca TP (TP Orthodontics – USA).

Os corpos de prova foram divididos em 6 grupos, cada qual com 4 braquetes colados com cola plástica transparente (POXIPOL - FENEDUR S.A – Uruguai) em placas de alumínio (7 x 6,3 x 0,60cm) (Figura 4). Para garantir o alinhamento das canaletas foi utilizado, como guia, um segmento de fio de aço inoxidável .021x.025” (Orthometric – Brasil), mantendo-se o afastamento de 5mm entre os braquetes.

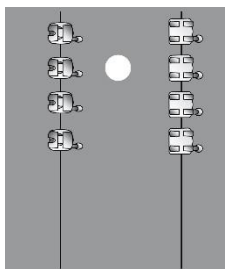


Figura 1 – Corpo de prova – ensaio 2

Placa de alumínio, a esquerda 04 braquetes autoligáveis e a direita, 04 braquetes convencionais.

Todos os testes foram realizados por um mesmo operador, no laboratório de ensaios clínicos do Departamento de Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), por meio da máquina de ensaio universal Kratos, modelo IKCL3-USB (Figura 2), onde as placas foram fixadas em sua base através de parafuso *Allen* e as leituras foram realizadas com célula de carga de 20N e velocidade de 5 mm/min, com deslocamento máximo previsto de 4 mm, em temperatura ambiente. Dos 6 grupos experimentais criados, 2 foram de braquetes autoligáveis e 4 de braquetes convencionais (Tabela 3). Nas combinações com braquetes convencionais foram utilizados fios de amarelo metálico .010 (Morelli) para 2 grupos testados e ligaduras elastoméricas (Morelli) na cor cinza para outras duas combinações de fio/braquete. Para cada combinação testada, foram realizadas trinta (30) leituras, totalizando 180 leituras. Na extremidade inferior de cada fio foi acoplado um peso de 50 g contrapondo-se à tração realizada pela máquina, conforme célula de carga e velocidade já descritas (Figura 3). Cada leitura teve como padrão de tempo 50 segundos de tração.



Figura 2 – Máquina de ensaio universal Kratos, modelo IKCL3-USB

Tabela 1 – Grupos experimentais – Ensaio 2

Braquete	Autoligado		Braquete Convencional Amarrilho metálico		Braquete Convencional Ligadura elastomérica	
	Convencional	Arredondado	Convencional	Arredondado	Convencional	Arredondado
Fio	.018x.025"	.018x.025"	.018x.025"	.018x.025"	.018x.025"	.018x.025"
Grupo	G1	G2	G3	G4	G5	G6



Figura 3 – Placa de leitura, com peso de 50g na extremidade inferior do fio – ensaio 2.

Resultados

Os dados resultantes das análises efetuadas foram analisados quanto à força de atrito, sendo as variáveis testadas: o tipo de braquete, o tipo de fio ortodôntico e o modo de ligadura, segundo os grupos experimentais. Os dados foram inseridos no programa GraphPadPrism 7.2B (GraphPad Software, Inc, La Jolla, CA USA), versão para Macbook e os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão (Tabela 4). As distribuições dos valores dos testes foram analisadas empregando-se a análise de variância ANOVA de duas vias e pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, utilizando-se o nível de significância de 5%.

Tabela 2 - Total Média e Total Desvio Padrão após os testes

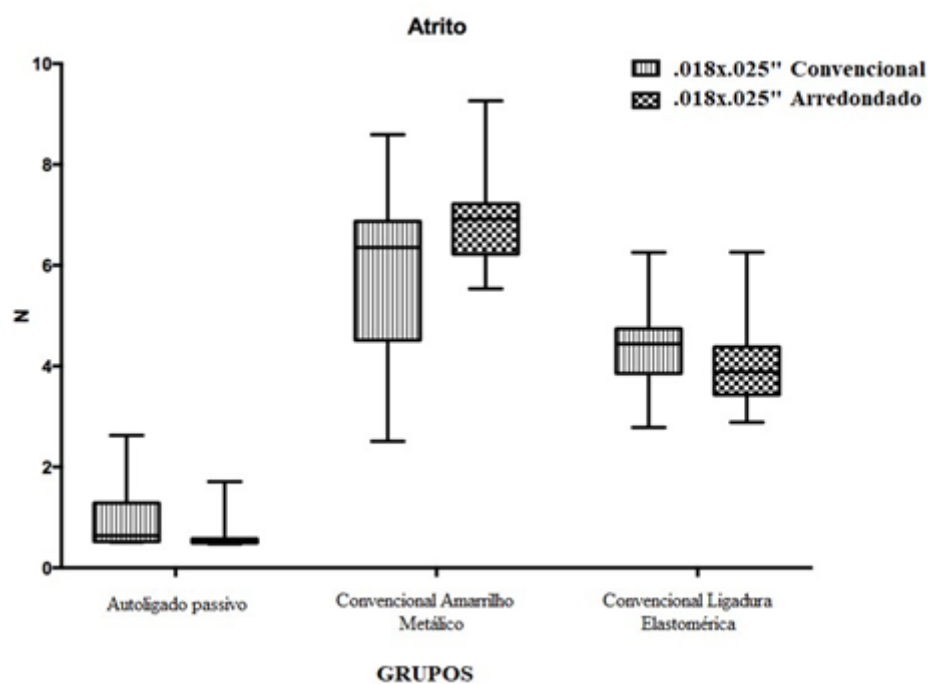
Tipos de Braquetes	Tipos de Fios	
	Convencional .018x.025"	Arredondado .018x.025"
Autoligado Passivo	.09275 (.05729) a A	0.6727 (0.3506) a A
Convencional Amarrilho	5.7860 (1.6432) a B	6.834 (0.7225) b B
Convencional Ligadura Elastomérica	4.4046 (0.8993) a C	3.9162 (0.6688) a C

Diferenças significativas entre as médias são seguidas por letras diferentes (maiúsculas dentro da coluna; letras minúsculas dentro da linha). Nível de significância de 5%.

Houve significância na diferença de atrito quando comparados os braquetes autoligáveis e convencionais independentemente do tipo de fio. Os braquetes autoligáveis mostraram menor atrito que os braquetes convencionais. Comparando-se os braquetes convencionais em diferentes modos de ligadura, para amarrilho metálico o atrito foi maior do que com ligaduras elastoméricas tanto para os fios com bordas convencionais como para bordas arredondadas. Quando a variável foi o fio, testados nos braquetes autoligáveis, não foram encontradas diferenças significativas. O mesmo não ocorreu quando a comparação entre os fios foi realizada nos braquetes convencionais, sendo que para os fios com bordas

arredondadas na combinação com amarrilho metálico, o atrito foi maior do que os fios com bordas convencionais. Não houve significância estatística para os fios com bordas convencionais e arredondadas quando foram usadas ligaduras elastoméricas nos braquetes convencionais. (Gráfico 2)

Gráfico 1 – Comparação da força de atrito gerada em braquetes autoligáveis passivos com fios retangulares .018x.025” com bordas convencionais e arredondadas e braquetes convencionais com fios retangulares .018x.025” com bordas convencionais e arredondadas e ligaduras metálicas e elastoméricas.



Discussão

Atrito é uma força que retarda ou resiste ao movimento relativo de dois objetos em contato. Aparelhos fixos usados na terapia ortodôntica sempre estão associados com a produção de atrito entre a interface braquete / fio e a interface ligadura / fio. Sendo assim é previsível que as propriedades dos materiais dos braquetes, fios e métodos de ligação usados tem papel significativo na produção do atrito⁸. As forças de atrito geralmente aumentam com as seguintes variáveis: uso de fios contendo titânio ao invés de aço inoxidável, aumento da seção transversal do fio, utilização de fio com seção retangular ao invés de redondo, uso de braquetes estéticos ao invés de braquetes metálicos, aumento da angulação fio / braquete e da força de fixação do fio no slot do braquete (amarelo)^{4,9}.

Para Ferrari et al (2011), o comportamento laboratorial do braquete autoligado ativo e do braquete convencional associado ao amarelo metálico e a ligadura elastomérica foram semelhantes, sendo que ambas apresentaram um grande atrito na interface canaleta / fio de níquel titânio sem, no entanto, diferença estatística entre diferentes calibres testados⁶.

Para Lima et al (2010) em seu trabalho as ligaduras elastoméricas tenderam a gerar mais atrito do que as metálicas e apesar desse procedimento gerar menos resistência, é difícil padronizar a força empregada⁹. A força de amarração pode variar de 50 a 300 gf e os módulos elastoméricos podem gerar aproximadamente 250 gramas-força¹⁰.

Segundo Venâncio et al (2013), a maneira com que as ligaduras elásticas são colocadas nos braquetes podem promover aumento no atrito quando comparadas com maneiras convencionais de inserção, independentemente do tipo de ligadura elastomérica¹⁶.

Segundo Taylor e Ison (1996) encontraram aumento das forças de atrito quando combinados braquetes Standard e módulos elastoméricos e observaram menores forças de atrito quando usaram amarelos metálicos no conjunto braquete / fio / ligadura¹⁴.

Sesham et al (2015) realizaram um estudo comparando a diferença do atrito entre ligaduras elastoméricas convencionais com ligaduras elastoméricas de baixo atrito fabricadas com um mix de poliuretano especial e observaram redução no atrito para as ligaduras elásticas não convencionais quando comparadas com as convencionais¹³.

No estudo de Khamatkar et al (2015), compararam os efeitos de diferentes tipos de ligaduras em mecânicas de deslizamento em ambiente seco e úmido. Foram usadas ligaduras metálicas .010”, ligaduras metálicas .010” com teflon e ligaduras elastoméricas convencionais e concluíram que o tipo de material de ligação e o ambiente afetam significativamente o grau de atrito gerado durante a mecânica de deslizamento. A ligadura de aço coberta com teflon produziu menor atrito quando comparada com as demais testadas tanto em condições secas como úmidas⁸.

Em seus estudos, Bednar et al (1991), encontraram que ligaduras metálicas produziram menores forças de atrito quando comparadas com ligaduras elastoméricas², entretanto Thorstensen e Kusy (2001) não encontraram diferenças significativas em estudo comparando forças de atrito entre ligaduras metálicas e elastoméricas¹⁵. Para Gandini et al (2008) ligaduras metálicas em determinadas situações podem produzir maior força de atrito quando comparadas com ligaduras elastoméricas⁷. Para Reidlich et al (2003) baixos níveis de atrito dependem da redução tanto dos coeficientes de atrito quanto das forças de ligação¹².

No presente estudo foram mensurados o atrito entre braquetes autoligáveis passivos e braquetes convencionais metálicos usando fios retangulares de aço com bordas convencionais e arredondadas (.018x.025”) com ligaduras elastoméricas e amarrilhos metálicos. Considerando os tipos de fios não foram detectadas diferenças significantes nas leituras do atrito quando comparados os fios em braquetes autoligáveis e em braquetes convencionais com ligaduras elastoméricas. Foram encontradas diferenças de atrito quando comparado diferentes fios associados a braquetes convencionais com amarrilho.

Na comparação braquete / fio / ligadura os braquetes autoligáveis foram os que mostraram o menor atrito e na comparação usando ligaduras elastoméricas e amarrilhos metálico houve diferenças significativas sendo que quando usado amarrilho metálico foram encontrados os maiores valores de atrito.

Conclusão

Considerando as limitações deste estudo *in vitro*, concluiu-se que:

1. Os braquetes autoligáveis apresentaram atrito significativamente menor que os braquetes convencionais, independentemente do tipo de ligação ou do fio testado;
2. Dentre os 3 tipos de ligações empregadas, o amarrilho foi o que gerou a maior força de atrito, independentemente do fio;
3. O fio retangular com borda arredondada apresentou maior atrito que o fio convencional quando o método de ligação foi o amarrilho. Para os outros métodos, não foram encontradas diferenças significativas.

Referências

1. Baggio PE, Telles, CS, Domiciano JB. Avaliação do atrito produzido por braquetes cerâmicos e de aço inoxidável, quando combinados com fios de aço inoxidável. Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2007. Jan/fev; 12(1): 67-77.
2. Bednar JR, Gruendeman GW, Sandrik JL. A Comparative study of frictional forces between orthodontic brackets and arch wires. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1991; 100: 513-522.

3. Braga LCC, Vedovello Filho M, Kuramae M, Valdrighi HC, Vedovello SAS, Correr AB. Friction force on brackets generated by stainless steel wire and without Ion Guard. *Dental Press J Orthod*. 2011 July-aug;16(4): 41 e 1-6.
4. Braga CP, Vanzin GD, Marchioro EM, Beck JCP. Avaliação do coeficiente de atrito de braquetes metálicos e estéticos com fios de aço inoxidável e beta – titânio. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2004;9(6); 70-83.
5. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Ricciardi A, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwires combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003;124(4):395402.
6. Ferrari KC, Pizzatto S, Moresca R, Moro A, Cantú GM. Avaliação *in vitro* da fricção entre fios ortodônticos retangulares e braquetes autoligáveis. *Orthodontic Science and Practice*. 2011; 4(15): 630-39.
7. Gandini P, Orsi L, Bertoncini C, Massironi S, Franchi L. *In vitro* frictional forces generated by three different ligation methods. *Angle Orthodontist*. 2008; 78(5): 917921.
8. Khamatkar A, Sonawane S, Narkhade S, Gadhiya N, Bagade A, Soni V, Betigiri A. Effects of different ligature materials on friction in sliding mechanics. *International oral Health j*. 2015; 7(5): 34-40.
9. Lima VNC, Coimbra MER, Derech CD, Ruellas ACO. A força de atrito em braquetes plásticos e de aço inoxidável com a utilização de quatro diferentes tipos de amarração. *Dental Press J Orthod*. 2010 Mar/Apr; 15(2):82-86.
10. Nanda R, Ghosh J. Biomechanical considerations in sliding mechanics. In: Nanda R. *Biomechanics in Clinical Orthodontics*. Philadelphia: WB Saunders; 1997 – 188-217.
11. Pasha A, Vishwakarma S, Narayan A, Vinay K, shetty SV, Roy PP. Comparison of frictional forces generated by a new ceramic bracket with the conventional brackets

- using unconventional and conventional ligation system and the self-ligating brackets: An *in vitro* study. *J.Int Oral Health* 2015; 7(9):108-113.
12. Redlich M, Mayer Y, Harari D, Lewinstein I. *In vitro* study of frictional forces during sliding mechanics of “reduced-friction” brackets. *Am J Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2003. Jul; 124(1): 69-73.
 13. Sesham VM, Jaitly A, Chigurupati L, Neela PK, Mamillapalli PK, Peddu R. Comparison of frictional resistance between various bracket types and archwires materials ligated with low-friction and conventional elastic ligatures. *J of Dr. NTR University of health Sciences*. 2015; 4(4): 246-52.
 14. Taylor NG, Ison K. Frictional resistance between orthodontic brackets and archwires in the buccal segments. *Angle Orthod*. 1996; 66(3):215-222.
 15. Thorstenson GA, Kusy RP. Resistance to sliding of self-ligating brackets versus conventional stainless twin brackets with second-order angulation in the dry and wet (saliva) states. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120:361-70.
 16. Venâncio FR, Vedovello SAS, Tubel CAM, Degan VV, Lucato AS, Leal LN. Effect of elastomeric ligatures on frictional forces between the archwires and orthodontic bracket. *Braz J Oral Sci*. Jan/Mar 2013; 12 (1): 41-45.
 17. Vinay K, Venkatesh MJ, Nayak RS, Pasha A, Rajesh M, Kumar P. A comparative study to evaluate the effects of ligation methods on friction in sliding mechanics using 0.022” slot brackets in dry state: An In-vitro study. *J Int Oral Health* 2014;6(2):76-83.

6. Referências

1. Articulo LC, Kusy RP. Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(1):39-51.
2. Baggio PE, Telles CS, Domiciano JB. Avaliação do atrito produzido por braquetes cerâmicos e de aço inoxidável, quando combinados com fios de aço inoxidável. *Dental Press J Orthod.* 2007;12(1):67-77.
3. Berger JL. The SPEED appliance: a 14-year update on this unique self-ligating orthodontic mechanism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(3):217-23.
4. Braga CP, Vanzin GD, Marchioro EM, Beck JCP. Avaliação do coeficiente de atrito de braquetes metálicos e estéticos com fios de aço inoxidável e beta-titânio. *Dental Press J Orthod.* 2004;9(6):70-83.
5. Braga LCC, Vedovello Filho M, Kuramae M, Valdrighi HC, Vedovello SAS, Correr AB. Friction force on brackets generated by stainless steel wire and without Ion Guard. *Dental Press j Orthod.* 2011 July-aug;16(4):41 e 1-6.
6. Buzzoni R, Elias CN, Fernandes DJ, Miguel JAM. Influência da secção transversa de fios ortodônticos na fricção superficial de braquetes autoligados. *Dental Press J Orthod.* 2011;16(4): 35e1-7.
7. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Ricciardi A, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwires combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(4):395-402.
8. Closs LQ MK, Gandini LG Jr, Raveli DB. Os diferentes sistemas de braquetes autoligados: revisão de literatura. *Dental Press J Orthod.* 2005;4(2):60-6.
9. Ferrari KC, Pizzatto S, Moresca R, Moro A, Cantú GM. Avaliação *in vitro* da fricção entre fios ortodônticos retangulares e braquetes autoligáveis. *Orthod Sci Pract.* 2011; 4(15): 630-39.

10. Guerrero AP, Guariza Filho O, Tanaka O, Camargo ES, Vieira S. Evaluation of frictional forces between ceramic brackets and archwires of different alloys compared with metal brackets. *Brazilian oral research*. 2010;24(1):40-5.
11. Gómez SL, Montoya Y, Garcia NL, Virgen AL, Botero JE. Comparison of frictional resistance among conventional, active and passive self-ligating brackets with different combinations of arch wires: a finite elements study. *Acta Odontol. Latinoam*. 2016. 29(2): 130-36.
12. Hain M, Dhopatkar A, Rock P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003;123(4):416-22.
13. Husain N, Kumar A. Frictional resistance between orthodontic brackets and archwire: an *in vitro* study. *J Contemp Dent Pract*. 2011;12(2):91-9.
14. Kapila S, Angolkar PV, Duncanson MG, Jr., Nanda RS. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990;98(2):117-26.
15. Khamatkar A, Sonawane S, Narkhade S, Gadhiya N, Bagade A, Soni V, et al. Effects of different ligature materials on friction in sliding mechanics. *J Int Oral Health*. 2015;7(5):34-40.
16. Kusy RP, Whitley JQ. Coefficients of friction for arch wires in stainless steel and polycrystalline alumina bracket slots. I. The dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990;98(4):300-12.
17. Lima VNC, Coimbra MER, Derech CD, Ruellas ACO. A força de atrito em braquetes plásticos e de aço inoxidável com a utilização de quatro diferentes tipos de amarração. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(2):82-6.
18. Lombardo L, Arreghini A, Bratti E, Mollica F, Spedicato G, Merlin M, et al. Comparative analysis of real and ideal wire-slot play in square and rectangular archwires. *Angle Orthod*. 2015;85(5):848-58.
19. Mostafa YA, Weaks-Dybvig M, Osdoby P. Orchestration of tooth movement. *American Journal of orthodontics*. 1983;83(3):245-50.

20. Nair SV, Padmanabhan R, Janardhanam P. Evaluation of the effect of bracket and archwire composition on frictional forces in the buccal segments. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research.* 2012;23(2):203-8.
21. Pacheco MR, Oliveira DD, Smith Neto P, Jansen WC. Avaliação do atrito em braquetes autoligáveis submetidos à mecânica de deslizamento: um estudo *in vitro*. *Dental Press J Orthod* 2011;16(1): 107-15.
22. Pasha A, Vishwakarma S, Narayan A, Vinay K, Shetty SV, Roy PP. Comparison of frictional forces generated by a new ceramic Bracket with the conventional brackets using unconventional and conventional ligation system and the self-ligating brackets: an *in vitro* study. *J Int Oral Health.* 2015;7(9):108-13.
23. Read-Ward GE, Jones SP, Davies EH. A comparison of self-ligating and conventional orthodontic bracket systems. *British J Orthod.* 1997;24(4):309-17.
24. Redlich M, Mayer Y, Harari D, Lewinstein I. *In vitro* study of frictional forces during sliding mechanics of "reduced-friction" brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(1):69-73.
25. Reznikov N, Har-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlich M. Measurement of friction forces between stainless steel wires and "reduced-friction" self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):330-8.
26. Rossouw PE. Friction: an overview. *Semin Orthod.* 2003; 9(4):218-22.
27. Sesham VM, Jaitly A, Chigurupati L, Neela PK, Mamillapalli PK, Peddu R. Comparison of frictional resistance between various bracket types and archwire materials ligated with low-friction and conventional elastic ligatures. *J University of Health Sciences* 2015;4(4):246-52.
28. Stefanos S, Secchi AG, Coby G, Tanna N, Mante FK. Friction between various selfligating brackets and archwire couples during sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(4):463-7.

29. Schumacher HA, Bourauel C, Drescher D. Frictional forces when rectangular guiding arches with varying edge bevel are employed. *J Orofac Orthop.* 1998;59(3):139-49.
30. Tada Y, Hayakawa T, Nakamura Y. Load-Deflection and Friction Properties of PEEK Wires as Alternative Orthodontic Wires. *Materials (Basel, Switzerland).* 2017;10(8).
31. Taylor NG, Ison K. Frictional resistance between orthodontic brackets and archwires in the buccal segments. *Angle Orthod.* 1996;66(3):215-22.
32. Tecco S, Festa F, Caputi S, Traini T, Di Iorio D, D'Attilio M. Friction of conventional and self-ligating brackets using a 10 bracket model. *Angle Orthod.* 2005;75(6):1041-5.
33. Thorstenson GA, Kusy RP. Resistance to sliding of self-ligating brackets versus conventional stainless steel twin brackets with second-order angulation in the dry and wet (saliva) states. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(4):361-70.
34. Thorstenson GA, Kusy RP. Effect of archwire size and material on the resistance to sliding of self-ligating brackets with second-order angulation in the dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):295-305.
35. Vinay K, Venkatesh MJ, Nayak RS, Pasha A, Rajesh M, Kumar P. A comparative study to evaluate the effects of ligation methods on friction in sliding mechanics using 0.022" slot brackets in dry state: An In-vitro study. *J Int Oral Health.* 2014;6(2):76-83.
36. Voudouris JC. Interactive edgewise mechanisms: form and function comparison with conventional edgewise brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(2):119-40.
37. Wichelhaus A, Geserick M, Hibst R, Sander FG. The effect of surface treatment and clinical use on friction in NiTi orthodontic wires. *Dent Mater.* 2005;21(10):938-45.

7. Apêndice

7.1 Apêndice 1 - Dados experimentais das leituras realizadas em máquina de ensaio Universal Kratos, IKCL-3USB, tração dos segmentos de fio, na velocidade de 5 mm/min com célula carga de 20 N, para cada um dos grupos padronizados para o estudo.

Braquete	Autoligado				
Fio	.019x.025" Retangular				
Nome do grupo	G1				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	0,981	0,932	0,932	0,948333333	0,028290163
2	1,226	1,177	0,981	1,128	0,129641814
3	0,686	0,245	0,245	0,392	0,254611469
4	0,392	0,343	0,392	0,375666667	0,028290163
5	0,343	0,294	0,343	0,326666667	0,028290163
6	0,245	0,294	0,294	0,277666667	0,028290163
7	0,245	0,294	0,245	0,261333333	0,028290163
8	0,785	0,883	0,392	0,686666667	0,259850598
9	0,245	0,245	0,343	0,277666667	0,056580326
10	0,294	0,147	0,196	0,212333333	0,074848736
Media	0,5442	0,4854	0,4363		
Desvio padrão	0,35411009	0,364558546	0,281846314		
Total Media	0,488633333				
Total Desvio padrão	0,326843681				

Braquete	Autoligado				
Fio	.019x.026" Arredondado				
Nome do grupo	G2				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	0,736	0,588	0,539	0,621	0,10256218
2	0,294	0,392	0,294	0,326666667	0,05658033
3	0,343	0,294	0,343	0,326666667	0,02829016
4	0,636	0,294	0,245	0,391666667	0,21301252
5	0,785	0,49	0,392	0,555666667	0,20456376
6	0,196	0,196	0,197	0,196333333	0,00057735
7	0,637	0,294	0,196	0,375666667	0,23156497
8	0,539	0,343	0,294	0,392	0,12964181
9	0,343	0,343	0,294	0,326666667	0,02829016
10	0,245	0,294	0,245	0,261333333	0,02829016
Media	0,4754	0,3528	0,3039		
Desvio padrão	0,215723692	0,11268816	0,10266715		
Total Media	0,377366667				

Total Desvio padrão	0,164431829
----------------------------	-------------

Braquete	Autoligado				
Fio	.018x.025"		Retangular		
Nome do grupo	G3				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	0,441	0,441	0,441	0,441	0
2	0,588	0,588	0,588	0,588	0
3	0,686	0,686	0,637	0,66966667	0,02829016
4	1,863	1,324	1,177	1,45466667	0,36118462
5	0,981	0,785	0,736	0,834	0,12964181
6	1,52	0,981	0,932	1,14433333	0,32625808
7	0,736	0,736	0,686	0,71933333	0,02886751
8	0,834	2,746	1,128	1,56933333	1,02957143
9	1,324	1,275	1,079	1,226	0,12964181
10	0,441	0,441	0,441	0,441	0
Media	0,9414	1,0003	0,7845		
Desvio padrão	0,480361022	0,68627012	0,2766752		
Total Media	0,908733333				
Total Desvio padrão	0,500110949				

Braquete	Autoligado				
Fio	.018x.025"		Arredondado		
Nome do grupo	G4				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	0,8830	0,8340	0,8340	0,8503	0,0283
2	0,9320	2,0100	1,3730	1,4383	0,5420
3	0,6370	1,9610	1,6670	1,4217	0,6953
4	0,5880	0,5880	0,5390	0,5717	0,0283
5	0,5880	0,5390	0,5880	0,5717	0,0283
6	0,5880	0,5390	0,5390	0,5553	0,0283
7	0,9320	0,8830	0,8340	0,8830	0,0490
8	1,7650	1,2260	1,2260	1,4057	0,3112
9	0,7850	0,6860	0,7360	0,7357	0,0495
10	0,9320	0,9810	0,9320	0,9483	0,0283
Media	0,8630	1,0247	0,9268		

Desvio padrão	0,3516	0,5501	0,3809		
Total Media	0,938166667				
Total Desvio padrão	0,426465351				
Braquete	Convencional				
Fio	.019x.025"	Retangular			
Nome do grupo	G5				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	4,168	3,923	3,874	3,98833333	0,15751296
2	4,707	4,707	4,756	4,72333333	0,02829016
3	4,756	5,001	5,59	5,11566667	0,42866109
4	8,091	8,238	8,532	8,287	0,22454621
5	7,453	8,434	9,022	8,303	0,79266071
6	2,648	3,187	3,481	3,10533333	0,42246223
7	2,599	2,746	3,579	2,97466667	0,52850386
8	5,247	5,1	5,198	5,18166667	0,07484874
9	5,982	6,276	6,816	6,358	0,42300355
10	3,285	3,334	3,334	3,31766667	0,02829016
Media	4,8936	5,0946	5,4182		
Desvio padrão	1,872584441	2,00594961	2,08212833		
Total Media	5,135466667				
Total Desvio padrão	1,931517712				

Braquete	Convencional				
Fio	.019x.026"	Arredondado			
Nome do grupo	G6				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	5,443	5,296	5,198	5,31233333	0,12331396
2	7,11	7,159	7,796	7,355	0,38270223
3	6,963	6,914	7,061	6,97933333	0,07484874
4	7,257	7,404	8,091	7,584	0,44518423
5	7,306	8,091	9,415	8,27066667	1,0659176
6	5,051	4,854	4,658	4,85433333	0,19650021
7	6,325	6,129	6,571	6,34166667	0,22147084
8	6,129	5,688	6,031	5,94933333	0,23156497
9	2,991	2,991	2,942	2,97466667	0,02829016
10	4,707	4,56	4,413	4,56	0,147
Media	5,9282	5,9086	6,2176		

Desvio padrão	1,392545535	1,545216	1,95940604
Total Media	6,018133333		
Total Desvio padrão	1,598426527		

Braquete	Convencional				
Fio	.018x.025"			Retangular	
Nome do grupo	G7				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	8,581	8,777	9,071	8,80966667	0,24662792
2	4,609	4,609	4,805	4,67433333	0,11316065
3	3,972	4,413	4,119	4,168	0,22454621
4	5,884	6,865	6,767	6,50533333	0,54031688
5	4,952	6,423	7,404	6,25966667	1,23413303
6	2,844	3,04	3,04	2,97466667	0,11316065
7	4,266	4,413	4,903	4,52733333	0,3335361
8	4,266	3,776	4,462	4,168	0,35334402
9	5,296	5,443	5,835	5,52466667	0,27862579
10	3,727	3,629	3,629	3,66166667	0,05658033
Media	4,8397	5,1388	5,4035		
Desvio padrão	1,563259348	1,7585952	1,86720018		
Total Media					
Total Desvio padrão	1,689696817				

Braquete	Convencional				
Fio	.018x.025"			Arredondado	
Nome do grupo	G8				
Leitura	1	2	3	Media	Desvio padrão
1	3,579	3,579	3,874	3,67733333	0,17031833
2	5,1	5,198	5,394	5,23066667	0,14969747
3	2,795	2,942	3,04	2,92566667	0,12331396
4	7,845	8,875	8,189	8,303	0,52437773
5	3,678	3,678	3,874	3,74333333	0,11316065
6	3,776	3,923	4,315	4,00466667	0,27862579
7	5,1	6,374	7,355	6,27633333	1,13066809
8	5,786	5,933	6,816	6,17833333	0,55710532
9	2,991	2,942	3,236	3,05633333	0,15751296

10	2,55	2,452	2,501	2,501	0,049
Media	4,32	4,5896	4,8594		
Desvio padrão	1,642272409	2,00052211	1,97693445		
Total Media	4,589666667				
Total Desvio padrão	1,828146948				

7.2 Apêndice 2 – Comparações múltiplas de Tukey

Teste de comparações múltiplas de Tukey	Dif. média	Int. conf. 95%	Significância?	Valor de P
Autoligado .019x.025 Retangular (G1) x Autoligado .019x.026 Arredondado (G2)	0.1113	-0.8974 a 1.12	Não	> 0.9999
Autoligado .019x.025 Retangular (G1) x Autoligado .018x.025 Retangular (G3)	-0.4201	-1.4290 a 0.5886	Não	0.9076
Autoligado .019x.025 Retangular (G1) x Autoligado 0.18x0.25 Arredondado (G4)	-0.4495	-1.458 a 0.5591	Não	0.8729
Autoligado .019x.025 Retangular (G1) x Convencional .019x.025 Retangular (G5)	-4.647	-5.655 a -3.638	Sim	< 0.0001*
Autoligado .019x.025 Retangular (G1) x Convencional .019x.026 Arredondado (G6)	-5.53	-6.538 a -4.521	Sim	< 0.0001*
Autoligado .019x.025 Retangular (G1) x Convencional .018x.025 Retangular (G7)	-4.639	-5.647 a -3.63	Sim	< 0.0001*
Autoligado .019x.025 Retangular (G1) x Convencional .018x.025 Arredondado (G8)	-4.101	-5.11 a -3.092	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.19x.026 Arredondado (G2) x Autoligado .018x.025 Retangular (G3)	-0.5314	-1.54 a 0.4773	Não	0.7431
Autoligado 0.19x.026 Arredondado (G2) x Autoligado 0.18x0.25 Arredondado (G4)	-0.5608	-1.569 a 0.4479	Não	0.6869
Autoligado 0.19x.026 Arredondado (G2) x Convencional .019x.025 Retangular (G5)	-4.758	-5.767 a -3.749	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.19x.026 Arredondado (G2) x Convencional .019x.026 Arredondado (G6)	-5.641	-6.649 a -4.632	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.19x.026 Arredondado (G2) x Convencional .018x.025 Retangular (G7)	-4.75	-5.759 a -3.741	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.19x.026 Arredondado (G2) x Convencional .018x.025 Arredondado (G8)	-4.212	-5.221 a -3.204	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Retangular (G3) x Autoligado 0.18x0.25 Arredondado (G4)	-0.02943	-1.038 a 0.9792	Não	> 0.9999
Autoligado 0.18x0.25 Retangular (G3) x Convencional .019x.025 Retangular (G5)	-4.227	-5.235 a -3.218	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Retangular (G3) x Convencional .019x.026 Arredondado (G6)	-5.109	-6.118 a -4.101	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Retangular (G3) x Convencional .018x.025 Retangular (G7)	-4.219	-5.227 a -3.21	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Retangular (G3) x Convencional .018x.025 Arredondado (G8)	-3.681	-4.69 a -2.672	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Arredondado (G4) x Convencional .019x.025 Retangular (G5)	-4.197	-5.206 a -3.189	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Arredondado (G4) x Convencional .019x.026 Arredondado (G6)	-5.08	-6.089 a -4.071	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Arredondado (G4) x Convencional .018x.025 Retangular (G7)	-4.189	-5.198 a -3.181	Sim	< 0.0001*
Autoligado 0.18x0.25 Arredondado (G4) x Convencional .018x.025 Arredondado (G8)	-3.652	-4.66 a -2.643	Sim	< 0.0001*
Convencional .019x.025 Retangular (G5) x Convencional .019x.026 Arredondado (G6)	-0.8827	-1.891 a 0.126	Não	0.1351
Convencional .019x.025 Retangular (G5) x Convencional .018x.025 Retangular (G7)	0.008133	-1.001 a 1.017	Não	> 0.9999
Convencional .019x.025 Retangular (G5) x Convencional .018x.025 Arredondado (G8)	0.5458	-0.4629 a 1.554	Não	0.7160
Convencional .019x.026 Arredondado (G6) x Convencional .018x.025 Retangular (G7)	0.8908	-0.1179 a 1.899	Não	0.1274
Convencional .019x.026 Arredondado (G6) x Convencional .018x.025 Arredondado (G8)	1.428	0.4198 a 2.437	Sim	0.0006*
Convencional .018x.025 Retangular (G7) x Convencional .018x.025 Arredondado (G8)	0.5377	-0.471 a 1.546	Não	0.7314

7.3 Apêndice 3 – Ensaio 2 - Dados experimentais das leituras realizadas em máquina de ensaio Universal Kratos, IKCL-3USB, tração dos segmentos de fio, na velocidade de 5 mm/min com célula carga de 20 N, para cada um dos grupos padronizados para o estudo

Braquete	Autoligável				
Fio	.018x.025" Convencional				
Nome do grupo	G1				
Leitura	1	2	3	Media	Dp
1	1,5299	2,6282	1,6475	1,9352	0,6030
2	0,5884	2,3360	1,5720	1,4988	0,8761
3	0,6865	0,6276	0,6276	0,6472	0,0340
4	0,5492	0,5296	0,5294	0,5361	0,0114
5	0,5100	0,5100	0,5100	0,5100	0,0000
6	0,5100	0,5100	1,6083	0,8761	0,6341
7	0,7845	0,8042	0,7450	0,7779	0,0301
8	1,4318	1,2357	1,2057	1,2911	0,1228
9	0,6472	0,6080	0,8080	0,6877	0,1060
10	0,5260	0,5100	0,5100	0,5153	0,0092
Media	0,77635	1,02993	0,97635		
Dp	0,38206	0,79964	0,48252		
Total Media	0,927543667				
Total Dp	0,572989841				

Braquete	Autoligável				
	.018x.025" Arredondado				
	G2				
Leitura	1	2	3	Media	Dp
1	0,4903	0,4903	0,4903	0,490	0,000
2	0,4903	0,4903	0,4903	0,490	0,000
3	0,4707	0,4707	0,4707	0,471	0,000
4	0,5100	0,5100	0,5100	0,510	0,000
5	0,4903	0,5100	0,5100	0,503	0,011
6	1,2749	1,7064	1,2945	1,425	0,244
7	1,4122	1,2160	1,1376	1,255	0,141
8	0,5884	0,5688	0,5688	0,575	0,011
9	0,5100	0,5296	0,5100	0,517	0,011
10	0,4903	0,4903	0,4903	0,490	0,000
Media	0,6727	0,6982	0,6473		
Dp	0,3564	0,4193	0,3032		
Total Media	0,672743333				
Total Dp	0,350643055				

Braquete	Convencional - Amarelo				
	.018x.025" Convencional				
	G3				
Leitura	1	2	3	Media	Dp
1	5,4526	5,6291	5,9429	5,6749	0,2483
2	6,6294	5,9037	5,9233	6,1521	0,4134
3	8,5908	8,0808	7,9043	8,1920	0,3565
4	6,9628	6,4529	6,6686	6,6948	0,2560
5	3,9619	3,6089	3,6285	3,7331	0,1984
6	7,4336	7,1001	7,1197	7,2178	0,1871
7	6,8451	6,5509	6,4529	6,6163	0,2041
8	4,5896	4,4719	4,5307	4,5307	0,0589
9	2,5105	2,5694	2,7851	2,6217	0,1446
10	6,5706	6,296	6,4137	6,4268	0,1378
Media	5,9547	5,6664	5,7370		
Dp	1,8175	1,6664	1,6034		
Total Media	5,7860				

Total Dp	1,6433
-----------------	--------

Braquete	Convencional - Amarelo				
Fio	.018x.025" Arredondado				
Nome do grupo	G4				
Leitura	1	2	3	Media	Dp
1	6,9040	6,1391	6,1391	6,3941	0,4416
2	7,2963	7,0217	7,1590	7,1590	0,1373
3	6,0214	6,0998	6,4333	6,1848	0,2187
4	7,4336	7,3159	7,1590	7,3028	0,1378
5	7,2178	6,7079	6,7863	6,9040	0,2746
6	7,2178	6,9236	7,0413	7,0609	0,1481
7	7,0413	6,5117	6,2175	6,5902	0,4175
8	6,2175	5,6487	5,5310	5,7991	0,3671
9	7,0217	6,7667	6,6098	6,7994	0,2079
10	7,2178	7,9631	9,2576	8,1462	1,0321
Media	6,9589	6,7098	6,8334		
Dp	0,4693	0,6623	0,9945		
Total Media	6,834043333				
Total Dp	0,722593667				

Braquete Fio Nome do grupo Leitura	Convencional - Ligadura elastomérica				
	.018x.025" Convencional				
	G5				
	1	2	3	Media	Dp
1	3,9031	5,8641	5,786	5,1844	1,110325254
2	4,4719	4,6092	4,5504	4,543833333	0,068885146
3	3,6482	3,9423	4,0012	3,8639	0,189108884
4	4,2562	4,668	5,0015	4,6419	0,373334876
5	4,1777	4,4131	4,5111	4,3673	0,171353786
6	3,1578	3,9227	4,0012	3,6939	0,465932366
7	3,452	3,707	4,6877	3,9489	0,65239967
8	5,8252	6,0214	6,2567	6,034433333	0,216045049
9	4,7073	4,7269	4,7857	4,739966667	0,040800654
10	2,7851	3,0205	3,2755	3,027033333	0,245265271
Media	4,03845	4,48952	4,6857		
Dp	0,866377474	0,927097391	0,866857064		
Total Media	4,404556667				
Total Dp	0,899367409				

Braquete	Convencional - Ligadura elastomérica				
Fio	.018x.025" Arredondado				
Nome do grupo	G6				
Leitura	1	2	3	Media	Dp
1	4,2562	4,2365	4,4719	4,3215	0,1306
2	3,0205	3,4128	3,5893	3,3409	0,2911
3	3,7462	3,8835	3,9619	3,8639	0,1092
4	3,1382	3,2559	3,5304	3,3082	0,2013
5	2,8832	3,2166	3,2559	3,1186	0,2048
6	3,5501	3,8835	4,0208	3,8181	0,2421
7	3,4324	3,5893	3,6089	3,5435	0,0967
8	4,2562	4,3934	4,5111	4,3869	0,1276
9	4,3738	4,3934	4,5111	4,4261	0,0743
10	4,4915	4,3542	6,2567	5,0341	1,0610
Media	3,7148	3,8619	4,1718		
Dp	0,5998	0,4724	0,8590		
Total Media	3,91618				
Total Dp	0,668881098				

7.4 Apêndice 4 – Comparações múltiplas de Tukey

Comparações múltiplas de Tukey	Dif. Média	Int. conf. 95%	Significância?	Valor de P
Autoligável passivo .018x.025" Convencional (G1) x Autoligável passivo .018x.025" Arredondado (G2)	0.2548	-0.4197 a 0.9293	Não	0.8854
Autoligável passivo .018x.025" Convencional (G1) x Convencional Amarelo .018x.025" Convencional (G3)	-4858	-5.533 a -4.184	Sim	< 0.001*
Autoligável passivo .018x.025" Convencional (G1) x Convencional Amarelo .018x.025" Arredondado (G4)	-5906	-6.581 a -5.232	Sim	< 0.001*
Autoligável passivo .018x.025" Convencional (G1) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Convencional (G5)	-3477	-4.151 a -2.803	Sim	< 0.001*
Autoligável passivo .018x.025" Convencional (G1) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Arredondado (G6)	-2989	-3.663 a -2.314	Sim	< 0.001*
Autoligável passivo .018x.025" Arredondado (G2) x Convencional Amarelo .018x.025" Convencional (G3)	-5113	-5.788 a -4.439	Sim	< 0.001*
Autoligável passivo .018x.025" Arredondado (G2) x Convencional Amarelo .018x.025" Arredondado (G4)	-6161	-6.836 a -5.487	Sim	< 0.001*
Autoligável passivo .018x.025" Arredondado (G2) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Convencional (G5)	-3732	-4.406 a -3.057	Sim	< 0.001*
Autoligável passivo .018x.025" Arredondado (G2) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Arredondado (G6)	-3243	-3.918 a -2.569	Sim	< 0.001*
Convencional Amarelo .018x.025" Convencional (G3) x Convencional Amarelo .018x.025" Arredondado (G4)	-1048	-1.722 a -0.3736	Sim	0.0002
Convencional Amarelo .018x.025" Convencional (G3) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Convencional (G5)	1381	0.707 a 2.056	Sim	< 0.001*
Convencional Amarelo .018x.025" Convencional (G3) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Arredondado (G6)	1.87	1.195 a 2.544	Sim	< 0.001*
Convencional amarelo .018x.025" Arredondado (G4) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Convencional (G5)	2.429	1.755 a 3.104	Sim	< 0.001*
Convencional amarelo .018x.025" Arredondado (G4) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Arredondado (G6)	2.918	2.243 a 3.592	Sim	< 0.001*
Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Convencional (G5) x Convencional Lig. Elastomérica .018x.025" Arredondado (G6)	0.4884	-0.1861 a 1.163	Não	0.2991

* estatisticamente significativo

8. Anexo

Link para a norma dos artigos científicos:

<http://www.scielo.br/revistas/dpjo/pinstruc.htm>