

UNIVERSIDADE METODISTA DE SÃO PAULO

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

ORTODONTIA

COMPARAÇÃO DO ATRITO IN VITRO EM BRAQUETES ESTÉTICOS  
CONVENCIONAIS E AUTOLIGADOS

RODRIGO SEVERO LEAL

SÃO BERNARDO DO CAMPO  
2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE METODISTA DE SÃO PAULO

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

ORTODONTIA

COMPARAÇÃO DO ATRITO IN VITRO EM BRAQUETES ESTÉTICOS  
CONVENCIONAIS E AUTOLIGADOS

RODRIGO SEVERO LEAL

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade Metodista de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE pelo programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, Área de concentração em Ortodontia.

Orientadora : Profa Dr<sup>a</sup> Fernanda Angelieri

SÃO BERNARDO DO CAMPO  
2009

## FICHA CATALOGRÁFICA

Leal, Rodrigo Severo

Comparação do atrito in vitro em braquetes estéticos convencionais e autoligados/ Rodrigo Severo Leal. São Bernanrdo do Campo, 2009. 113p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Metodista de São Paulo, Faculdade de Odontologia, Curso de Pós-Graduação em Ortodontia. Orientação Fernanda Angelieri

1. Atrito 2. Braquetes autoligados 3, Mecânica de deslize .

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha esposa **Barbara** e aos meus filhos **Laura** e **Severo**, razão do meu esforço, e dos quais recebo amor e incentivo todos os dias.

## **AGRADECIMENTOS**

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por conduzir sempre o meu caminho.

Aos meus pais, **Eloir João Leal e Efigênia Moraes Leal**,  
exemplo de vida e dedicação aos filhos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ortodontia da Universidade Metodista de São Paulo, **Prof. Dr. Marco Antonio Scanavini**, exemplo de dedicação ao ensino e sabedoria na condução do curso durante quase uma vida.

## AGRADECIMENTOS

A **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Angelieri**, pelo exemplo profissional, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e orientação neste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Professores: **Dr<sup>a</sup> Cláudia Toyama Hino, Dr. Danilo Furquim Siqueira, Dr. Eduardo Kazuo Sannomiya, Dr<sup>a</sup> Fernanda Cavicchioli Goldemberg, Dr<sup>a</sup> Liliana Ávila Maltagliati, Dr<sup>a</sup>. Maria Helena Ferreira Vasconcelos, Dra Silvana Bommarito**, obrigado pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Aos colegas e amigos: **Afonso, Ana Paula, Daniel, Fernanda, Livia, Nelson, Paula, Ricardo, Roger**. Obrigado a todos, pelo incentivo, amizade e respeito. Que a nossa união durante o curso perdure por muitos anos.

## AGRADECIMENTOS

À funcionária **Ana T. Paschoalin**, pela sua paciência e dedicação a todos que de alguma forma precisam da sua ajuda. Que Deus lhe dê em dobro tudo o que faz de bom para os outros.

Aos funcionários **Paula, Célia, Edílson** pelo auxílio durante o curso.

Gostaria de agradecer especialmente à Unitek - 3M, na pessoa do **Sr Elizandro**, pelo auxílio, e pelos materiais doados para a realização desta pesquisa.

Agradeço ao colega **Dr. Mauro Piccioni** pela ajuda durante a realização desta pesquisa.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	XII
<b>ABSTRACT</b> .....	XIV
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	XV
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	XVII
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	4
2.1. A TRITO.....	5
2.2. BRAQUETES CONVENCIONAIS .....	10
2.3. BRAQUETES AUTOLIGADOS .....	23
<b>3. PROPOSIÇÃO</b> .....	34
<b>4. MATERIAL E MÉTODO</b> .....	36
4.1. MATERIAL.....	37
4.2. MÉTODO .....	40
<b>5. RESULTADOS</b> .....	54

5.1. COMPARAÇÃO DOS BRAQUETES NOS DIFERENTES FIOS – ANÁLISE SEM ANGULAÇÃO .....	56
5.2. COMPARAÇÃO DOS BRAQUETES NOS DIFERENTES FIOS – ANÁLISE COM ANGULAÇÃO DE 3 GRAUS .....	58
<b>6.DISSCUSSÃO</b> .....	61
6.1. METODOLOGIA .....	62
6.2. COMPARAÇÃO DO ATRITO DOS BRAQUETES EM DIFERENTES FIOS SEM ANGULAÇÃO .....	66
6.3. COMPARAÇÃO DO ATRITO DOS BRAQUETES EM DIFERENTES FIOS COM ANGULAÇÃO ENTRE OS BRAQUETES .....	69
6.4. IMPLICAÇÕES CLÍNICAS DO ESTUDO.....	71
<b>7.CONCLUSÃO</b> .....	73
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	75
<b>ANEXOS</b> .....	80
<b>APÊNDICES</b> .....	87

LEAL, RODRIGO SEVERO. Comparação do atrito *in vitro* em braquetes estéticos convencionais e autoligados. São Bernardo do Campo: [Dissertação] Ortodontia, Faculdade de Odontologia, Universidade Metodista de São Paulo; 2009.

## RESUMO

O objetivo do presente estudo consistiu em comparar *in vitro* o atrito produzido por braquetes estéticos, convencionais e autoligados quando inseridos fios retangulares de aço inoxidável de diferentes dimensões, nas angulações de zero e três graus entre os braquetes. Foram utilizados 120 braquetes de 6 marcas comerciais (Gemini, Clarity convencional, Transcend, Inspire, Clarity autoligado, Damon autoligado), sendo 20 braquetes de cada marca comercial. Para os ensaios laboratoriais, foram colados dois pares de braquetes de cada marca comercial em uma placa metálica, com uma angulação de zero e três graus entre os braquetes. Foram empregados os fios retangulares de aço inoxidável 0,017" x 0,025", 0,019" x 0,025" e 0,021"x0,025" em uma máquina de ensaios universal "Instron". Para a comparação entre os braquetes nos diferentes fios e angulações, foi utilizada a análise de variância e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os resultados demonstraram que na angulação de zero grau, os braquetes autoligados apresentaram menor atrito em relação aos convencionais em todos os fios avaliados, sendo que, o braquete Clarity autoligado apresentou menor atrito estatisticamente significativo que o Damon, exceto no fio 0,021" x 0,025", em que ambos os braquetes autoligados apresentaram atrito estatisticamente semelhante. O braquete Inspire demonstrou o maior atrito em relação aos demais braquetes nos fios 0,019"x0,025" e 0,021"x0,025". Na angulação de três graus, observou-se resultados semelhantes aos braquetes posicionados sem angulação comparando os braquetes autoligados em relação aos convencionais. Contudo, verificou-se que o atrito entre os braquetes convencionais ocorreu em ordem crescente sendo braquetes Gemini, Clarity convencional, Transcend e Inspire. Pôde-se concluir que a angulação entre os braquetes aumenta consideravelmente o atrito. Além disso, em ambas as angulações, os braquetes autoligados demonstraram menor atrito em relação aos convencionais, sendo que o

braquete Clarity autoligado promoveu menor atrito que o Damon estético, exceto no fio 0,021"x 0,025".

Palavras-chave: Atrito; braquetes autoligados, mecânica de deslize.

LEAL, RODRIGO SEVERO. A comparison of in vitro friction forces among conventional and self-ligating aesthetic orthodontic brackets. São Bernardo do Campo: [Dissertation] Ortodontia, Faculdade de Odontologia, Universidade Metodista de São Paulo; 2009

#### ABSTRACT

The aim of this in vitro study was to compare the friction resistances among conventional steel-ligated and self-ligating aesthetic brackets with different rectangular stainless steel archwires sizes at zero and three degrees angulation. 120 brackets of 6 commercial brands (Gemini, Clarity conventional, Transcend, Inspire, Clarity self-ligating, Damon self-ligating) were tested, 20 brackets of each brand. Two brackets were glued on a metallic plate, with angulations of zero and three degrees between them. Rectangular stainless steel archwires of 0.017" x 0.025", 0.019" x 0.025" and 0.021" x 0.025" were tested on a "instron" universal essay machine. Variance analysis and Tukey tests ( $p < 0,05$ ) were run to compare brackets with different archwires sizes and angulation. The study demonstrated that at zero degree angulation the self-ligating brackets produced less friction in relation to conventional ligated bracket in all archwires sizes tested. Clarity self-ligating produces even less friction than aesthetic Damon, except with the 0.021" x 0.025" archwire, where both self-ligating brackets produced statistically similar results. Inspire bracket had the least friction with 0.019"x0.025" and 0.021"x0.025". Similar results were observed for the self-ligating brackets in relation to conventional brackets at three degrees angulation. Among the conventional steel-ligated brackets, Gemini, Clarity, Transcend and Inspire produced the highest friction resistances, in increasing order. In conclusion, the angulation between the brackets increases significantly the friction forces. Furthermore, the self-ligating brackets produce less friction in relation to conventional ligating brackets, and the Clarity self-ligating bracket produced less friction than aesthetic Damon, except with 0.021"x 0.025" archwire size.

Keywords: Friction, self-ligating bracket, sliding mechanics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Braquetes convencionais analisados: A-Gemini, B-Clarity convencional, C-Transcend, D-Inspire. ....	39
Figura 4.2 – Braquetes autoligados analisados: E-Clarity autoligado, F-Damon autoligado. ....	39
Figura 4.3 – Placa metálica com Gabarito para colagem dos braquetes. ....	41
Figura 4.4 – Posicionamento do primeiro braquete sobre a linha x1. ....	42
Figura 4.5 – Colagem do primeiro braquete sobre a placa metálica. ....	43
Figura 4.6 – Posicionamento do segundo braquete sobre a linha x1. ....	44
Figura 4.7 – Os dois braquetes já colados com o fio 0,021” x 0,025” sobre a canaleta e coincidindo com a linha x1. ....	44
Figura 4.8 – Placa metálica com gabarito para colagem dos braquetes em 3 graus. ....	45
Figura 4.9 – Posicionamento do primeiro braquete para os ensaios em 3 graus. ....	46
Figura 4.10 – Posicionamento do segundo braquete sobre a linha x3. ....	46
Figura 4.11 – Mensuração do centro da pinça com paquímetro digital. ....	47
Figura 4.12 - Determinação do centro da pinça. ....	47
Figura 4.13 – Marca do centro da pinça. ....	48
Figura 4.14 – Conferência do posicionamento do corpo de prova com auxílio de um esquadro. ....	49
Figura 4.15 – Ensaio de tração com os braquetes sem angulação entre si. ....	49
Figura 4.16 - Máquina Universal de Ensaio utilizada nos testes: Instron modelo 4457. ....	50
Figura 4.17 - Posicionamento do corpo de prova para ensaio com angulação. ....	52
Figura 4.18 – Ilustração do ensaio com os braquetes em 3°. ....	52
Figura 4.19 – Posicionamento do fio na pinça superior com os braquetes em 3°. ....	52
Figura 6.1 – Média dos atritos estático e dinâmico dos braquetes sem angulação. ....	67

Figura 6.2 – Média dos atritos estático e dinâmico dos braquetes com  
angulação.....70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Prescrição dos braquetes utilizados na pesquisa .....	38
Tabela 5.1 – Análise de variância a três critérios (Angulação, Braquete e Fio) para comparação entre os grupos da força de atrito estático. ....	55
Tabela 5.2 – Análise de variância a três critérios (Angulação, Braquete e Fio) para comparação entre os grupos da força de atrito dinâmico.....	55
Tabela 5.3 – Média, desvio padrão e resultado do teste de Tukey para comparação entre braquetes e fios, das forças de atrito estático e dinâmico, para os braquetes sem angulação.....	58
Tabela 5.4 – Média, desvio padrão e resultado do teste de Tukey para comparação entre braquetes e fios, das forças de atrito estático e dinâmico, para os braquetes com angulação.....	60

## **1.INTRODUÇÃO**

# 1. INTRODUÇÃO

Os experimentos sobre atrito datam do ano de 450, quando “Leonardo da Vinci” registrou no seu “Código Atlântico” desenhos de um bloco retangular deslizando sobre uma superfície plana<sup>31</sup>. O atrito pode ser definido como a resistência de um corpo ao movimento, quando um corpo sólido tende ou desliza sobre outro<sup>43</sup>. Pode ser estático, caracterizado como a força necessária para iniciar o movimento de um sólido sobre outro, e cinético ou dinâmico, que é a força que resiste ao deslizamento de um sólido sobre outro durante o movimento<sup>29</sup>.

Em Ortodontia, o atrito tem uma grande relevância. Com o desenvolvimento dos aparelhos pré-ajustados e a introdução da “Técnica do Arco Reto”, a terapia ortodôntica passou a utilizar, na grande maioria dos casos, a mecânica de deslizamento para o fechamento dos espaços das extrações dentárias. Para que a mecânica de deslizamento seja efetiva, a resistência ao movimento, denominada de “atrito” deve ser superada<sup>8</sup>. Um alto atrito requer um aumento da força para se iniciar e manter o movimento, pois 12% a 60% das forças aplicadas são dissipadas devido à resistência do atrito ao deslize<sup>10</sup>. Os arcos utilizados para a fase de retração anterior durante o tratamento ortodôntico são preferencialmente de aço inoxidável e secção retangular, para que se tenha um melhor controle de inclinação dos dentes durante a retração anterior<sup>20</sup>. Esta inclinação dos dentes pode ocorrer principalmente devido a diferença de dimensão entre a canaleta do braquete e o fio, e pelo posicionamento do braquete no centro da coroa e fora do centro de resistência do dente<sup>3,5</sup>.

Os braquetes metálicos apresentam excelentes propriedades mecânicas e baixo custo<sup>25</sup>, contudo uma estética comprometida para o paciente. A fim de proporcionar uma melhor estética ao paciente, foram desenvolvidos os braquetes de policarbonato e cerâmica. Os braquetes cerâmicos podem ter composição policristalina, que são cristais de óxido de alumínio fusionados a altas temperaturas ou monocristalina, que resulta de um único cristal de óxido de alumínio fundido em alta temperatura (2.100°C). Os braquetes monocristalinos apresentam

menor incorporação de impurezas, maior translucidez e maior resistência à fratura que os policristalinos, porém maior atrito<sup>25</sup>.

Na tentativa de minimizar o atrito durante a movimentação ortodôntica utilizando os braquetes estéticos, foram desenvolvidos braquetes cerâmicos policristalinos com canaletas metálicas para combinar as características estéticas da cerâmica com as propriedades friccionais do aço inoxidável<sup>10</sup>.

Além disso, para reduzir o tempo despendido em amarrar as ligaduras, Stolzenberg em 1930, desenvolveu o primeiro braquete autoligado<sup>44</sup>. Em geral, os braquetes autoligados tendem a diminuir o tempo de cadeira do paciente e apresentam um menor atrito na fase inicial do tratamento devido à diferença da força de ligação entre o braquete e o arco<sup>44</sup>.

Recentemente introduzidos no mercado ortodôntico, os braquetes estéticos autoligados proporcionam uma melhor estética durante o tratamento ortodôntico e ao mesmo tempo mantêm as características do sistema autoligado metálico<sup>10</sup>. Com relação ao atrito proporcionado pelos braquetes estéticos autoligados, a literatura<sup>10,15</sup> tem demonstrado que em pacientes com demanda estética, esses braquetes representam uma alternativa mais viável aos braquetes cerâmicos convencionais, os quais produzem um maior atrito.

Nos últimos anos, foram desenvolvidos vários estudos<sup>3,4,8,10,12,13,14,33,38</sup> avaliando o atrito dos braquetes estéticos na mecânica de deslizamento. Embora várias pesquisas já tenham sido desenvolvidas, percebe-se a carência de informações conclusivas sobre os novos tipos de braquetes estéticos autoligados recentemente produzidos<sup>2,13,19,28,33,37,38,41,44</sup>. A proposta deste estudo foi comparar o atrito "in vitro" dos braquetes metálicos e estéticos cerâmicos convencionais, além dos braquetes estéticos autoligados, combinando-os com fios de aço inoxidável de diferentes dimensões, em ambiente seco, nas angulações de zero e 3 graus.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Com o objetivo de facilitar a compreensão e a leitura do tema abordado, este capítulo foi dividido nos seguintes tópicos: Atrito, Braquetes Convencionais e Braquetes Autoligados.

### 2.1. ATRITO

PALMER<sup>31</sup>, em 1951, relatou um breve histórico sobre os experimentos com atrito, que datam de aproximadamente 450 anos atrás. Leonardo DA VINCI registrou em seu “Código Atlântico”, desenhos de um bloco retangular deslizando sobre uma superfície plana de diferentes maneiras. Anos mais tarde, os físicos franceses Amontons, Coulomb e Morin nos séculos XVII, XVIII e XIX, respectivamente, estabeleceram as chamadas leis clássicas do atrito, que seguem: 1. A força de atrito ( $F$ ) é diretamente proporcional à carga ( $W$ ); 2. A força de atrito depende da natureza das superfícies deslizantes; 3. A força de atrito independe da área de contato entre as superfícies; 4. A força de atrito independe da velocidade de deslizamento.

SCHLEGEL<sup>36</sup>, em 1996, afirmou que os ortodontistas têm muitos métodos para movimentar os dentes, como a mecânica de deslize, onde o braquete colado ao dente desliza sobre o fio ortodôntico e que invariavelmente produz um atrito entre o braquete e o fio, independente se o braquete está angulado ou não. Dessa forma a força necessária para movimentar o dente é aumentada devido à força do atrito existente entre arco e braquete, e para que se tenha um bom controle do tratamento e da reabsorção radicular, os efeitos do atrito devem ser minimizados. A quantidade de atrito é bastante influenciada pela pressão do contato entre o arco e o braquete que ocorrem na canaleta do braquete acompanhado pelas forças e momentos ocorrendo não em um ponto de contato, mas uma superfície de contato. Neste artigo o autor analisou um modelo de simulador mecânico de aparelho

ortodôntico, composto por três braquetes, sendo dois fixos por onde deslizava o arco e um terceiro braquete, chamado de “ativo” que era puxado por uma mola paralelamente ao arco que passava pelos dois braquetes fixos. Por meio deste experimento, o autor concluiu que a questão sobre se braquetes mais largos ou estreitos causam menor atrito, não pode ser respondida analisada isoladamente, e que um único braquete combinado a um arco não pode gerar algum tipo de força, momento ou atrito. A magnitude da resultante da força de atrito depende da propriedade do arco, da largura do braquete, da distância interbraquetes e da posição do chamado “braquete ativo”.

Segundo BRAUN et al.<sup>9</sup>, em 1999 a mastigação e a deglutição podem interferir na mecânica de deslize de forma a reduzir o atrito. Os autores afirmaram que no ambiente bucal as funções como a mastigação e deglutição, resultam em movimentos repetitivos que afetam o contato do fio com o braquete e esses pequenos movimentos reduziram o atrito. Para avaliar esta suposição, os autores analisaram se as pequenas perturbações citadas acima, simuladas em laboratório iriam interferir no atrito entre fio e braquete. Foram utilizados braquetes e fios de aço inoxidável. Os fios utilizados foram: 0,018”x 0,025”, 0,016”x 0,016” e o 0,016” (Ormco). Os braquetes metálicos utilizados foram o Mini Dimond (Ormco)<sup>1</sup>, com canaleta 0,018” “standart” de caninos e pré-molares. Todos os testes foram realizados em ambiente seco, com os dois tipos de braquetes, combinados com os fios citados acima, num total de 48 testes. Enquanto a máquina realizava o deslizamento dos fios, pequenos toques sobre o fio ou o braquete eram provocados por um mesmo operador de maneira aleatória com uma força média de 87,2 gramas. Os toques realizados pelo operador, resultaram na redução do atrito praticamente a zero.

MICHELBERGER et al.<sup>27</sup> em 2000, compararam o coeficiente de atrito dos braquetes de titânio Rematitan (Dentaurum) e de aço inoxidável Mini-V Diamond Twin (Ormco), combinados com arcos de aço inoxidável e beta-titânio com tratamento iônico (Ormco). Este estudo avaliou o contato de um único braquete com o arco, isto minimiza a influência que várias interfaces braquetes/arco e de várias “Forças Normais” teriam sobre o cálculo do coeficiente de atrito. Os braquetes foram colados sobre um pedestal de acrílico que foi fixado a um dispositivo ajustável para

---

<sup>1</sup> Os produtos, processos e tecnologias citados neste estudo são propriedade intelectual de seus respectivos fabricantes e desenvolvedores, citados entre parênteses. Todos os direitos são reservados.

permitir um posicionamento apropriado de uma guia de teflon amarrada ao arco e ligada a uma “célula de carga” de 500 gramas. A guia de teflon puxava o arco por meio de um gancho confeccionado na extremidade, para promover o seu deslize a uma distância de 10 mm por meio de um motor elétrico, a uma velocidade de 23 mm/minuto. Para calcular o coeficiente de atrito ( $\mu$ ), utilizou-se a fórmula:  $\mu = F/N$ , onde “ $\mu$ ” representa o coeficiente de atrito, “F” a força de atrito, e “N” a força normal existente na interface entre as superfícies. Foram utilizadas a superfície vertical inter-aletas dos braquetes de aço inoxidável do incisivo central superior, e a superfície lateral dos braquetes de titânio do incisivo inferior, por estas superfícies apresentarem-se mais acessíveis para se obter uma única superfície de interface e eliminar os efeitos do “binding”, ou seja, o travamento do arco na canaleta do braquetes durante a simulação e o aumento do atrito ocasionado por este efeito. Aos braquetes foram combinados os fios 0,020” de aço inoxidável (Ormco) e 0,016”x 0,022” de aço inoxidável e titânio-molibdênio (Ormco), e o deslize ocorreu nas duas superfícies do arco retangular, na 0,016” e na 0,022”. Vinte amostras de cada combinação arco/braquetes foram testadas, e cada teste envolveu um novo arco e um novo braquete, que resultou em um total de 120 testes. O ponto de carga inicial registrou o atrito estático. O atrito cinético foi determinado pela média de carga da célula, durante os 25 segundos, iniciando 0,5 segundos depois do ponto estático. Nos resultados, observaram-se que quando o autor deslizou o arco retangular 0,016” x 0,022” de aço inoxidável no lado da superfície 0,016” os braquetes de aço inoxidável apresentaram o mais baixo coeficiente de atrito estático. O atrito mais alto ocorreu com a superfície 0,016” do arco retangular de 0,016” x 0,022” de beta-titânio combinado com os braquetes de titânio. Os braquetes de aço inoxidável apresentaram menor coeficiente de atrito estático e cinético, estatisticamente significativo que os de titânio, exceto com o arco redondo 0,020” de aço inoxidável, em que o atrito foi similar entre ambos. Os braquetes de titânio em combinação com os arcos de titânio-molibdênio registraram os maiores atritos devido à extensa adesão e abrasão da interface de titânio, não sendo recomendados para mecânicas de deslizamento. Os arcos redondos de aço inoxidável apresentaram menor coeficiente de atrito cinético que as superfícies planas dos arcos retangulares.

IWASAKI et al.<sup>16</sup>. em 2003, tiveram como objetivo desta pesquisa quantificar as forças aplicadas por diferentes dispositivos de ligação (elásticos ou amarrilhos) entre o braquete e o arco e testar a hipótese de que a vibração causada

pela mastigação reduz o atrito gerado entre braquete e arco. A magnitude do aperto ou soltura promovida pelos elásticos ou amarrilhos, chamada de “força normal”, foi estabelecida e reproduzida por um dispositivo para medir o atrito “in vivo” e “in vitro”. Foram utilizados braquetes de aço inoxidável de pré-molares com 0° de angulação e torque, com canaleta 0,022” x 0,028” (Miniature Twin – Unitek 3M) e fios 0,019”x 0,025” de aço inoxidável. Foi utilizada a máquina universal “Instron Model 1123” para o teste, e o braquete, sem estar amarrado ao arco, foi movimentado, deslizando em uma velocidade de 10 mm/minuto. Isto foi repetido por 10 vezes para quantificar o efeito do dispositivo braquete/arco sem amarração. A média da força de resistência para esta situação para cada exemplo foi de 137,8 gramas. O mesmo procedimento foi repetido por 3 vezes para os braquetes amarrados aos arcos, resultando em uma força média de 667 gramas. Um único operador foi treinado para produzir as amarrações braquete/arco baseadas na média das amarrações apertadas e frouxas (Força normal de ligação) dos valores anteriormente quantificados. O mesmo operador confeccionou 40 amostras de amarração frouxas com ligadura de aço inoxidável 0.010” e 40 apertadas e a força normal de ligação para cada exemplo foi medida. O deslize do braquete foi provocado por uma mola de níquel-titânio ativada, gerando uma força para que o braquete deslizesse sobre o arco auxiliar. Os autores concluíram que forças de amarração constantes são difíceis de conseguir com ligaduras metálicas mesmo quando feitas por um único operador. A mastigação não reduziu significativamente a força de atrito produzida entre braquetes de aço inoxidável canaleta 0,022”x 0,028” com ligaduras metálicas 0,010” ou ligaduras elásticas.

NISHIO et al.<sup>30</sup> em 2004 avaliaram os seguintes braquetes: aço inoxidável (Victory Series, 3M/Unitek), cerâmicos (Transcend 6000, 3M/Unitek), cerâmicos com canaleta metálica (Clarity,3M/Unitek). Foram avaliados 30 braquetes de cada, sendo todos com canaletas 0,022” x 0,028” ,”edgwise/padrão”, sem torque ou inclinação, combinados aos fios 0,019”x 0,025” de aço inoxidável (Unitek-3M ), níquel titânio (Unitek-3M ), e beta titânio (Unitek-3M). A máquina de teste utilizada foi a Emic, e a combinação arcos/braquetes teve angulação de 0° e 10°, e cada arco e braquete foram trocados depois de cinco testes com ambas as angulações. A ligadura arco/braquete foi padronizada de forma que a pressão fosse constante e igual a 200 gramas de força. Os autores concluíram que os menores valores encontrados da força de atrito gerados foram nos braquetes metálicos, seguidos

pelos braquetes cerâmicos com canaleta metálica e os cerâmicos convencionais respectivamente em todas as combinações testadas. A menor força de atrito em relação aos arcos foi encontrada nos arcos de aço inoxidável, seguido pelos arcos de níquel titânio e beta titânio respectivamente. A magnitude de força para deslocar o braquete no arco foi diretamente proporcional ao aumento do ângulo entre braquete e arco, sendo maior na angulação de  $10^\circ$  que na de  $0^\circ$ . A diferença dos valores da força de atrito entre os braquetes metálicos e os cerâmicos com canaletas metálicas, foi provavelmente causada pela falta de um perfeito ajuste da canaleta metálica sobre a base do braquete cerâmico.

BRAGA et al.<sup>8</sup> em 2004 verificaram se existem diferenças entre os coeficientes de atrito de braquetes de aço inoxidável (Dynalock-Unitek), braquetes estéticos com canaleta metálica (Clarity-Unitek) e estéticos convencionais (Allure-GAC), quando combinados com fios de aço inoxidável e beta-titânio (TP Orthodontics). Os braquetes utilizados foram Edgewise com canaleta 0,022" x 0,028", e os fios de aço inoxidável e beta-titânio 0,019" x 0,025". O equipamento para a realização do experimento foi construído pelo departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da PUC-RS (Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul). Em um plano horizontal, a força normal "N" possui o mesmo módulo da força peso. Os autores concluíram que a combinação que apresentou menor coeficiente de atrito foi composta pelo fio de aço inoxidável em conjunto com o braquete do mesmo material (Dynalock). O maior coeficiente de atrito foi encontrado na combinação do braquete cerâmico convencional (Allure) com o fio de beta-titânio. O fio de beta-titânio apresentou coeficiente de atrito maior que o de aço inoxidável independente do braquete utilizado. O braquete de aço inoxidável (Dynalock) não apresentou diferenças significantes em relação ao coeficiente de atrito do braquete cerâmico com canaleta metálica (Clarity), quando o fio utilizado foi o beta-titânio. No entanto, quando o fio foi o de aço inoxidável, o braquete Dynalock apresentou coeficiente de atrito significativamente menor. Existem duas hipóteses para este resultado; 1- A primeira está relacionada com a composição do aço inoxidável presente na canaleta de ambos os braquetes: aço 302 no Clarity e 303 no Dynalock. O aço inoxidável 303 apresenta na sua composição uma porcentagem superior de enxofre que quando unido com o manganês forma sulfeto de manganês, composto que melhora a capacidade de lubrificação dos materiais (o manganês está presente em todos os tipos de aço inoxidável); 2- O processo de fabricação dos dois

braquetes: o Dynalock é feito em uma peça única (monobloco), e o Clarity é formado pela união da canaleta metálica com o material estético. O processo de fundição do metal à cerâmica pode influenciar de forma negativa o coeficiente de atrito do braquete, uma vez que possam existir frestas entre os dois materiais. O braquete Clarity apresentou coeficiente de atrito significativamente menor do que o braquete Allure, independente do fio utilizado.

Segundo MOORE; HARRINGTON; ROCK<sup>29</sup>, em 2004, o atrito estático é a força necessária para iniciar o movimento de um sólido sobre outro, e atrito cinético, é a força que resiste ao deslizamento de um sólido sobre outro. O objetivo deste estudo consistiu em medir os efeitos de diferentes ângulos de inclinação e torque sobre o atrito cinético e estático produzido quando braquetes de aço inoxidável e cromo-cobalto foram movimentados por meio de arcos 0,019"x 0,025" e 0,021"x 0,025" de aço inoxidável. Os braquetes de aço inoxidável utilizados foram o Advant-edge (TP Orthodontics) e os de cromo-cobalto Nu-edge (TP Orthodontic). Os dois braquetes tinham tamanhos similares confirmados por meio de um microscópio óptico. Os arcos usados foram 0,019"x 0,025" e 0,021"x 0,025" de aço inoxidável (Unitek-3M). A translação do braquete do canino superior esquerdo foi obtida por meio de um dispositivo especialmente construído associado à máquina "Instron". Os atritos cinético e estático foram medidos por um deslize de 8 mm do braquete no arco em uma velocidade de 20 mm por minuto. A inclinação variou de 1° para 3° e o torque foi introduzido em 2° e aumentou de 2° para 6°. Os autores concluíram que o movimento dos braquetes por meio dos arcos 0,021"x 0,025" de aço inoxidável produziu quase três vezes mais atrito que no movimento através dos arcos 0,019"x 0,025" tendo a média de força de 3 N e 1,2 N respectivamente. A média de valores para o atrito estático (2,2 N) e atrito cinético (2,1 N) foram similares. O atrito aumentou com a inclinação do braquete e foi similar para os braquetes de aço inoxidável e cromo-cobalto. O arco sem torque produziu menor atrito que com o torque.

## 2.2. BRAQUETES CONVENCIONAIS

KUSY<sup>23</sup>, em 1988, procurou avaliar a morfologia superficial dos braquetes cerâmicos e a sua relação com a dureza e a resistência à fratura. Foram utilizados braquetes cerâmicos policristalinos Transcend (Unitek-3m) com canaletas de 0,018"x 0,025" e 0,022"x 0,028". Verificou-se a existência de uma variação da rugosidade superficial de acordo com a sua local examinado. De uma maneira geral, o braquete cerâmico apresenta uma rugosidade superficial semelhante a um bloco de concreto, quando comparado ao de aço inoxidável. Na superfície externa do braquete, observou-se a presença de muitos poros que variavam de forma irregular à poliédrica. O autor sugere que três medidas deveriam ser tomadas para melhorar o desempenho dos braquetes cerâmicos: 1- Reduzir as dimensões das partículas de alumina para diminuir o tamanho e, possivelmente, o número de fragmentos dos grãos que se desprendem. 2-Produzir uma superfície mais polida para reduzir a rugosidade, a dimensão dos defeitos e talvez o coeficiente de atrito. 3-Tratar térmica e quimicamente a sua superfície para aumentar a resistência à fratura.

KUSY; WHITLEY<sup>20</sup>, em 1990, com o objetivo de avaliar o atrito, utilizaram quatro ligas de fios: 1-Aço inoxidável 0,018"x 0,025" e 0,021"x 0,025" (Unitek 3M), 2- Cromo-cobalto 0,018"x 0,025" e 0,021"x 0,025" (Elgiloy-RMO), 3- Níquel titânio 0,018"x 0,025" e 0,021"x 0,025" (Unitek-3M) e 4-TMA 0,017"x 0,025" e 0,021"x 0,025" (Ormco), combinados a um tipo de braquete metálico e um cerâmico, sendo braquetes metálicos Uni-Twin (Unitek 3m), canaleta 0,018" x 0,22" e 0,022" x 0,028"; e os cerâmicos Transcend (Unitek 3M), canaletas 0,018" x 0,022" e 0,022" x 0,028". Todos os braquetes utilizados eram de segundos pré-molares inferiores com 0° de angulação e -22° de torque. O coeficiente de atrito estático e cinético mais baixo tanto para os braquetes metálicos como para os cerâmicos ocorreu com os fios de aço inoxidável, seguido pelo cromo-cobalto, níquel-titânio e titânio-molibdênio (TMA). O braquete cerâmico apresentou uma maior rugosidade que o metálico. Em relação à rugosidade da superfície dos fios, a menor ocorreu no de aço inoxidável, seguidos pelos de cromo-cobalto, titânio-molibdênio e níquel-titânio.

PRATTEN et al.<sup>32</sup>, em 1990, realizaram um estudo comparativo para determinar a diferença do atrito gerado pelos braquetes cerâmicos e metálicos, em combinação com fios de níquel titânio e aço inoxidável, no ambiente seco e úmido na presença de saliva artificial. Foram utilizados dois tipos de braquetes cerâmicos (Allure – GAC e Transcend –Unitek 3M) e um tipo de braquete metálico (Unitek 3M), e fios de níquel titânio e aço inoxidável 0,017"x 0,022" (Unitek 3M). A força aplicada

foi de 300 gramas no arco. Os fios de aço inoxidável geraram menos atrito que os de níquel titânio e em ambiente úmido o atrito aumentou estatisticamente as forças de fricção em comparação ao seco para todos os braquetes e fios. Os braquetes metálicos apresentaram menor atrito devido a sua superfície apresentar-se com menor rugosidade comparativamente aos cerâmicos, quando analisados por meio de microscopia eletrônica. Esses resultados contradizem a hipótese da saliva funcionar como lubrificante e que a explicação pode estar na quantidade de força aplicada entre o fio e o braquete, ou seja, com forças leves a saliva atuaria como lubrificante.

TANNE et al.<sup>40</sup> em 1990, investigaram a eficácia do movimento dentário com braquetes cerâmicos, comparando-os com braquetes metálicos, e as alterações microscópicas e morfológicas da superfície dos arcos produzidas pelo movimento dentário durante a retração do canino. Foram utilizados dois tipos de braquetes cerâmicos policristalinos de óxido de alumínio e um policristalino de óxido de zircônia. Todos os braquetes possuíam canaletas de 0,018" x 0,025" e os fios utilizados foram o 0,018" redondo, 0,016" x 0,022" e 0,017"x 0,022" retangulares de cromo-cobalto (Elgiloy-RMO). No arco 0,018", o movimento foi maior nos braquetes metálicos, seguidos pelos cerâmicos de óxido de alumínio e óxido de zircônia, respectivamente. O mesmo ocorreu nos fios 0,016" x 0,022" e 0,018" x 0,022" e à medida que aumentava o calibre dos fios, a quantidade de movimentação dentária diminuía. A superfície dos fios foi mais danificada quando do uso de braquetes cerâmicos e as canaletas dos braquetes cerâmicos apresentaram-se mais porosas e ásperas que a dos metálicos. A média de movimentação dentária foi 30 a 50% menor nos três tipos de braquetes cerâmicos quando comparados aos metálicos.

KUSY; WHITLEY; PREWITT<sup>21</sup>, em 1991, avaliaram o deslize de diferentes tipos de liga sobre os braquetes de aço inoxidável e cerâmico policristalino em ambientes seco e úmido. Foram utilizados quatro tipos de ligas de fio: 1- aço inoxidável 0,018" x 0,025" e 0,021" x 0,025" (Unitek-3M), 2- cromo-cobalto 0,018" x 0,025" e 0,021" x 0,025" (RMO), 3- níquel-titânio 0,018" x 0,025" e 0,021" x 0,025" (Unitek-3M), 4 beta-titânio 0,017" x 0,025" e 0,021" x 0,025" (Ormco), combinados aos braquetes de aço inoxidável Uni-twin (Unitek-3M), e cerâmico policristalino Transcend (Unitek-3M) com canaletas de 0,018" x 0,022" e 0,022" x 0,028" A rugosidade de superfície foi avaliada inicialmente para cada arco e braquete por microscopia eletrônica, e mostrou que a rugosidade diminuiu na

seguinte ordem para os fios: níquel-titânio, beta-titânio, cromo-cobalto e aço inoxidável, e para os braquetes; cerâmico policristalino e aço inoxidável respectivamente. Para cada tamanho de canaleta, foram utilizadas oito combinações fio-braquete e testadas por um operador em ambiente seco e úmido com temperatura ambiente de 34°C. No ambiente seco, todas as combinações de aço inoxidável, fio e braquete, apresentaram o menor coeficiente de atrito. No ambiente seco e úmido, o coeficiente de atrito cinético e estático foi mais alto para os braquetes cerâmicos que para os de aço inoxidável. As maiores diferenças entre os ambientes seco e úmido ocorreram com o fio beta-titânio, no qual o coeficiente de atrito cinético no ambiente úmido foi 50% menor em relação ao seco. As diferentes opiniões sobre a saliva promover lubrificação ou aumentar o atrito depende do arco a ser avaliado, no caso do beta titânio promoveu lubrificação e no aço inoxidável, adesão.

BEDNAR; GRUENDEMAN; SANDRIK<sup>5</sup>, em 1991, avaliaram o efeito do material do braquete e a técnica de ligação braquete/arco sobre o atrito produzido durante a simulação do movimento dentário. Os braquetes utilizados apresentavam canaleta 0,018" x 0,025" e as seguintes composições: cerâmico policristalino (Allure-GAC), de aço inoxidável (Mini Diamond-Ormco), e braquetes metálicos autoligados (Speed-Orec). Os fios utilizados eram de aço inoxidável (Thru-Crome - RMO) 0,014", 0,016", 0,018", de secção redonda, 0,016"x 0,016" de secção quadrada e 0,016"x 0,022" de secção retangular. A amarração do arco ao braquete foi feita com ligaduras elásticas (Power O - Ormco) e com ligaduras metálicas 0,010". Os arcos foram puxados pela máquina "Instron" a uma velocidade de 12,7 mm/minuto. Os autores constataram que o tipo do material do braquete e a técnica de amarração influenciaram estatisticamente os níveis de atrito. Nos braquetes de aço inoxidável (Mini Diamond -Ormco) houve um aumento nos níveis de fricção à medida que se aumentava o calibre dos arcos. Os autores concluíram que a superfície dos braquetes cerâmicos é mais rugosa que a dos braquetes de aço inoxidável e por isto ocorreu o aumento do atrito para os braquetes cerâmicos quando combinados com fios mais finos. Em geral os braquetes cerâmicos produzem maior atrito que os de aço inoxidável. No que diz respeito à amarração dos arcos, as ligaduras de aço inoxidável amarradas frouxamente, produziram menor fricção que as elásticas. Os braquetes autoligados Speed não demonstraram menor atrito que os demais braquetes amarrados com ligaduras elásticas ou metálicas. Os autores relatam que

após o nivelamento e alinhamento o fio está paralelo à canaleta do braquete. Como o dente é tracionado por mecânica deslizante, a coroa se movimenta antes da raiz, provocando uma angulação entre o braquete e o fio o que contribui para aumentar o atrito.

SAUNDERS; KUSY<sup>85</sup>, em 1994, avaliaram a superfície topográfica e o atrito de cinco braquetes de óxido de alumínio policristalino: 1-Alure III (GAC), 2-Lumina (Ormco), 3-Quasar (RMO), 4-Transcend (Unitek-3M), 5-20/20 (American Orthodontics) e um monocristalino (safira) Starfire (A-Company), e quatro tipos de fios foram utilizados; 1- aço inoxidável (Unitek-3M), 2-cromo cobalto (RMO), 3-níquel-titânio (Unitek-3m), 4-TMA (Ormco), para determinar o atrito gerado pelo efeito da rugosidade do braquete com fios metálicos, testados em ambiente seco e úmido na presença de saliva humana. A análise da superfície dos braquetes demonstrou uma maior rugosidade dos braquetes policristalinos, sendo o monocristalino mais deslizante e com uma superfície mais lisa, porém, as características friccionais dos braquetes foram semelhantes, sendo que o atrito variou em decorrência da liga do fio utilizado. Os arcos de titânio causaram um atrito maior comparativamente aos de cromo cobalto e aço inoxidável, e em ambiente úmido houve uma diminuição do atrito nos fios de níquel titânio e titânio molibdênio.

TSELEPIS; BROCKHURST; WEST<sup>43</sup>, em 1994, avaliaram a influência do atrito entre diferentes arcos e braquetes, verificando a angulação entre braquete e arco e a lubrificação pela saliva artificial. Foram avaliados quatro tipos de braquetes e utilizados 8 de cada tipo: 1- aço inoxidável (Unitek), 2- policarbonato (American Orthodontics), 3- cerâmico (Tomy Internacional) e 4-safira (A-Company), de canaletas 0,018" x 0,022" combinados aos fios de aço inoxidável (Unitek), cromo-cobalto (American Orthodontics), níquel-titânio (Unitek) e beta-titânio (Ormco). Foram medidas as combinações nos ambientes seco e úmido. Os 10° de angulação entre o braquete e o arco aumentaram significativamente os valores do atrito para ambos os ambientes seco e úmido. A lubrificação na forma de saliva artificial forneceu valores significativamente baixos de atrito comparados ao ambiente seco para quase todas as combinações fio/braquete. O menor atrito ocorreu na combinação braquete e fio de aço inoxidável, e o maior ocorreu com o braquete de safira com o fio de beta-titânio. O atrito diminuiu na presença da saliva artificial, para ambas as angulações de 0° e 10°. No geral, as angulações entre braquete e arco aumentaram o atrito no ambiente seco e úmido.

TANNE et al.<sup>39</sup> em 1994, avaliaram o atrito entre superfície topográfica de um novo modelo de braquete cerâmico policristalino reforçado de óxido de zircônia (Hoya-Corp.-Japan) combinados com fios ortodônticos de cromo-cobalto 0,016" x 0,022" e 0,017" x 0,022" (Elgiloy blue- RMO) e compararam com outros dois tipos de braquetes cerâmicos já existentes. Foram utilizados braquetes com canaletas 0,018" x 0,025" e medido o atrito gerado na mecânica deslizante dos fios sobre os três tipos de braquetes. Nos testes com o fio 0,017" x 0,022", o atrito foi maior nos três tipos de braquetes. A força friccional produzida pelo braquete de zircônia foi menor que a observada nos dois braquetes já existentes. Quando a força foi aplicada mais cervicalmente, o atrito diminuiu por estar mais próxima ao centro de resistência. A canaleta dos braquetes já existentes apresentou pequenas elevações e irregularidades enquanto que a canaleta do braquete de zircônia estava uniforme na sua superfície.

KEITH; KUSY; WHITLEY<sup>18</sup>, em 1994, compararam o atrito entre 3 braquetes, sendo dois policristalinos de zircônia: Toray, canaleta 0,018" x 0,022" (Yamura) e o Harmony canaleta 0,022"x 0,028" (Hudson Ltda), e um policristalino de alumina: Transcend 2000 canaleta 0,022" x 0,028" (Unitek/3M), todos "Edgwise standart", combinados aos fios de aço inoxidável, cromo-cobalto, níquel-titânio e o beta-titânio. Os fios eram de secção retangular 0,018" x 0,025" e 0,021" x 0,025" de aço inoxidável (Unitek-3M), de cromo-cobalto (RMO), e níquel titânio (Unitek-3M), e TMA 0,017" x 0,025", 0,018"x 0,025" e 0,021"x 0,025" (Ormco). Foram selecionados de forma que preenchessem quase ou totalmente a canaleta do braquete que estava sendo testado. A máquina selecionada para realizar os testes foi a "Instron TTCM". No geral, o coeficiente de atrito dos dois braquetes de zircônia foi maior ou igual aos braquetes de alumina em ambos os ambientes avaliados, seco e úmido. No ambiente seco, o Transcend 2000 combinado com fio de aço inoxidável e o Toray combinado com o fio de cromo-cobalto apresentaram os melhores desempenhos. No ambiente úmido, o Toray combinado ao fio de aço inoxidável foi o melhor. Ocorreram alterações nas superfícies de ambos os braquetes de zircônia e no de alumina após o deslize sobre os arcos.

Segundo os autores KARAMOUZOS; ATHANASIOU; PAPADOPOULOS<sup>17</sup>, em 1997, todos os braquetes cerâmicos atuais são compostos de óxido de alumínio, e conforme a sua fabricação podem ser policristalinos ou monocristalinos. Os monocristalinos são mais translúcidos e mais resistentes à

fratura que os policristalinos. As propriedades físicas do óxido de alumínio proporcionam ao braquete cerâmico uma dureza nove vezes maior que o esmalte, o que pode provocar desgastes do esmalte quando em contato oclusal com o braquete. A resistência à fratura dos braquetes cerâmicos é cerca de 20 a 40 vezes menor que os metálicos, e os policristalinos menos resistentes que os monocristalinos. Os braquetes cerâmicos podem ser colados aos dentes por meio de retenção mecânica, química ou ambos, e apresentam comportamentos diferentes sobre a concentração de estresse que é distribuído sobre a superfície de colagem. A retenção mecânica é menor que a química por apresentar áreas de concentração de forças localizadas em ranhuras confeccionadas na base dos braquetes, e a retenção química permite uma maior distribuição do estresse na base do braquete que é plana. A resistência à colagem pode sofrer interferências ainda pelo desenho da base do braquete, tipo de resina e condicionamento do dente envolvido. Os autores concluíram que os braquetes estéticos vêm sendo utilizados por aproximadamente dez anos, e os novos desenhos dos braquetes cerâmicos proporcionam excelentes propriedades óticas e estéticas sem o comprometimento funcional dos mesmos, permitindo um adequado controle da mecânica ortodôntica durante o tratamento e um mínimo risco de descoloração dos braquetes.

BAZAKIDOU et al.<sup>4</sup> em 1997, mediram o atrito gerado entre os braquetes de polycarbonato, cerâmico e metálico combinados aos fios de aço inoxidável (Unitek-3M), níquel titânio (Unitek-3M) e TMA (Ormco). Os braquetes foram amarrados aos fios por meio de ligaduras elásticas (Ormco) ou metálicas (0,010"-GAC) e testados em ambiente seco. Os braquetes utilizados apresentavam canaleta 0,018" e 0,022". Para a canaleta 0,018", os braquetes utilizados foram: aço inoxidável Miniature Twin (Unitek 3m), cerâmico policristalino Signature (RMO), polycarbonato com canaleta metálica Spirit (Ormco) e o Elan (GAC), polycarbonato sem canaleta metálica GAC e o Silkon (American Orthodontics). Para canaleta 0,022, os braquetes utilizados foram: aço inoxidável Miniature Twin (Unitek 3m), cerâmico policristalino Signature (RMO), cerâmico monocristalino Starfire (A Company), polycarbonato com canaleta metálica Spirit (Ormco), polycarbonato sem canaleta metálica GAC e o Silkon (American Orthodontics), foram utilizados os fios 0,016" e 0,016 x 0,022" para os braquetes com canaleta 0,018" e os braquetes com canaleta 0,022" foram avaliados os fios 0,018", 0,017" x 0,025" e 0,019" x 0,025". Os resultados demonstraram que os braquetes que apresentaram o menor índice de

atrito independente do tipo de amarração foram os braquetes de policarbonato sem metal nas canaletas em relação aos braquetes de cerâmica com metal. A composição de fio com menor atrito foi a de aço seguida pela beta titânio e níquel titânio.

KUSY; WHITLEY<sup>22</sup>, em 2001, avaliaram dois braquetes cerâmicos com canaletas metálicas: um braquete alumina policristalino com canaleta de aço inoxidável (Clarity, 3M/Unitek), e um braquete alumina policristalino com ouro 18kt na sua canaleta (Luxi, RMO), e como controle, braquetes de aço inoxidável, o Mini-Taurus (RMO) e o Mini-Twin (Ormco). Todos os braquetes apresentavam canaletas 0,022" e o fio utilizado para o deslize dos braquetes foi o 0,019" x 0,026" de aço inoxidável (RMO) e a ligadura de aço inoxidável 0,010" (GAC). A angulação dos braquetes variou de -12° a +12°, sendo avaliados numa distância de 18 mm de arco. Cada teste foi conduzido a 34°C, na umidade da pressão atmosférica em ambiente seco ou em ambiente úmido, em saliva humana. Em ambiente seco, desconsiderando a magnitude da ligadura metálica e a angulação de segunda ordem, o braquete Luxi teve menor resistência ao deslize quando comparado ao Clarity e aos dois braquetes de aço inoxidável, e os pesquisadores atribuíram isso à lisura de superfície do ouro. No ambiente úmido, o desempenho do braquete Luxi foi similar ao dos braquetes de aço inoxidável. No ambiente seco, o braquete Clarity foi similar aos de aço inoxidável e no ambiente úmido, a diferença de atrito entre o Luxi e o Clarity foi a maior em todos os braquetes testados, devido à superfície não oxidante do ouro da canaleta do braquete Luxi.

HAIN; DHOPATKAR; ROCK<sup>15</sup>, em 2003, analisaram os efeitos do método de ligação sobre o atrito e avaliaram se uma nova ligadura elástica com menor atrito deslizante (conforme informação do fabricante) provocaria menor atrito. Foi construído um dispositivo para registrar a resistência ao movimento de um arco 0,019" x 0,025" de aço inoxidável de 7cm de comprimento sobre quatro tipos de braquetes, com -7° de torque, e zero de angulação e canaleta 0,022". Os braquetes utilizados foram: 1-Victory Twin (Unitek 3M) de aço inoxidável; 2-Miniature Twin (Unitek-3M) de aço inoxidável; 3-Clarity (Unitek-3M) cerâmico com canaleta metálica; 4-Speed (Strite Industries). Os módulos elásticos utilizados foram o cinza normal e o Super Slick com nova tecnologia de menor atrito (TP Orthodontic). Os grupos foram testados em ambiente seco e úmido. Quando em ambiente úmido, foram colocados na presença de saliva humana uma hora antes do teste. Os testes

foram realizados pela máquina Instron 5544. Foi medida a força necessária para iniciar e manter o movimento do braquete por uma distância de 8 mm. Os autores concluíram que o novo módulo elástico Super Slick (TP Orthodontic) gerou significativamente menos atrito estático na interface módulo/arco que os módulos elásticos convencionais quando amarrados normalmente. A redução do atrito foi maior quando os módulos elásticos foram lubrificados com saliva humana e o atrito estático foi menor com os módulos Slick que nos módulos convencionais. Os braquetes Speed geraram menos atrito no geral que qualquer outro tipo de braquete testado. A amarração com ligaduras metálicas não apertadas proporcionaram o menor atrito para todos os métodos de ligação testados.

CACCIAFESTA et al.<sup>10</sup> em 2003, compararam a força de atrito gerada por 3 tipos de braquetes : 1–Cerâmico convencional (Transcend Series 6000 da 3M-Unitek); 2-Cerâmico com canaleta metálica (Clarity, 3M-Unitek); 3-Aço inoxidável convencional (Victory Series, 3M-Unitek), combinados com 3 tipos de fios; 1– Aço inoxidável (Ormco); 2-Níquel-titânio (Ormco); 3- Beta titânio (TMA-Ormco). Todos os braquetes tinham canaleta 0,022” e os fios com 3 diferentes secções: 0,016”, 0,017” x 0,025” e 0,019” x 0,025”. A análise dos braquetes mostrou que os braquetes metálicos convencionais apresentaram uma menor força de atrito estática e cinética que os braquetes cerâmicos convencionais e com canaletas metálicas, e o braquete com canaleta metálica gerou uma menor força de atrito estática e cinética, estatisticamente significante, em relação ao braquete cerâmico convencional. A secção de fio 0,019” x 0,025” produziu uma força de atrito cinética e estática maior em todos os braquetes utilizados, quando comparado aos fios 0,016” e 0,017” x 0,025”. Quando comparados os fios 0,017” x 0,025” com o 0,016”, a força de atrito cinética foi maior para o fio 0,017” x 0,025” e não houve diferença estatística significativa entre eles na força de atrito estática. A força de atrito estática foi maior que a cinética em todas as combinações fio/braquete, mas não houve diferenças significativas entre as forças de atrito estático e cinético. Os valores encontrados para a força de atrito estática e cinética foram próximos.

MALTAGLIATI et al.<sup>25</sup> em 2006, por meio da revisão da literatura e de uma pesquisa comercial dos braquetes estéticos, destacaram as suas características físicas, friccionais, colagem e descolagem, vantagens e desvantagens da sua utilização no tratamento ortodôntico. O policarbonato foi eleito para fabricação dos primeiros braquetes estéticos devido às suas características

como resistência a abrasão, atoxicidade e coloração, porém este braquete apresenta várias inconveniências clínicas, como a descoloração, controle pobre do torque e alta fricção com os fios ortodônticos. Atualmente, os braquetes de policarbonato são reforçados com partículas de cerâmica ou vidro e podem apresentar canaletas metálicas, na tentativa de melhorar o braquete. Posteriormente, surgiram os braquetes cerâmicos com a intenção de eliminar as desvantagens dos braquetes de policarbonato, onde o material empregado é o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), cujas características são: alta dureza, resistência a altas temperaturas, friabilidade e falhas por imperfeições ou impurezas. Por ser um material friável, o braquete cerâmico necessita ser mais volumoso que os metálicos, sendo mais duro que o esmalte, podendo causar facetas de desgaste quando em contato oclusal com dentes antagonistas. Podem ter composição policristalina, que são cristais de óxido de alumínio fusionados a altas temperaturas ou monocristalina, que resulta de uma massa fundida em alta temperatura (2.100°C), formando um único cristal de óxido de alumínio. Os braquetes monocristalinos apresentam menor incorporação de impurezas e parecem apresentar menor coeficiente de fricção e maior resistência à fratura que os policristalinos. A maioria das empresas fabricantes mudou o sistema de adesão dos braquetes cerâmicos, de química para mecânica, diminuindo a força necessária para a sua descolagem e o risco de danos ao esmalte. Para o tratamento ortodôntico com braquetes cerâmicos, sugere-se a opção por policristalinos com canaleta metálica ou monocristalinos para tratamentos mais prolongados ou que necessitem de maiores movimentos de deslize dos dentes.

CHA; KIM; HWANG<sup>12</sup>, em 2007, neste estudo examinaram o atrito dos braquetes cerâmicos. Para isto foram utilizados cinco tipos de braquetes dos primeiros pré-molares superiores; 1-cerâmico policristalino com inserção de sílica na canaleta (Crystalline V-Tomy); 2-cerâmico policristalino com canaleta metálica (Clarity-3M); 3-cerâmico policristalino (Transcend-3M); 4-cerâmico monocristalino (Inspire-Ormco); 5-metálico convencional (Kosaka-Tomy), combinados a dois tipos de fios 0,019" x 0,025" de aço inoxidável e titânio molibdênio (Ormco) com ligaduras elásticas (Ormco). Vinte testes para cada combinação braquete/arco foram feitas nas angulações de 0°, 5°, 10°, 15°. Os testes foram feitos em ambiente seco a uma temperatura de 34°. Os arcos foram conectados a uma célula de carga associado à máquina Instron 6002, puxados a uma velocidade de 5 mm/minuto a um percurso de 10 mm. Os autores concluíram que no geral os braquetes com sílica apresentaram

menor atrito que os outros braquetes. O braquete com sílica apresentou mais baixo atrito tanto para os arcos de aço inoxidável como titânio molibdênio. O atrito para todos os grupos aumentou suavemente quando a angulação aumentou para 5° e abruptamente quando a angulação foi maior que 10°. O braquete cerâmico monocristalino demonstrou o maior aumento do atrito na variação da angulação de 0° para 15°, e o mais alto atrito na angulação de 15°. A camada de sílica diminuiu consideravelmente o atrito deste tipo de braquete.

BAGGIO et al.<sup>3</sup> em 2007, compararam o atrito produzido por braquetes cerâmicos policristalinos (Dentaurum-714-006) e de aço inoxidável (Dentaurum-700-006) quando combinados com fios de aço inoxidável durante a execução da mecânica de deslize. Para avaliar “in vitro” a resistência friccional de braquetes edgewise padrão geminados 0,022” x 0,030”, com largura de 3,8 mm, de aço inoxidável e braquetes cerâmicos policristalinos da mesma marca, combinados com fio de aço inoxidável 0,019” x 0,025” (Unitek-3M), desenvolveu-se um dispositivo para simular a retração de um canino em casos de extração do primeiro pré-molar. O coeficiente de atrito encontrado foi maior na combinação fio de aço/braquete cerâmico que na de fio de aço/braquete metálico em todos os experimentos realizados, percebendo uma relação entre o coeficiente de atrito e a rugosidade dos braquetes cerâmicos e metálicos. Além disso, a mecânica de deslize tende a ser mais eficiente quando utilizam-se braquetes metálicos.

CAMPORESI; BACCETTI; FRANCHI<sup>11</sup>, em 2007, relataram que duas das mais desejadas características para aparelhos fixos na atualidade são estética satisfatória e baixo atrito. Os braquetes cerâmicos foram desenvolvidos para proporcionar um tratamento ortodôntico com estética, no entanto apresentam um alto atrito quando submetidos a uma mecânica de deslize. Neste trabalho, os autores avaliaram dois tipos de braquetes estéticos: 1- Aqua com ligadura elástica Slideda Leone Orthodontic e: 2- Mystique com ligadura Neo-Clips da GAC, e ainda ambos os braquetes foram amarrados com ligadura elástica convencional, e foram avaliados na fase de nivelamento e alinhamento. Compararam-se as forças liberadas quando foram utilizadas ligaduras elásticas convencionais e com ligaduras elásticas de baixo atrito. Os resultados mostraram que os braquetes cerâmicos pré-ajustados, combinados com sistema de ligadura de baixo atrito, produziram uma menor quantidade de atrito durante a fase de nivelamento e alinhamento quando comparados às ligaduras elásticas convencionais.

REICHENEDER et al.<sup>34</sup> em 2007, comparou as propriedades friccionais de quatro braquetes estéticos convencionais com dois braquetes estéticos auto-ligáveis. Os braquetes estéticos convencionais utilizados foram: 1-Allure (GAC), 2-Image (Gestenco), 3-Inspire (Ormco), 4-Transcend (Unitek-3M). Os braquetes autoligados foram: 1- Opal (Ultradent), 2-Oyster (Gestenco). Foram selecionados os braquetes de primeiro pré-molar superior com canaleta 0,022" x 0,028" e prescrição "Roth" com 0° de angulação e -7° de torque. Quanto à composição, o Inspire é de cerâmica monocristalina, Allure e Transcend cerâmica policristalina, Image composto de um polímero (FRC), o Opal de uma resina policristalina com carga de vidro e Oyster composto de um polímero (FRC). Os fios combinados aos braquetes foram; 0,017" x 0,025" de aço inoxidável (Ormco), 0,019" x 0,025" de aço inoxidável e titânio-molibdênio (Ormco). Os braquetes convencionais foram ligados com módulos elásticos. Para simular as condições da cavidade bucal, os braquetes com os arcos fixados foram colocados em uma caixa de aço inoxidável por 28 dias em uma temperatura de 37°C com saliva artificial. O teste de atrito foi realizado pela máquina universal (Model 1446, Zwick). Cada arco foi puxado duas vezes com uma velocidade de 12,7 mm/minuto. Nos resultados foram observados que ambos os braquetes estéticos autoligados apresentaram atrito estatisticamente menor que os braquetes estéticos ligados convencionalmente, quando combinados com os arcos 0,017" x 0,025" e 0,019" x 0,025" de aço inoxidável. O braquete Opal produziu o mais baixo nível de atrito para todas as combinações braquete/arco, e a diferença foi estatisticamente significativa para os arcos 0,017" x 0,025" de aço inoxidável e 0,019" x 0,025" de titânio-molibdênio, mas insignificante com o arco 0,019"x 0,025", de aço inoxidável.

BACCETTI; FRANCHI; CAMPORESÍ, em 2008, neste estudo compararam in vitro as diferenças das forças de atrito geradas por braquetes cerâmicos e de aço inoxidável e ligaduras elásticas convencionais e não convencionais. Todo material usado neste estudo foi fornecido pela "Leone Produtos Ortodônticos" (Firenze-Italy). Foram realizadas as combinações: 1- Braquete cerâmico (Aqua) com ligadura elástica estética não convencional estética (Slide); 2- Braquete cerâmico (Aqua) com ligadura elástica convencional transparente com diâmetro interno de 1,3mm e espessura de 0,9 mm (Mini-modules); 3-Braquete de aço inoxidável (Step) com ligadura elástica não convencional prata; 4-Braquete de aço inoxidável (Step) com ligadura elástica convencional (Mini-modules). O modelo

de estudo consistiu de 5 braquetes cerâmicos e cinco braquetes metálicos pré-ajustados canaleta 0,022" x 0,028" prescrição Roth para os braquetes cerâmicos e MBT para os metálicos, sendo um segundo pré-molar, um primeiro pré-molar, um canino, um incisivo lateral e um incisivo central. A distância inter-braquetes foi de 8,5 mm. O braquete do canino foi soldado em uma posição desnivelada (mais para cima 1,5 mm, 3,0 mm e 6,0 mm ), e os demais braquetes foram alinhados por um fio 0,021" x 0,028" de aço inoxidável. A máquina utilizada para o teste foi a "Instron 4301" com uma carga de célula de 10 N. O arco utilizado para unir os braquetes foi um fio redondo 0,014" superelástico de níquel-titânio (Leone). O arco foi ligado ao braquete usando os dois tipos de ligaduras (Slide e Mini-modules). Na presença de um desnivelamento de 1,5 mm do braquete do canino, as forças produzidas pelos dois tipos de braquetes e os dois tipos de ligaduras não foram diferentes estatisticamente. Com 3,0 mm de desnivelamento do braquete do canino, a diferença de comportamento entre as ligaduras elásticas convencionais e não convencionais tornou-se estatisticamente significativa. O uso de ligaduras elásticas convencionais produziu uma insignificante quantidade de força liberada para o nivelamento quando o desnivelamento era igual ou maior que 3 mm. No entanto, o uso de ligaduras de baixo atrito permitiu uma liberação de forças de 110 a 130 gramas para os braquetes cerâmicos e metálicos respectivamente.

BORTOLY et al.<sup>7</sup>. em 2008, teve como proposta deste estudo foi avaliar in vitro as propriedades das ligaduras elásticas estéticas durante a mecânica de deslize, comparando inicialmente ao movimento e depois de 21 dias. O atrito de seis ligaduras foram testados: uma de aço inoxidável 0,012" (Ormco) como controle por geralmente apresentarem pouco atrito, e cinco ligaduras estéticas; 1-Power O (Ormco), 2-Mini Stix (TP Orthodontics), 3- Sili Ties (GAC), 4-Super Slick (TP Orthodontics), 5-Teflon (Ormco). Foram avaliadas as forças de atrito e a tensão em 3 condições experimentais: 1- A ligadura foi esticada; 2- A ligadura foi imergida em saliva artificial e avaliada após simular uma condição intrabucal por um período de 21 dias; 3- As ligaduras foram imergidas em solução desmineralizante e remineralizante por 8 e 16 horas respectivamente. A quantidade em que a ligadura foi esticada, foi calculada pela extensão da ligadura passando sobre o arco e o braquete com uma circunferência de 11,52 mm e 3,66 mm de diâmetro. As ligaduras foram fabricadas com um diâmetro de aproximadamente 3,7 mm. O atrito foi estudado pelo deslize de um fio de aço inoxidável 0,019"x 0,025" (GAC) por meio de

uma em um braquete metálico Dyna-loc (Unitek-3M) com prescrição Roth. A máquina que realizou os testes foi a Emic DL 500. Os autores concluíram que a força de atrito mostrou alta correlação com a força de tensão produzida pelas ligaduras elásticas, com declínio de ambas decorridos 21 dias. As características das ligaduras elásticas não apresentaram vantagens em relação à força de atrito produzida inicialmente e depois do período armazenado. As ligaduras de aço inoxidável cobertas de teflon (Teflon-Ormco) e as ligaduras metálicas (0,012" Ormco) apresentaram as forças de atrito mais baixas. As ligaduras elásticas produziram força de atrito similar às ligaduras de aço inoxidável depois de 21 dias em condições simuladas do ambiente intrabucal.

LEE<sup>24</sup>, em 2008, afirmou que a propriedade óptica dos braquetes pode influenciar o seu desempenho no tratamento ortodôntico, pela influência na polimerização do adesivo durante a colagem. A proposta deste estudo foi de avaliar a existência de diferenças significativas na reflexão e translucência da luz nos braquetes. Quatro marcas de braquetes cerâmicos e quatro de plásticos foram avaliados: Cerâmicos: 1-Clarity (Unitek-3m), 2-Crystalline V (Tomy), 3- Inspire ICE (Ormco), 4- Luxi II (RMO); Plásticos; 1- Esther II (Tomy), 2- Image (Gestenco-international), 3-Silkon Plus (American Orthodontic), 4 Spirit (Ormco). O braquete Inspire ICE apresentou a mais alta translucência dos cerâmicos. Nos braquetes plásticos, o Esther II apresentou a mais alta translucência e o Silkon Plus e o Spirit, a mais baixa. A espessura e a geometria dos braquetes testados que variavam de acordo com a marca, tinham uma influência significativa na translucência e na cor dos braquetes. A cor ideal dos braquetes estéticos seria aquela dos dentes naturais, porém estes apresentam uma variedade grande de cores.

### 2.3. BRAQUETES AUTOLIGADOS

SHIJAPUJA; BERGER<sup>37</sup>, em 1994, compararam o método de ligação de cinco tipos de braquetes com canaleta 0,022"x 0,028" divididos em sete grupos conforme o tipo de amarração arco/braquete. Grupo I: braquete convencional metálico com ligadura metálica 0,012" (GAC); Grupo II: Braquete convencional metálico com ligadura elástica; Grupo III: Braquete autoligado Activia (A-Company);

Grupo IV: Braquete autoligado Speed (Strite Industries); Grupo V: Braquete cerâmico série 2000 (Unitek-3m) com amarração metálica; Grupo VI: Braquete cerâmico série 2000 (Unitek-3m) com ligadura elástica; Grupo VII: Braquete autoligado Edgelok (Ormco). O arco utilizado para realizar os testes foi o 0,018" de aço inoxidável (GAC). Cada grupo de braquetes consistiu de 20 amostras e cada grupo foi avaliado por meio da máquina universal Instron Canton Mass Cada arco foi movimentado uma distância de 25,4 mm a uma velocidade de 0,0254 mm/minuto. Os resultados demonstraram não haver diferença estatística significativa nos valores de força para iniciar o movimento do arco nos braquetes Activia, Edgelok, Speed e o braquete metálico convencional com ligadura metálica, no entanto a variabilidade dos valores de força foi mais alta para o braquete metálico com ligadura metálica. Os braquetes cerâmicos com ligadura elástica demonstraram a maior resistência ao movimento com média de valores de 308,15 gramas. Em relação ao tempo que envolveu para abrir os braquetes autoligados nos grupos III, IV e VII, houve uma diminuição quando comparados aos braquetes convencionais metálicos com amarração elástica ou metálica e cerâmicos com amarração elástica ou metálica e esse tempo foi maior em relação à recolocação do arco na canaleta dos braquetes principalmente no método de amarração metálica. O "tempo de cadeira" necessário para remover e inserir o arco quando se utilizou os braquetes autoligados foi significativamente menor. O braquete autoligado reduziu o atrito estático e cinético, o que tende a beneficiar os tecidos periodontais e eliminar algumas lesões nos tecidos bucais que podem ser provocadas pelas ligaduras metálicas.

REDLICH et al.<sup>33</sup> em 2003, avaliaram "in vitro" os valores do atrito durante a mecânica de deslizamento, utilizando braquetes de "atrito reduzido". Foram utilizados cinco tipos de braquetes; 1-Nu-Edge (TP-Orthodontics), 2-Discovery (Dentaurum), 3-Synergy (RMO), 4- Friction Free (American Orthodontics), 5- braquete autoligado Time (American Orthodontics). Os braquetes utilizados foram os do incisivo central superior direito, e todos os braquetes possuíam canaletas 0,022" x 0,028". O braquete utilizado como grupo controle foi o "Omni Arch" (GAC). Foram utilizados fios de aço inoxidável, com calibre de 0,018", 0,018"x 0,025", 0,019"x 0,025". Os braquetes foram angulados em 5° e 10° em relação aos fios. Os fios foram amarrados aos braquetes com módulos elásticos prata (Sani Ties- GAC). A máquina utilizada para os testes foi a Instron 4502. Foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em relação às forças de atrito estático entre os

diferentes braquetes. O braquete Friction Free demonstrou o menor atrito e o braquete Time apresentou os maiores índices de atrito. Em geral os braquetes avaliados neste estudo produziram a redução do atrito como descrito pelos seus fabricantes. Outros estudos são necessários especialmente na condição “in vitro”, para avaliar a força de atrito do mecanismo de fechamento da canaleta dos braquetes autoligados.

TABAKMAN<sup>38</sup>, em 2005, comparou “in vitro” o atrito de um braquete autoligado de polímero policristalino (Opal-Ultradent), um braquete autoligado de aço inoxidável (Inovation-GAC), braquete cerâmico policristalino convencional (Mystique-GAC), um braquete cerâmico convencional com canaleta metálica (Clarity-Unitek 3M) e um braquete cerâmico monocristalino convencional (Inspire-Ormco). A máquina Instron Universal foi usada para medir o atrito gerado por um arco 0,019”x 0,025” de aço inoxidável, puxado sobre os braquetes do canino superior com angulação de 12°. Vinte amostras foram testadas para cada tipo de braquete. Uma gota de saliva artificial foi colocada nos braquetes antes do arco ser puxado por meio do braquete. A morfologia da superfície dos braquetes e dos arcos foi examinada por meio de microscopia eletrônica. Os dados foram obtidos com carga máxima, carga média durante todo o movimento e a carga média durante o último 1 mm de movimento. Os resultados mostraram que o atrito dos braquetes testados aumentou na seguinte ordem: Opal, Inovation, Clarity, Mystique e Inspire. O atrito gerado no braquete Inspire foi significativamente maior que nos outros braquetes. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre o Clarity e o Mystique, mas o atrito destes braquetes foi significativamente maior que no Opal e Inovation. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre Opal e Inovation, mas a resistência do atrito destes braquetes foi estatisticamente menor que nos demais testados.

MILES; WEYANT; RUSTVELD<sup>28</sup>, em 2006, compararam a efetividade e o conforto do braquete Damon2 SL (Ormco) e um braquete convencional metálico Victory sistema MBT (Unitek-3M) durante a fase inicial de nivelamento e alinhamento do arco dentário inferior. Sessenta pacientes da clínica do autor foram criteriosamente selecionados, onde em um hemiarco inferior foram colados os braquetes convencionais e nos dentes contralaterais, os braquetes autoligados. O “índice de irregularidade” foi realizado para todos os hemiarcos. No início do tratamento, utilizou-se o arco 0,014” Cooper Niti (Ormco), seguido pelo arco 0,016”x 0,022” Cooper Niti (Ormco), trocados em intervalos de 10 semanas. Qualquer sinal

de desconforto foi anotado nos primeiros dias após a instalação do primeiro arco e após as trocas dos arcos subseqüentes. Foram avaliados ainda o conforto dos lábios, aparência preferida e índice de falhas dos respectivos braquetes. Nos resultados, observou-se que os pacientes deram maior preferência visual aos braquetes convencionais. O desconforto dos lábios ocorreu principalmente na primeira semana e o braquete autoligado foi inicialmente menos doloroso que o convencional e mais doloroso quando foi amarrado o segundo arco. O braquete autoligado não foi mais eficiente na correção do “índice de irregularidade” comparativamente ao braquete convencional. Ocorreu um maior índice de descolagem dos braquetes Damon2 que nos braquetes convencionais.

YEH et al.<sup>44</sup> em 2007, avaliou a resistência ao atrito, gerado por vários braquetes autoligados com ligação passiva, para diferentes estágios do tratamento. Neste trabalho foram utilizados dois tipos de braquetes autoligados passivos; 1- Damon SLII (Ormco), 2- Smart-clip (Unitek-3M), e um terceiro braquete, chamado Synergy (RMO). Todos os braquetes eram de canaleta 0,022” x 0,028” de aço inoxidável. Foram utilizados três tipos de arcos nas seguintes combinações: 1- 0,014” níquel-titânio (Ormco) combinados aos braquetes com intrusão de segunda ordem, 2- 0,016” x 0,022” níquel-titânio (RMO) com os braquetes com rotação de primeira ordem, 3- 0,019” x 0,025” níquel-titânio superelástico (Unitek-3M) com os braquetes com inclinação de terceira ordem. Os braquetes foram colados no incisivo central, incisivo lateral e canino. A maloclusão foi simulada de forma que o incisivo lateral tinha 3° e 6° (primeira ordem) de rotação distopalatina, 0,5 e 1,0mm de intrusão (segunda ordem) e 3° de inclinação vestibular de coroa (terceira ordem). Todos os braquetes foram colados pelo mesmo operador. Para avaliar a resistência de atrito foi utilizada a máquina universal Instron Model 1125. Os braquetes Damon2 SL e o Smart-clip foram testados com a canaleta “fechada” e o Synergy com ligadura elástica (Ormco). Os arcos foram puxados a uma velocidade de 0,5 mm por minuto em uma distância de 6 mm. Os autores concluíram que nem todos os tipos de braquetes de ligação passiva tem a mesma média de atrito. Não somente o braquete, mas o grau da maloclusão influencia também o atrito que foi maior para a rotação de 6° que para a de 3°, e maior para a intrusão de 1 mm que para a de 0,5 mm. Os braquetes com deslize passivo apresentaram um valor de atrito mais alto que aqueles com “clips”. Quando a mecânica de deslizamento é utilizada para fechar espaços, os braquetes com ligação passiva com canaleta mais larga, apresentaram

menor atrito que os com canaleta menor. O atrito aumentou com a angulação de terceira ordem de 3°, e os braquetes com menores ângulos nas suas canaletas apresentaram valores de atrito maiores com a angulação de 3° de coroa.

TECCO et al.<sup>41</sup> em 2007, comparou a força de atrito gerada por dois tipos de braquetes autoligados e um braquete convencional de aço inoxidável associado a ligaduras elásticas de baixo atrito. Os braquetes testados foram: 1-Damon SL II (Ormco), 2-Time Plus (American Orthodontics), e 3-Victory (Unitek-3M) ligado aos arcos com ligaduras elásticas convencionais (RMO) e com ligaduras elásticas de baixo atrito Slide (Leone). O modelo do teste foi construído utilizando dez braquetes do mesmo grupo, utilizando um adesivo de cianocrilato para colar os braquetes em uma barra de metal. O alinhamento dos braquetes foi obtido preliminarmente por meio da inserção de um arco 0,021" x 0,028" de aço inoxidável na canaleta dos braquetes. Um mínimo de desalinhamento dos braquetes não foi controlado, para estimar a influência de pequenos desalinhamentos menores que a ligação braquete/arco teriam sobre o atrito. A medida do atrito foi feita com todos os braquetes "amarrados" aos arcos e também com a ligação arco/braquete apenas nos braquetes terminais. Os arcos foram selecionados de acordo com os vários estágios do tratamento: 0,016", 0,016" x 0,022", 0,019" x 0,025" de níquel-titânio (RMO), 0,017" x 0,025" beta-titânio (Dentaurum) e 0,019" x 0,025" de aço inoxidável (Dentaurum). Para avaliar o atrito, a máquina utilizada foi a Model 30K, Lloyd Instruments Inc. Quando combinados os braquetes ao arco 0,016" de níquel-titânio, o Damon SL II mostrou menor atrito estatisticamente significativo quando comparado com os outros grupos, onde o Victory mostrou o atrito mais alto. Quando combinados os braquetes ao arco 0,016" x 0,022" de níquel-titânio, os braquetes autoligados (Damon SL II e Time) geraram estatisticamente significativo menor atrito que o Victory com ligaduras de baixo atrito (Slide). Para o arco 0,017" x 0,025" de beta-titânio, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas para os quatro grupos. Os arcos 0,019" x 0,025" de níquel-titânio e aço inoxidável mostraram um atrito mais alto quando comparados aos outros fios de menor calibre. Os valores do atrito foram maiores quando os dez braquetes estavam ligados aos arcos comparativamente quando apenas os braquetes terminais estavam ligados. Não houve diferenças de atrito estatisticamente significativas quando os braquetes foram combinados aos arcos retangulares, isto demonstrou que os braquetes autoligados apresentam baixo atrito apenas quando combinados a arcos de secção redonda. As

ligaduras Slide produziram atrito similar aos braquetes autoligados quando combinadas aos fios 0,016" redondo, 0,016" x 0,022" de níquel-titânio e 0,017" x 0,025" de beta-titânio que foi baixo, e alto atrito com fios retangulares, e quando combinadas ao arco 0,016" x 0,022" de níquel-titânio produziram um atrito mais alto quando comparados aos dois braquetes autoligados. No entanto, quando combinadas aos arcos 0,019" x 0,025" de níquel-titânio e aço inoxidável, geraram menor atrito quando comparadas a todos os outros grupos. Isto ocorreu provavelmente porque quando as ligaduras elásticas foram combinadas com arcos mais largos, as suas propriedades elásticas diminuíram e elas perderam a capacidade de aumentar o atrito entre o arco e a canaleta do braquete. Quando combinados com arco 0,016" de níquel-titânio, o braquete "Damon SL II, mostrou o menor atrito comparado aos outros grupos, e o Victory apresentou o mais alto atrito. Com o arco 0,016" x 0,022" de níquel-titânio, os braquetes autoligados (Time e Damon SL II) geraram mais baixo atrito que o Victory e ligaduras Slide. Com os arcos 0,019" x 0,025" de níquel-titânio e aço inoxidável, as ligaduras "Slide" geraram estatisticamente significante menor atrito quando comparada aos outros grupos.

FRANCHI et. al.<sup>13</sup> em 2008, em um modelo experimental, reproduziram o segmento bucal do arco superior direito para verificar o atrito produzido por 4 tipos de braquetes autoligados passivos: 1-Damon 3 MX (Ormco); 2-Smart Clip (Unitek-3M); 3-Cariere (Ortho Organizer); 4- Opal (Ultradent), e braquetes metálicos "Step" (Leone) combinados à ligaduras elásticas não convencionais "de baixo atrito" (Leone) e ligaduras elásticas convencionais (Leone). O modelo consistia de 5 braquetes, sendo do segundo pré-molar, primeiro pré-molar, canino, incisivo lateral e incisivo central. Um arco 0,0215" x 0,028" de aço inoxidável foi utilizado para alinhar os braquetes antes de fixá-los em um bloco de acrílico. A distância interbraquetes foi de 8,5 mm. Um arco 0,019" x 0,025" de aço inoxidável foi utilizado para fazer o deslize sobre os braquetes autoligados, braquetes metálicos com ligaduras elásticas convencionais e braquetes metálicos com ligaduras elásticas não convencionais. A máquina utilizada para realizar os testes foi a Instron 4301, em ambiente seco a uma temperatura de 20°C. O atrito estático e o cinético foram registrados, onde 15 mm de arco foram puxados através dos braquetes a uma velocidade de 15 mm/minuto. As análises estatísticas mostraram uma menor força de atrito estático e cinético produzidas pelos braquetes autoligados e pelas ligaduras elásticas não convencionais quando comparadas às ligaduras elásticas convencionais. Não foram

encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os diferentes braquetes autoligados, ou entre estes e os braquetes metálicos com ligaduras elásticas não convencionais. Os autores concluíram que os braquetes autoligados e as ligaduras elásticas não convencionais produzem uma menor força de atrito que as ligaduras elásticas convencionais.

KIM; KIM; BAEK<sup>19</sup>, em 2008, compararam o atrito gerado por várias combinações de braquetes autoligados, composição e secção de arcos, durante a fase inicial de nivelamento. Foram utilizados dois tipos de braquetes autoligados passivos; 1-Damon2 (Ormco); 2-Damon3 (Ormco) e três tipos de braquetes autoligados ativos; 1- In Ovation R (GAC); 2-Speed (Strite Industries); 3-Time2 (American Orthodontics) e um novo tipo de braquete autoligado chamado de “Smart Clip” (Unitek 3M). Para simular uma má oclusão em manequim (Typodont) os caninos superiores foram deslocados 3mm verticalmente da posição ideal e os incisivos laterais inferiores 3mm horizontalmente. Os fios utilizados para os testes foram 0,014” e 0,016” Níquel-titânio austenítico e Cooper níquel-titânio (Ormco). Foram medidos o atrito estático e cinético por meio da máquina “Instron 4466”, a uma velocidade de 0,5 mm por minuto. Os autores concluíram que a combinação de braquetes autoligados passivos com fios de níquel titânio austeníticos, durante a fase inicial de nivelamento produzem um menor atrito que outras combinações de braquetes autoligados e fios, em testes “in vitro”.

TREVISI; BERGSTRAND<sup>42</sup>, em 2008, descreveram os braquetes Smart Clip. De acordo com eles, o sistema “Smart Clip” dos braquetes autoligados consiste de dois “clips” de níquel-titânio que abrem e fecham por meio da deformação elástica do material, quando o arco exerce a força sobre o “clip” para ser encaixado na canaleta do braquete. Este tipo de braquete não contém abertura de “porta” ou “trinco”, o que elimina os problemas como abertura indesejável do braquete. Adicionado a isto, o braquete possui as aletas convencionais que permitem quando necessário a amarração do arco ao braquete. O desenho do braquete também facilita o uso de ligaduras elásticas em cadeia para fechamento de espaços. Cada braquete contém dois “clips” feitos de níquel-titânio. A engenharia da geometria dos “clips” assegura o encaixe e o desencaixe dos arcos. O corpo principal do braquete é moldado usando o processo de injeção do metal. Um “laser” de alta precisão corta o “clip” de níquel-titânio, e o mecanismo principal do braquete abraça o “clip”. A tela de colagem é soldada a “laser” sobre o corpo do braquete. O

sistema Smart Clip foi fabricado na prescrição MBT, e apresenta as seguintes características: 1-Angulação Anterior: a redução da angulação anterior foi incorporada no aparelho conforme a pesquisa original de “Andrews” e reduz a necessidade de ancoragem para cada caso. 2-Angulação posterior superior: os pré-molares apresentam 0° de inclinação e o braquete do molar superior com 0° de angulação que quando colocado paralelo ao plano oclusal introduz 5° de angulação para os molares superiores. 3-Angulação posterior inferior: o primeiro e o segundo pré-molares inferiores mantêm 2° de angulação, o que inclina suavemente estes dentes para frente (em direção à Classe I). Para o primeiro e segundo molares, foram colocados 0° de angulação e quando colocados paralelos ao plano oclusal introduzem 2° de angulação para estes dentes. 4-Torque dos incisivos: os braquetes dos incisivos superiores possuem torque adicional palatino de raiz (+17°) e os incisivos inferiores, torque adicional vestibular de raiz (-6°). 5-Torque do canino, pré-molar e molar superiores: os braquetes do canino e pré-molar com torque normal de -7°. O braquete do molar superior tem um torque adicional de 5° de torque bucal de raiz, ficando com -14° para reduzir a interferência da cúspide palatina destes dentes. 6-Torque de canino, pré-molar e molar inferiores: torque progressivo do canino (-6°) e do segmento posterior (-12°, -17°, -20°). Os autores recomendam que no estágio inicial do alinhamento, deve-se iniciar com arco 0,014” ou 0,016” de níquel-titânio, preservando o tamanho original do arco. Em seguida, usar os arcos 0,016” x 0,025” ou 0,017” x 0,025” de níquel-titânio para completar a correção das rotações. O nivelamento relaciona-se com a “Curva de Spee” e recomenda-se o uso do arco 0,019” x 0,025” de níquel-titânio. Na fase de fechamento de espaços, o sistema “SmartClip” é desenhado para se trabalhar com o fio 0,019” x 0,025” de aço inoxidável que permite uma boa aplicação da mecânica deslizante, com bom controle de torque em ambos os arcos superior e inferior e nos segmentos anterior e inferior. Na finalização, está indicado o arco 0,019” x 0,025” “braided”. A observação clínica tem mostrado que o encaixe do braquete é um fator positivo na velocidade do alinhamento e nivelamento dos arcos, e a diminuição do atrito deve fechar os espaços mais rapidamente e com menor perda de ancoragem.

BIRNIE<sup>6</sup>, em 2008, realizou uma revisão de literatura sobre o sistema Damon. O mecanismo “autoligado passivo” apresenta o mais baixo atrito em mecânicas de deslizamento. Os braquetes autoligados necessitam de menor ancoragem que os aparelhos convencionais e o alinhamento dos dentes ocorrem

com um mínimo de força ao ligamento periodontal, diminuindo os possíveis prejuízos da movimentação dentária. O sistema autoligado apresenta ainda três características: 1-muito baixo nível de atrito estático e cinético; 2-Ligação rígida, devido o dispositivo de fechar a canaleta pelo “portão”; 3- controle da posição dos dentes devido a uma canaleta com profundidade e largura adequadas. Isto permite aumentar o intervalo entre as consultas principalmente nos estágios iniciais e a conseqüente redução no número de visitas durante o curso do tratamento. O atrito estático nos braquetes autoligados é menor que em outros tipos de aparelhos fixos. O efeito “binding” ocorre, porém a força gerada é menor nos braquetes autoligados que nos convencionais. Como o alinhamento e o fechamento de espaços ocorre mais rapidamente com braquetes autoligados, o tempo de tratamento também é reduzido. O mecanismo de abertura e fechamento do “portão” tornou-se mais simples, e o mais recente desenho de braquete do sistema Damon é o braquete D3 MX que é uma peça industrial altamente sofisticada. O plano de tratamento para se utilizar o sistema Damon baseia-se na etiologia e o porquê que a má oclusão ocorreu, e envolve cinco áreas separadas; 1-A face: o padrão facial e a aparência, o crescimento, influência genética, etc; 2-Tecidos moles; o comportamento dos tecidos moles e a influência na posição dos dentes e na função oral; 3-Fatores dentários; análise de espaço, comprimento do arco, inclinação dentária; 4- Cefalometria; complementa a análise facial; 5-Saúde bucal; ou seja, pacientes com excelente saúde bucal conseguem melhores resultados que aqueles com saúde bucal comprometida. O sistema Damon provém algumas opções de torque para os incisivos e caninos, classificados como “alto torque”, “torque padrão” e “baixo torque”, que são utilizados como opção para correção da má oclusão. O posicionamento dos braquetes segue os princípios estabelecidos por “Andrews”. O tratamento com o sistema Damon é realizado em quatro fases; Fase 1: os fios utilizados nesta fase são 0,013”, 0,014” ou 0,016” “Cooper niti”, com o objetivo de alinhar e nivelar os dentes, excluindo os segundos molares para prevenir que o arco seja deslocado do tubo dos segundos molares. Fase 2: nesta fase os arcos são inseridos nos segundos molares, com exceção dos pacientes com mordida aberta, e os arcos utilizados são 0,014” x 0,025” seguido do 0,018” x 0,025” Cooper Niti e conforme a indicação pode-se utilizar ainda o arco 0,019” x 0,025” Cooper Niti. Fase 3: nesta fase o arco usado é o 0,019” x 0,025” de aço inoxidável. Os objetivos desta fase são: manter a forma do arco desenvolvida nas primeiras duas fases, finalizar o

controle de torque, consolidar o espaço posterior, completar a correção anteroposterior, vestibulolingual e a relação vertical. Fase 4- finalização e detalhes: o arco de aço inoxidável deve permanecer nesta fase, no entanto alguns ajustes individuais dos dentes podem ser necessários e o arco 0,019" x 0,025" de beta-titânio pode otimizar a posição dos dentes. Alguns elásticos podem ser utilizados para a intercuspidação. Segundo o autor, os braquetes "autoligados passivos" oferecem a mais direta transmissão de força do arco para o dente com baixo atrito, ligação segura e excelente controle da posição dentária.

MATARESE et. al.<sup>26</sup> em 2008, neste estudo avaliaram "in vitro" o atrito produzido por várias combinações de braquetes e arcos ortodônticos em um modelo experimental com três braquetes desnivelados. Foram utilizados 180 braquetes autoligados Damon SL2 (Ormco) e 120 braquetes metálicos convencionais Mini twin (Ormco). Ambos os braquetes autoligados e convencionais foram de segundo pré-molar superior com as seguintes características: canaleta 0,022", largura mesio distal de 2,67 mm, torque de -7° e angulação de +2°. Os arcos utilizados foram: três superelásticos de níquel titânio nas dimensões 0,014", 0,016" e 0,016" x 0,022" (G&H, Greenwood, Ind) e dois fios de aço inoxidável: 0,0155" coaxial e 0,016" (Ormco) e um fio de titânio molibdênio 0,016" (Ormco). As ligaduras utilizadas para os braquetes convencionais foram: ligaduras elásticas Power O (Ormco) e metálicas 0,010" (Ormco). Um suporte metálico foi construído para sustentar os três braquetes desnivelados verticalmente, onde o braquete central foi posicionado 2 mm mais para apical quando comparado aos outros dois. A distância interbraquetes foi de 11mm e foi medida a partir do centro do braquete. A resina composta Enlight (Ormco) foi utilizada para colar os braquetes sobre o dispositivo. A máquina utilizada para medir o atrito foi construída pelo Instituto Físico Químico Messina-Itália. Os testes foram feitos em ambiente seco à uma temperatura de 34° com uma velocidade de deslize do arco de 4mm/minuto. Os braquetes convencionais foram amarrados aos arcos com ligaduras elásticas e metálicas de maneira padronizada. Nos resultados observou-se que a dimensão do arco influenciou o deslize do arco sobre os três braquetes não alinhados tanto para os braquetes convencionais como para os autoligáveis, e o arco que gerou a maior fricção foi o 0,016"x 0,022" seguido pelos arcos 0,016" e 0,014". Os braquetes autoligados apresentaram menores índices de atrito que os convencionais combinados a ligaduras elásticas como as metálicas. E não houve diferenças estatisticamente significantes entre os tipos de ligadura elástica e

metálica. No entanto houve um maior desvio padrão quando utilizou-se as ligaduras metálicas devido à dificuldade em padronizar a amarração com este tipo de ligadura. O uso dos braquetes autoligados reduziu o atrito durante o nivelamento e alinhamento e aumentou o deslize do arco sobre a canaleta dos braquetes, permitindo uma mecânica mais eficiente e menores níveis de força.

BADAWI et. al.<sup>2</sup> em 2008, avaliou a leitura do torque de dois braquetes autoligados passivos e dois braquetes autoligados ativos. Um dispositivo experimental foi desenvolvido para medir o torque. Foram analisados cinquenta braquetes de incisivo central superior direito de cada tipo, resultando em um total de 200 braquetes, sendo das seguintes marcas: 1-In-Ovation (GAC), 2-Speed (Strite Industries), 3-Damon 2 (Ormco), 4-Smart Clip (Unitek-3m), colados com adesivo epóxi (Loctite) em cilindros de aço inoxidável. A prescrição dos braquetes não afetou os resultados porque foi considerada a posição inicial de torque zero do arco para todos os braquetes. Os braquetes foram submetidos à leitura de torque com arco 0,019"x 0,025" de aço inoxidável às inclinações de 12°, 24°, 36° e 48° em relação aos braquetes. Não foram encontradas diferenças estatísticas significantes na expressão do torque entre os braquetes Damon2 e Smart Clip nos ângulos de 12°, 24°, 36°. Houve uma diferença estatisticamente significativa no ângulo de 48°. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o In-Ovation e o Speed nos ângulos de 12° e 24°, mas ocorreu uma diferença estatisticamente significativa nos ângulos de 36° e 48°. A leitura do torque dos braquetes Damon2 e Smart Clip seguiu o padrão da leitura de torque dos braquetes autoligados, e iniciou a sua leitura a partir de um ângulo de 15°, comparado com um ângulo de 7,5° para o In-Ovation e o Speed que é característica dos braquetes autoligados ativos. Os autores concluíram que os braquetes autoligados ativos apresentaram uma melhor leitura do torque, resultante do "clip" ativo que força o arco para dentro da canaleta do braquete. Os braquetes autoligados ativos expressaram valores de torque mais altos que os autoligados passivos nos torques utilizados clinicamente de zero a 35°. Todos os braquetes mostraram variações na leitura do torque, isto foi atribuído à variação da dimensão da canaleta do braquete. O braquete Damon2 e o Speed foram relativamente mais consistentes que o Smart Clip e o In Ovation.

### **3. PROPOSIÇÃO**

### **3. PROPOSIÇÃO**

A proposta deste trabalho foi comparar o atrito in vitro, em ambiente seco, entre diferentes tipos de braquetes estéticos e metálicos convencionais, adicionado aos autoligados estéticos combinados com fios ortodônticos de aço inoxidável de diferentes secções, na ausência de angulação entre os braquetes (zero grau) e na angulação de 3 graus (dobra de segunda ordem).

## **4. MATERIAL E MÉTODO**

## 4. MATERIAL E MÉTODO

### 4.1 MATERIAL

Para comparar o atrito entre os diferentes braquetes e fios, foram utilizados 120 braquetes, sendo 60 braquetes do primeiro pré-molar superior direito e 60 do segundo pré-molar superior direito, de 6 marcas comerciais, sendo um tipo de braquete metálico e cinco tipos de braquetes estéticos (Figura 4.1, 4.2). Os braquetes utilizados foram os seguintes:

20 braquetes metálicos convencionais Gemini (10 braquetes do primeiro pré-molar superior direito e 10 braquetes do segundo pré-molar superior direito), com canaleta 0,022" x 0,028", prescrição Roth- (Unitek-3M - Monrovia - CA. USA)

20 braquetes cerâmicos policristalinos convencionais Transcend (10 braquetes do primeiro pré-molar superior direito e 10 braquetes do segundo pré-molar superior direito) com canaleta 0,022" x 0,028", prescrição Roth (Unitek-3M – Monrovia - CA USA).

20 braquetes cerâmicos policristalinos convencionais Clarity (10 braquetes do primeiro pré-molar superior direito e 10 braquetes do segundo pré-molar superior direito), com canaleta metálica 0,022" x 0,028", prescrição Roth – (Unitek-3M – Monrovia- CA USA).

20 braquetes cerâmicos monocristalinos convencionais Inspire (10 braquetes do primeiro pré-molar superior direito e 10 braquetes do segundo pré-molar superior direito), canaleta 0,022" x 0,028", prescrição Roth- (Ormco – USA).

20 braquetes autoligados cerâmicos policristalinos Clarity (10 braquetes do primeiro pré-molar superior direito e 10 braquetes do segundo pré-molar superior direito), com canaleta metálica 0,022" x 0,028", prescrição MBT (Unitek-3M – Monrovia-CA USA).

20 braquetes autoligados de policarbonato Damon-Dm3 com canaleta metálica (10 braquetes do primeiro pré-molar superior direito e 10 braquetes do

segundo pré-molar superior direito), canaleta 0,022" x 0,027", prescrição Damon – (Ormco – USA). A prescrição dos braquetes pode ser observada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Prescrição dos braquetes utilizados na pesquisa.

Braquete	1º pre-molar superior		2º pre-molar superior.	
	Torque	Ângulo	Torque	Ângulo
Prescrição Damon	-7°	+2°	-7°	+2°
Prescrição MBT	-7°	0°	-7°	0°
Prescrição Roth	-7°	0°	-7°	0°

A fim de realizar o deslize dos fios sobre os braquetes, foram utilizados um total de 180 segmentos de fios de aço inoxidável de 7,5 cm de comprimento (Unitek-3M), sendo 60 segmentos de fio de aço inoxidável 0.017" x 0.025"; 60 segmentos de fio de aço inoxidável 0.019" x 0.025" e 60 segmentos de fio de aço inoxidável 0.021" x 0.025".

Para que os segmentos de fios fossem amarrados aos braquetes convencionais, foram utilizadas ligaduras elásticas transparentes (Unitek-3M – Monrovia – CA USA).

Os corpos de prova constituíram-se de 30 placas metálicas de 48 mm de largura e 62 mm de comprimento, nos quais foram colados 2 pares de braquetes: sendo o primeiro, dois braquetes colados sem angulação entre si, e o segundo dois braquetes com uma angulação de segunda ordem de 3 graus, totalizando 5 corpos de prova sem angulação entre os braquetes e cinco com angulação de 3 graus. Para cada tipo de braquete colado sobre as placas, foi utilizado um adesivo à base de éster de cianocrilato – Loctite ("Super Bonder"), e resina composta híbrida (Transbond XT-Unitek 3M), que foi colocada sobre a base dos braquetes. A máquina para realização dos testes foi a máquina universal de ensaios "Instron modelo 4457" com fabricação na Inglaterra.

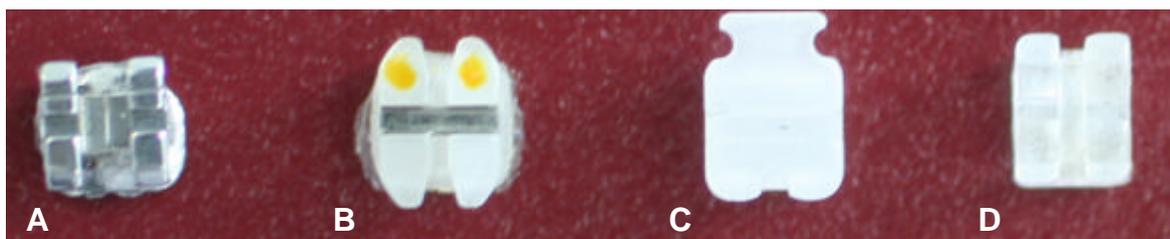


Figura 4.1 - Braquetes convencionais analisados: A-Gemini, B-Clarity convencional, C-Transcend, D-Inspire.



Figura 4.2 – Braquetes auto-ligáveis analisados: A- Clarity auto-ligável, B- Damon auto-ligável.

## 4.2 MÉTODO

A metodologia foi realizada com o propósito de comparar “in vitro” o atrito entre braquetes estéticos e metálicos durante o deslizamento de fios de aço inoxidável de diferentes secções e nas angulações de 0° e de 3°.

### Montagem dos corpos de prova

#### Angulação de 0°

Foram utilizadas 30 placas metálicas de 48 mm de largura e 62 mm de comprimento, cortada em ângulos retos, e sobre a qual foi riscado um gabarito paralelo à borda externa da placa. O gabarito foi confeccionado com o auxílio de um “Transferidor de Ângulos” (marca comercial/Mitutoyo – Japão) no Departamento de Engenharia da Fábrica 3M – cidade de Sumaré-SP, que consistia de uma linha reta horizontal (linha x1), e duas linhas retas verticais paralelas (y1 e y2) com distância de 8 mm entre as linhas y1 e y2 especificando a distância interbraquetes, para os braquetes colados sem angulação entre si. O gabarito consistia ainda de uma segunda linha horizontal (linha x2), e uma linha denominada de x3, que partia da intersecção da linha x1 com a linha y1, promovendo um ângulo de 3 graus na intersecção com a linha y2 (Figura 4.3).

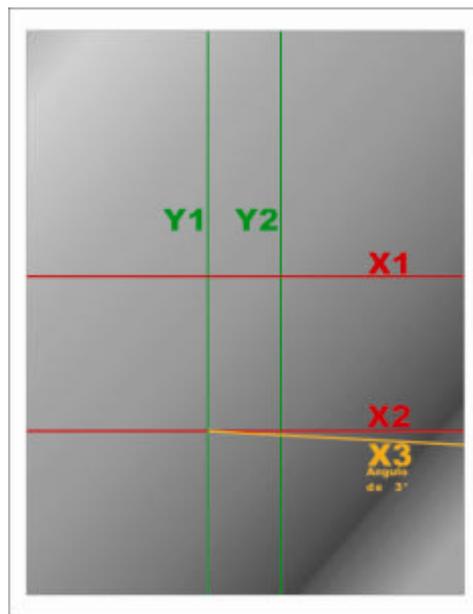


Figura 4.3 – Placa metálica com Gabarito para colagem dos braquetes

Para o posicionamento dos braquetes, foi utilizado um fio guia 0,021"x 0,025" (Unitek-3M) de aço inoxidável para auxiliar no posicionamento dos braquetes, que passava pela canaleta dos braquetes e posicionava-se sobre a linha horizontal do gabarito (Linha x1) na placa metálica para o correto nivelamento entre os dois braquetes a serem colados. O braquete foi posicionado sobre a marcação da placa metálica, onde a canaleta do braquete coincidia com a linha x1 e o centro do braquete coincidia com a linha y1. (Figura 4.4).

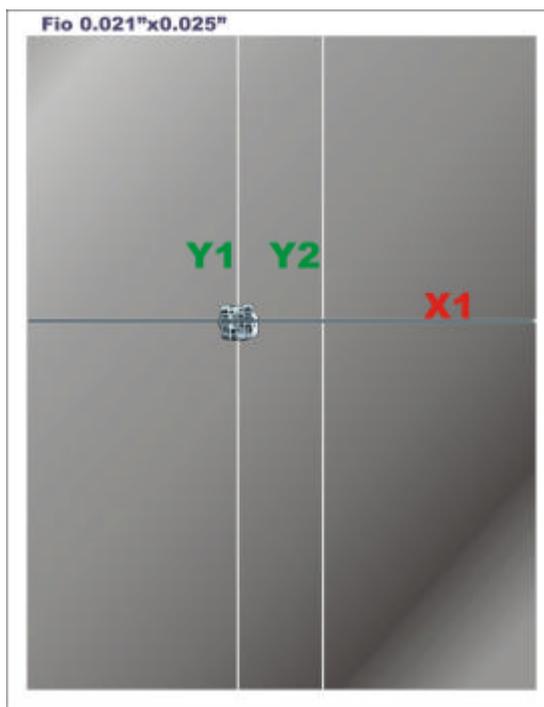


Figura 4.4 – Posicionamento do primeiro braquete sobre a linha x1.

Para realizar a colagem foi utilizada a resina composta híbrida (Transbond XT-Unitek 3M) que foi colocada sobre a base dos braquetes. Anteriormente à fotopolimerização da resina foi utilizado uma gota de adesivo à base de éster de cianocrilato – Loctite (“Super Bonder”) sobre a placa metálica para aumentar a retenção da camada de resina sobre a placa metálica. Antes de iniciar a fotopolimerização, os braquetes foram pressionados sobre a placa metálica para que não houvesse excessos de resina na base do braquete e fosse padronizado a altura entre as canaletas dos braquetes, e depois iniciou-se a fotopolimerização de resina com um tempo de 40 segundos por braquete (figura 4.5)

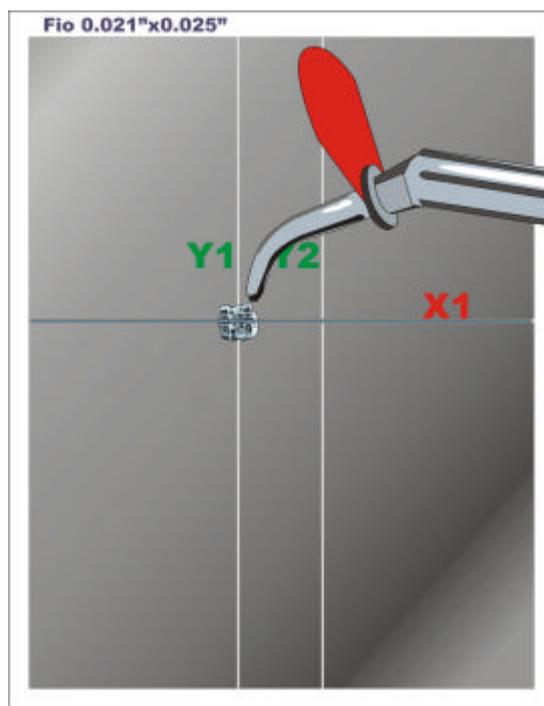


Figura 4.5 – Colagem do primeiro braquete sobre a placa metálica.

Para posicionar o segundo braquete, utilizou-se como referência a canaleta do primeiro braquete já colado à placa metálica e o segmento de fio 0,021" x 0,025" de aço inoxidável que passava sobre a canaleta do primeiro braquete colado e sobre a canaleta do segundo braquete a ser colado e coincidia com o gabarito riscado na placa metálica (linha x1). Após a conferência que o fio 0,021"x 0,025" estava passando sobre a linha do gabarito sobre a placa metálica (linha x1) e o centro do braquete coincidia com a linha Y2 era fotopolimerizada a resina e fixado o segundo braquete na placa metálica (Figura 4.6, 4.7).

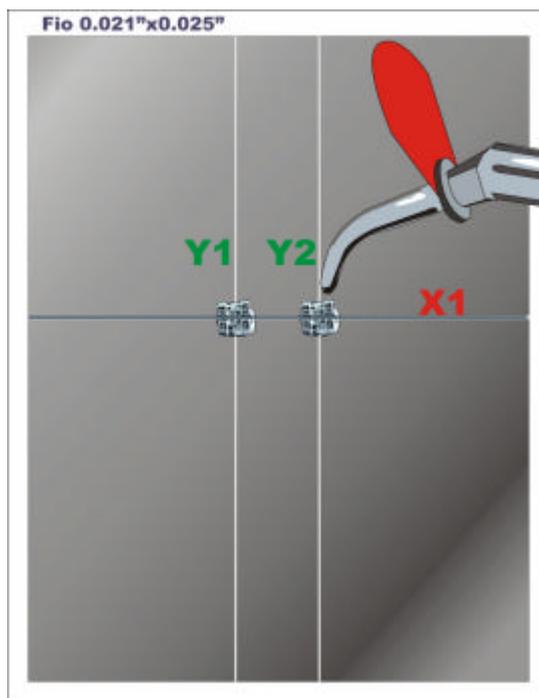


Figura 4.6 – Posicionamento do segundo braquete sobre a linha x1.



Figura 4.7 - Os dois braquetes já colados com o fio 0,021" x 0,025" sobre a canaleta e coincidindo com a linha x1.

### Angulação de 3°

Na mesma placa onde foram colados os braquetes em zero grau, foi confeccionado um segundo gabarito e colados dois braquetes com uma angulação de 3 graus (dobra de segunda ordem) entre eles. Para simular esta angulação de (3 graus) o gabarito constava de uma segunda linha horizontal (linha x2) e duas linhas verticais perpendiculares (linhas y1 e y2) à esta linha horizontal (linha x2) delimitando uma distância de 8 mm entre elas verticais (linhas y1 e y2). Uma terceira linha (linha x3) foi riscada sobre a placa, que partia da intersecção da primeira linha vertical (linha y1) com a linha horizontal (linha x2) e a partir deste ponto até a segunda linha vertical (linha y2 distante 8mm da linha y1), com um ângulo de 3 graus na intersecção com a linha y2 (figura4.3). Para realizar o posicionamento dos braquetes sobre este gabarito, inicialmente, colou-se o primeiro braquete na posição horizontal delimitada pela linha x2 com intersecção da linha y1, coincidindo o centro do braquete com a linha y1 e a canaleta do braquete com o segmento de fio 0,021" x 0,025" de aço inoxidável e a linha x2 (Figura 4.8, 4.9).

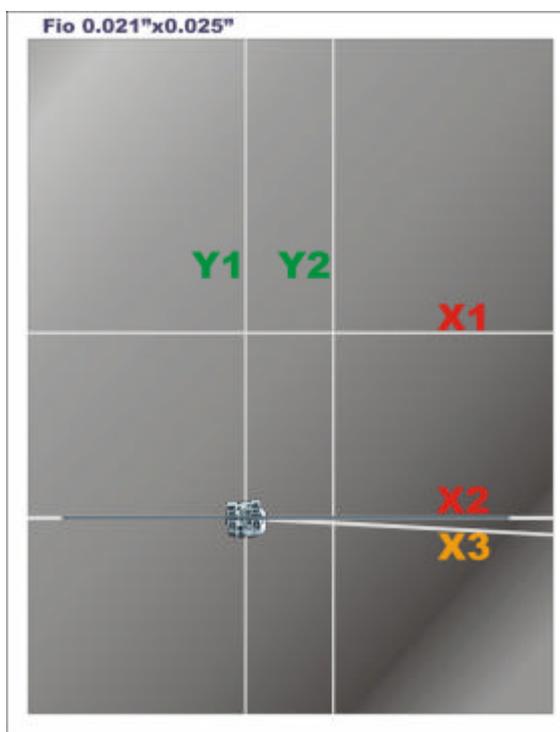


Figura 4.8 – Placa metálica com gabarito para colagem dos braquetes em 3 graus.

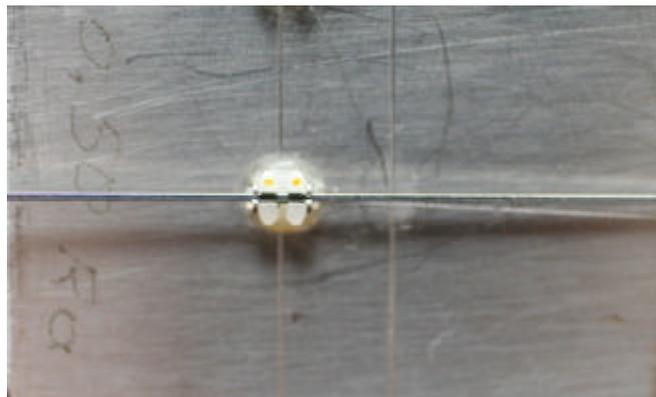


Figura 4.9 – Posicionamento do primeiro braquete para os ensaios em 3 graus.

O segundo braquete foi colado de forma que o segmento de fio 0,021 x 0,025” de aço inoxidável passava sobre a canaleta do braquete coincidindo com a linha horizontal do gabarito (linha x3) que fazia um ângulo de 3 graus a uma distância de 8 mm da primeira linha vertical marcada sobre a placa (linha y1). Dessa forma o segundo braquete ficou posicionado com uma inclinação de 3 graus em relação ao primeiro braquete e o centro do braquete a uma distância de 8 mm (linha y2) do primeiro braquete colado sobre a placa (Figura 4.10).

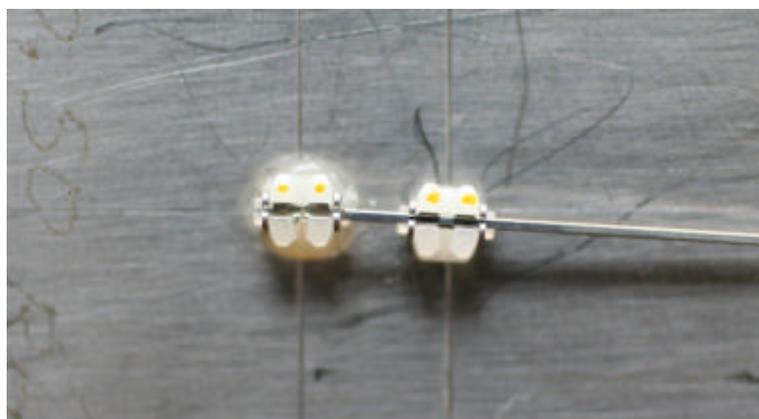


Figura 4.10 – Posicionamento do segundo braquete sobre a linha x3.

#### Posicionamento do corpo de prova

Para a realização dos testes, os fios foram seccionados com um comprimento de 7,5 cm para todas as secções, e cada segmento foi examinado com paquímetro digital para conferir a dimensão da secção transversal informada pelo fabricante (Unitek-3M). Os segmentos de fios foram utilizados uma única vez para cada teste.

Os testes foram realizados na máquina “Instron modelo 4457”. A máquina dispunha de duas pinças, sendo uma superior e uma inferior. A pinça inferior utilizada para prender a placa metálica à base da máquina de ensaios encontravam-se perpendicular ao solo e sua apreensão era feita por meio de ar comprimido, o que permitiu uma melhor fixação do dispositivo para realização dos testes.

Para que houvesse uma padronização dos ensaios, mediu-se a largura da pinça superior e inferior, com um auxílio de um paquímetro digital, e determinou-se o centro como local utilizado para fixação dos fios, para que em todos os testes realizados, o fio fosse posicionado sempre no mesmo lugar (Figuras 4.11, 4.12 e 4.13).



Figura 4.11 – Mensuração do centro da pinça com paquímetro digital.



Figura 4.12 - Determinação do centro da pinça.

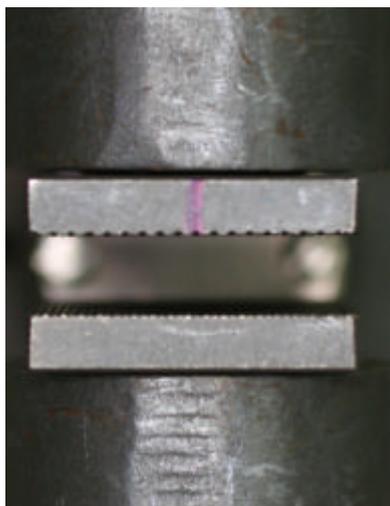


Figura 4.13 – Marca do centro da pinça.

Durante a fixação da placa metálica à base da máquina Instron foi utilizado um nível bolha paralelo à superfície lateral da placa metálica que era paralela ao gabarito riscado sobre a placa (linhas x1 e x2). O nível bolha auxiliou para certificar-se que o gabarito estaria perpendicular à base da pinça inferior e ao solo, evitando possíveis inclinações da placa. Associado ao nível bolha, foi utilizado um esquadro que garantia o posicionamento da placa em zero grau em relação à marcação feita na pinça superior. A linha do esquadro coincidia com o gabarito riscado sobre a placa, com o fio posicionado sobre os braquetes e com a marcação feita no centro das pinças superior e inferior. O esquadro encontrava-se perpendicular à base da pinça superior (Figura 4.14).

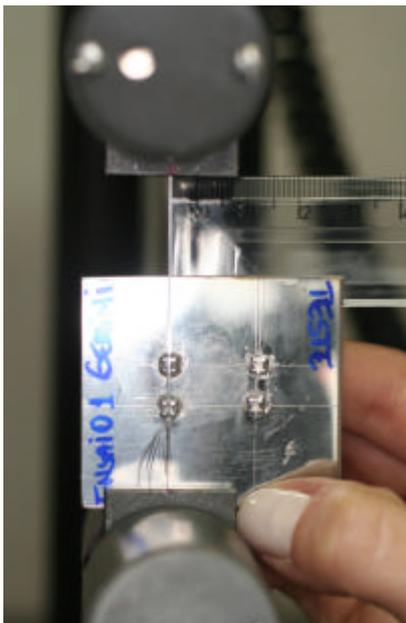


Figura 4.14 – Conferência do posicionamento do corpo de prova com auxílio de um esquadro.

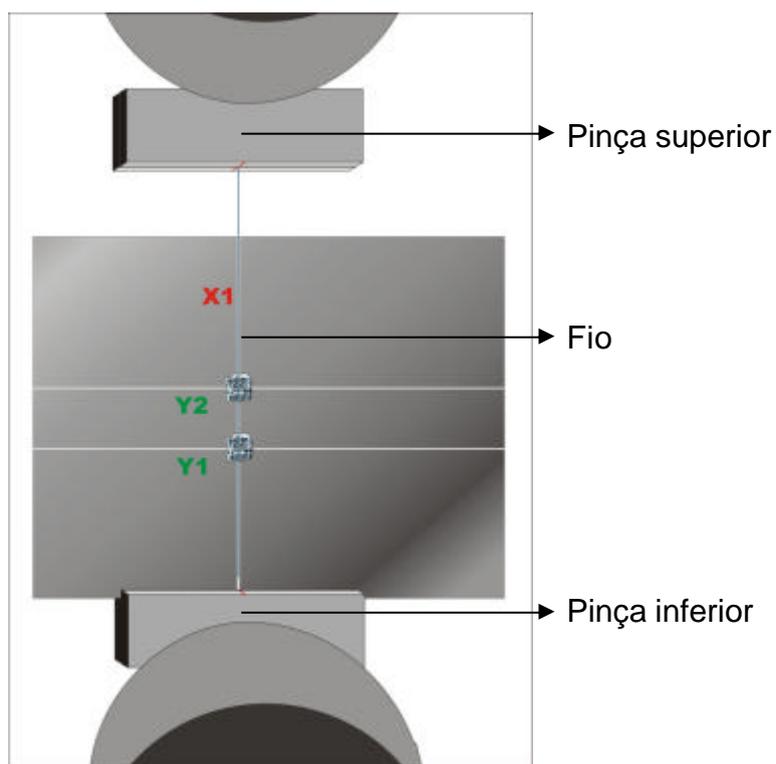


Figura 4.15 – Ensaio de tração com os braquetes sem angulação entre si.

Desta forma, o dispositivo foi acoplado em uma máquina universal de ensaios, conforme figura abaixo (Figura 4.15, 4.16).



Figura 4.16 - Máquina Universal de Ensaio utilizada nos testes: Instron modelo 4457.

Na parte superior da máquina havia uma célula de carga de 10 kgf. Na célula de carga foi acoplada a pinça superior que permitiu a movimentação do fio na canaleta dos braquetes por meio da tração dos fios. A resistência ao movimento foi determinada como força de atrito, mensurada pela célula de carga. A velocidade do ensaio foi definida em 12,7 mm/min como preconizado por BEDNAR, GRUENDEMAN, SANDRIK (1991)<sup>5</sup> e a distância do deslizamento do fio foi de 8 mm.

Determinou-se então para cada secção do fio e para cada um dos braquetes utilizados a força para iniciar o movimento (atrito estático). O atrito dinâmico foi mensurado a partir da média da força friccional existente no deslocamento de 1 a 8mm. Foram realizados cinco ensaios em cinco corpos de prova das 6 marcas comerciais de braquetes, nas duas angulações (zero e 3 graus), com cada secção de fio (0,017" x 0,025", 0,019" x 0,025" e 0,021" x 0,025"). Os elementos de fixação dos fios (ligaduras elásticas) e os segmentos de fios foram utilizados uma única vez por experimento.

As forças de tração foram determinadas pela máquina universal de ensaio por meio do software denominado SERIE IX. A célula de carga registrava os valores de força necessária para mover o fio entre os braquetes.

Realização dos testes sem angulação entre os braquetes

A realização dos testes iniciou-se com o segmento de fio 0,017" x 0,025" (Unitek-3M) de aço inoxidável. O fio foi inserido na canaleta do braquete, e fixado com ligaduras elásticas transparentes (Unitek-3M) sobre os braquetes convencionais. O mesmo procedimento foi realizado com as secções de fio 0,019" x 0,025" e 0,021" x 0,025" de aço inoxidável. Após a realização do teste com o fio 0,017" x 0,025", sem retirar a placa metálica que estava presa na máquina realizou-se os testes com as secções de fios 0,019" x 0,025" e 0,021" x 0,025". Antes de inserir o novo segmento de fio, era passado um jato de ar comprimido sobre a canaleta dos braquetes. Após a conclusão deste procedimento, trocou-se a placa metálica e iniciaram-se novos testes na segunda placa com a mesma marca comercial de braquete iniciado, para um total de cinco placas para cada tipo de braquete, e para um total de quatro tipos de braquete convencionais e dois tipos de braquetes autoligados que dispensavam a colocação das ligaduras elásticas.

#### Realização dos testes com angulação de 3° entre os braquetes

O posicionamento do corpo de prova para o tracionamento do fio para a condição do braquete com angulação levou em consideração que o fio deveria se manter na mesma direção axial adotado para os ensaios sem angulação, posicionando o fio no centro da pinça superior, permitindo se fazer uma correlação mais adequada entre os resultados obtidos na condição com e sem angulação. Foram realizados 5 ensaios para cada tipo de braquete em cada secção de fio (0,017" x 0,025", 0,019" x 0,025" e 0,021" x 0,025") totalizando um total de 90 experimentos para esta condição. Para realizar o teste, ao inserir o segmento do fio na canaleta dos braquetes, o mesmo deveria coincidir com o gabarito efetuado sobre a placa metálica que indicaria a angulação dos três graus (Figura 4.17 e 4.18).

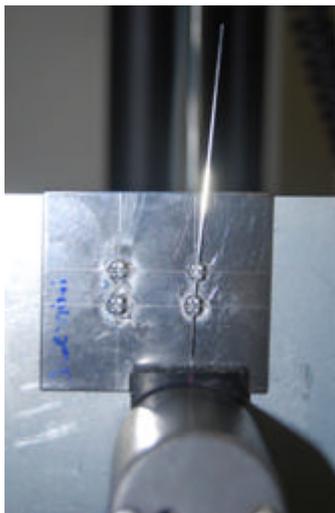


Figura 4.17 - Posicionamento do corpo de prova para ensaio com angulação

Quando o segmento de fio era preso na pinça superior da máquina, o fio deveria coincidir com a marcação feita no centro da pinça superior (figura 4.19).

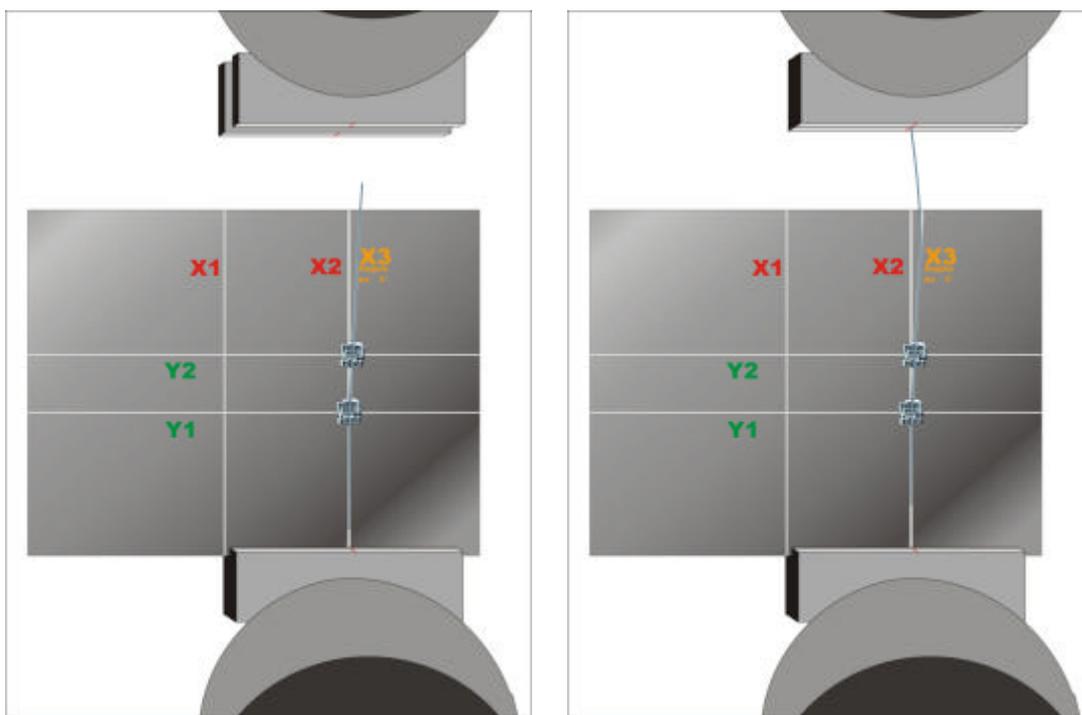


Figura 4.18

Figura 4.19

Figura 4.18 – Ilustração do ensaio com os braquetes em 3°.

Figura 4.19 – Posicionamento do fio na pinça superior com os braquetes em 3°.

Os testes iniciaram-se com o segmento de fio 0,017" x 0,025". Após a realização do ensaio com esta secção de fio, foram realizados os testes com os segmentos de fio 0,019" x 0,025" e 0,021" x 0,025", e como na condição sem

angulação a placa metálica não foi retirada da máquina Instron para a troca dos fios 0,019"x 0,025" e 0,021"x 0,025" de aço inoxidável. Antes de inserir o novo segmento de fio, era passado um jato de ar comprimido sobre a canaleta dos braquetes. Após a conclusão deste procedimento, trocou-se a placa metálica e iniciaram-se novos testes na segunda placa com a mesma marca comercial de braquete iniciado, para um total de cinco placas para cada tipo de braquete.

#### Análise dos dados

Os dados obtidos foram descritos em tabelas e gráficos pelos parâmetros de média e desvio padrão. Para verificar os efeitos da angulação, braquete e fio, na força de atrito, foram utilizados a Análise de Variância a três critérios modelo fixo e o teste post-hoc de Tukey. Em todos os testes foi adotado nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Os cálculos estatísticos foram executados no programa Statistica for Windows v.5.1 (StatSoft Inc., Tulsa, USA).

## **5.RESULTADOS**

## 5. RESULTADOS

Foi realizada a análise de variância, para verificar a influência das variáveis: angulação, braquete e fio na força de atrito estático e dinâmico, e verificou-se que houve influência da angulação, braquete e fio tanto no atrito estático (Tabela 5.1) como no dinâmico (Tabela 5.2), com interação entre os mesmos.

Tabela 5.1 – Análise de variância a três critérios (Ang - Angulação, Braq -Braquete e Fio) para comparação entre os grupos da força de atrito estático.

Efeito	GL	QM	GL	QM	F	p
	efeito	efeito	erro	erro		
Angulação	1	70,9397	144	0,0079	8926,13	<0,001 *
Braquete	5	28,9405	144	0,0079	3641,49	<0,001 *
Fio	2	8,0480	144	0,0079	1012,66	<0,001 *
Ang. x Braquete	5	1,3216	144	0,0079	166,29	<0,001 *
Ang. x Fio	2	0,6889	144	0,0079	86,68	<0,001 *
Braquete x Fio	10	0,0948	144	0,0079	11,93	<0,001 *
Ang.xBraq.xFio	10	0,1003	144	0,0079	12,62	<0,001 *

GL – graus de liberdade

QM – quadrado médio

\* - efeito estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ )

Tabela 5.2 – Análise de variância a três critérios (Ang- Angulação, Braq - Braquete e Fio) para comparação entre os grupos da força de atrito dinâmico.

Efeito	GL	QM	GL	QM	F	p
	efeito	efeito	erro	erro		
Angulação	1	74,1663	144	0,0125	5940,46	<0,001 *
Braquete	5	30,4270	144	0,0125	2437,10	<0,001 *
Fio	2	9,1146	144	0,0125	730,04	<0,001 *
Ang. x Braquete	5	2,1838	144	0,0125	174,92	<0,001 *
Ang. x Fio	2	0,7705	144	0,0125	61,71	<0,001 *
Braquete x Fio	10	0,2824	144	0,0125	22,62	<0,001 *
Ang.xBraq.xFio	10	0,2138	144	0,0125	17,12	<0,001 *

GL – graus de liberdade

QM – quadrado médio

\* - efeito estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ )

Para as comparações múltiplas entres os dados, foi executado o teste post-hoc de Tukey. Devido à angulação mostrar diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,001$  – Tabelas 1 e 2) em todas as condições, isto é, dado o mesmo tipo de braquete e fio, com angulação, as forças de atrito são sempre maiores e com diferença estatisticamente significativa, os dados foram divididos em duas tabelas sendo uma com angulação e outra sem a mesma. Sendo assim, as comparações entre os braquetes e fios dos grupos sem angulação estão mostradas na tabela 3 e as comparações dos grupos com angulação estão mostradas na tabela 4.

Foram analisados separadamente os atritos estático e dinâmico, por se tratarem de grandezas físicas diferentes, porém observou-se na análise estatística, que quando os braquetes foram comparados entre si nos diferentes fios, eles se comportaram de forma semelhante tanto no atrito estático como no dinâmico (tabelas 3 e 4), e devido a isto o atrito estático e dinâmico foram abordados apenas como atrito.

## 5.1 COMPARAÇÃO DOS BRAQUETES NOS DIFERENTES FIOS – ANÁLISE SEM ANGULAÇÃO

### Fio 0,017”x 0,025” de aço inoxidável

Nos testes realizados com o fio 0,017” x 0,025” combinado aos braquetes alinhados sem angulação, o braquete que apresentou o menor atrito estatisticamente significativo foi o braquete Clarity Auto-ligável. O braquete Damon Auto-ligável apresentou um atrito estatisticamente maior que o Clarity auto-ligável e estatisticamente menor que os demais braquetes testados. Nos braquetes convencionais, o menor atrito encontrado foi no braquete Gemini, que foi igual estatisticamente ao Clarity convencional e menor, com significância estatística, em relação aos braquetes Transcend e Inspire. O braquete Clarity convencional apresentou atrito sem diferença estatística em relação ao Transcend e ao Inspire, sendo que não houve diferença estatisticamente significativa entre estes três braquetes avaliados (Clarity convencional, Transcend e Inspire). Estes resultados podem ser observados na tabela 3.

#### Fio 0,019"x 0,025" de aço inoxidável

No fio 0,019"x 0,025" combinado aos braquetes alinhados sem angulação, o menor atrito estatisticamente encontrado foi no braquete Clarity auto-ligável. O braquete Damon auto-ligável apresentou um atrito maior estatisticamente em relação ao Clarity auto-ligável e menor estatisticamente que os demais braquetes testados (convencionais). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os braquetes Gemini, Clarity convencional e o Transcend. O braquete Gemini apresentou atrito menor estatisticamente que o braquete Inspire. O atrito do braquete Clarity convencional foi estatisticamente semelhante aos braquetes Transcend e menor em relação ao braquete Inspire. O braquete Inspire apresentou o maior atrito estatisticamente significativo em relação aos demais. Estes resultados constam na tabela 3.

#### Fio 0,021"x 0,025" de aço inoxidável

No fio 0,021" x 0,025" combinado aos braquetes alinhados sem angulação, o menor atrito estatisticamente significativo ocorreu no braquete Clarity auto-ligável e Damon auto-ligável em relação aos braquetes convencionais, sem diferença estatisticamente significativa entre eles. O braquete Gemini, o Clarity convencional e o Transcend apresentaram atrito sem diferenças estatísticas entre eles. O braquete Inspire apresentou o maior atrito estatisticamente significativo que os demais braquetes testados. Estes resultados constam na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Média, desvio padrão e resultado do teste de Tukey para comparação entre braquetes e fios, das forças de atrito estático e dinâmico, para os braquetes sem angulação. dp – desvio padrão

Braquete	Fio	Estático		Dinâmico	
		média	dp	média	dp
Gemini	0,017" x 0,025"	0,175 <sup>d</sup>	0,010	0,155 <sup>d</sup>	0,008
	0,019" x 0,025"	0,224 <sup>def</sup>	0,003	0,182 <sup>de</sup>	0,007
	0,021" x 0,025"	0,280 <sup>fg</sup>	0,038	0,225 <sup>ef</sup>	0,052
Clarity	0,017" x 0,025"	0,206 <sup>de</sup>	0,003	0,180 <sup>de</sup>	0,001
	0,019" x 0,025"	0,243 <sup>ef</sup>	0,018	0,224 <sup>ef</sup>	0,009
	0,021" x 0,025"	0,290 <sup>fg</sup>	0,015	0,260 <sup>fg</sup>	0,017
Transcend	0,017" x 0,025"	0,248 <sup>ef</sup>	0,006	0,209 <sup>ef</sup>	0,029
	0,019" x 0,025"	0,273 <sup>fg</sup>	0,021	0,243 <sup>fg</sup>	0,022
	0,021" x 0,025"	0,341 <sup>gh</sup>	0,032	0,304 <sup>gh</sup>	0,028
Inspire	0,017" x 0,025"	0,254 <sup>ef</sup>	0,021	0,229 <sup>efg</sup>	0,010
	0,019" x 0,025"	0,378 <sup>h</sup>	0,017	0,361 <sup>h</sup>	0,015
	0,021" x 0,025"	0,541 <sup>i</sup>	0,032	0,499 <sup>i</sup>	0,036
Clarity auto-ligável	0,017" x 0,025"	0,015 <sup>a</sup>	0,004	0,007 <sup>a</sup>	0,001
	0,019" x 0,025"	0,033 <sup>b</sup>	0,009	0,029 <sup>b</sup>	0,008
	0,021" x 0,025"	0,043 <sup>c</sup>	0,003	0,039 <sup>c</sup>	0,001
Damon auto-ligável	0,017" x 0,025"	0,031 <sup>b</sup>	0,004	0,028 <sup>b</sup>	0,006
	0,019" x 0,025"	0,048 <sup>c</sup>	0,005	0,034 <sup>b c</sup>	0,002
	0,021" x 0,025"	0,053 <sup>c</sup>	0,002	0,044 <sup>c</sup>	0,004

Grupo de braquete e fio (coluna) com a mesma letra não possuem diferença estatisticamente significativa entre si.

## 5.2 COMPARAÇÃO DOS BRAQUETES NOS DIFERENTES FIOS – ANÁLISE COM ANGULAÇÃO DE 3 GRAUS

Tanto nos fios 0,017" x 0,025", 0,019"x 0,025" e 0,021" x 0,025" combinado aos braquetes com angulação de 3 graus, observou-se que o menor

atrito estatisticamente significativo ocorreu com o braquete Clarity auto-ligável em relação a todos os demais braquetes analisados. O braquete Damon auto-ligável apresentou um atrito estatisticamente maior que o Clarity auto-ligável nos fios 0.017"x 0.025" e 0.019"x 0.025". A única exceção ocorreu no fio 0,021" x 0,025", onde os braquetes auto-ligáveis Clarity e Damon apresentaram atrito sem diferença estatisticamente significativa entre si. O braquete Damon auto-ligável apresentou menor atrito estatisticamente significativo que os braquetes convencionais Gemini, Clarity convencional, Transcend e Inspire. O braquete Gemini apresentou um atrito menor de forma estatisticamente significativa que os braquetes convencionais Clarity, Transcend e Inspire. O braquete Clarity convencional demonstrou menor atrito estatisticamente significativo em relação aos braquetes Transcend e Inspire, sendo que o braquete Transcend apresentou por sua vez menor atrito que o Inspire. O braquete Inspire demonstrou o maior atrito estatisticamente significativo em relação a todos os demais braquetes avaliados. A única exceção ocorreu no fio 0,021" x 0,025", onde os braquetes auto-ligáveis Clarity e Damon apresentaram atrito sem diferença estatisticamente significativa entre si. Os resultados citados acima podem ser observados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Média, desvio padrão e resultado do teste de Tukey para comparação entre braquetes e fios, das forças de atrito estático e dinâmico, para os braquetes com angulação. dp – desvio padrão

Braquete	Fio	Estático		Dinâmico	
		média	dp	média	dp
Gemini	0,017" x 0,025"	0,244 <sup>d</sup>	0,022	0,225 <sup>c</sup>	0,010
	0,019" x 0,025"	0,403 <sup>f</sup>	0,010	0,232 <sup>c</sup>	0,005
	0,021" x 0,025"	0,656 <sup>h</sup>	0,020	0,503 <sup>e</sup>	0,024
Clarity	0,017" x 0,025"	0,391 <sup>f</sup>	0,016	0,352 <sup>d</sup>	0,025
	0,019" x 0,025"	0,517 <sup>g</sup>	0,028	0,489 <sup>e</sup>	0,050
	0,021" x 0,025"	1,257 <sup>k</sup>	0,042	1,162 <sup>h</sup>	0,107
Transcend	0,017" x 0,025"	0,854 <sup>i</sup>	0,066	0,781 <sup>f</sup>	0,023
	0,019" x 0,025"	0,919 <sup>i</sup>	0,051	0,810 <sup>fg</sup>	0,047
	0,021" x 0,025"	1,767 <sup>l</sup>	0,104	1,539 <sup>i</sup>	0,103
Inspire	0,017" x 0,025"	1,054 <sup>j</sup>	0,063	0,804 <sup>fg</sup>	0,023
	0,019" x 0,025"	1,186 <sup>k</sup>	0,037	0,989 <sup>gh</sup>	0,046
	0,021" x 0,025"	2,368 <sup>m</sup>	0,172	1,964 <sup>i</sup>	0,496
Clarity auto-ligável	0,017" x 0,025"	0,111 <sup>a</sup>	0,004	0,102 <sup>a</sup>	0,005
	0,019" x 0,025"	0,137 <sup>b</sup>	0,004	0,134 <sup>b</sup>	0,007
	0,021" x 0,025"	0,276 <sup>e</sup>	0,009	0,260 <sup>c</sup>	0,004
Damon auto-ligável	0,017" x 0,025"	0,145 <sup>b</sup>	0,003	0,131 <sup>b</sup>	0,015
	0,019" x 0,025"	0,176 <sup>c</sup>	0,011	0,144 <sup>b</sup>	0,016
	0,021" x 0,025"	0,277 <sup>e</sup>	0,012	0,262 <sup>c</sup>	0,008

Grupo de braquete e fio (coluna) com a mesma letra não possuem diferença estatisticamente significante entre si.

## **6. DISCUSSÃO**

## 6. DISCUSSÃO

O atrito que ocorre durante o movimento dentário pela mecânica de deslizamento, pode ser influenciado por diversos fatores como: composição do braquete e do fio, secção do fio, tipo de amarração, distância interbraquetes, força de retração aplicada, qualidade do acabamento da canaleta do braquete<sup>3,8,22,23,29,43</sup> e pressão do contato entre o arco e o braquete que ocorrem na canaleta do braquete<sup>36</sup>.

Além disso, a mecânica de deslizamento pode ser executada de duas maneiras, ou seja, deslizando-se o braquete pelo fio, como numa distalização de canino, ou deslizando o fio pelos braquetes como numa retração de dentes anteriores.

Nesta pesquisa simulou-se a mecânica de deslizamento para a retração do segmento anterior, onde fios retangulares de aço inoxidável de três secções 0,017"x 0,025", 0,019"x 0,025" e 0,021"x 0,025" deslizavam em ensaios de tração, sobre a canaleta de 4 tipos de braquetes convencionais (1 metálico e três estéticos) e 2 tipos de braquetes estéticos autoligados. Estes braquetes foram escolhidos pois há vários estudos avaliando o atrito em braquetes estéticos convencionais, de porcelana ou policarbonato em relação aos metálicos convencionais<sup>1,3,4,5,10,12,15,16,18,20,21,22,27,30,32,34,35,40</sup>. Contudo, com o surgimento dos braquetes autoligados, e a constatação de que o atrito é menor nestes braquetes de aço inoxidável em relação aos convencionais<sup>6,13,14,19,28,33,37,41,42,44</sup>, verificou-se a necessidade de novos estudos avaliando o comportamento dos braquetes autoligados estéticos em relação aos demais braquetes existentes no mercado, como o recente lançado, braquete estético Clarity autoligado, o que justifica a intenção desta pesquisa em melhor avaliá-lo.

### 6.1 METODOLOGIA

Diante da literatura revisada, verificamos não haver uma padronização para a mensuração do atrito entre braquetes e fios ortodônticos. Neste estudo utilizou-se um conjunto de dois braquetes colados sobre uma placa metálica, nos quais os fios de aço inoxidável eram tracionados por meio de uma máquina “Instron”. A máquina “Instron” foi escolhida devido a sua grande confiabilidade e precisão na mensuração do atrito, como corroborado em outros estudos<sup>1,5,12,13,15,18,19,29,33,34,37,38,44</sup>.

Cada segmento de fio foi utilizado uma única vez, para que se evitassem possíveis alterações na superfície retangular dos fios pelo contato com as extremidades da canaleta do braquete, e isto, pudesse alterar o resultado do atrito.

Nesta pesquisa, não foi realizado o erro do método, como em outros estudos semelhantes, visto que seria avaliada a precisão da máquina Instron, o que já é um dado conhecido na literatura. Para que fossem evitados erros na metodologia determinados pelo operador, foram construídos 5 corpos de prova para cada tipo de braquete testado.

Foram utilizados fios retangulares de aço inoxidável de três secções 0,017”x 0,025”, 0,019”x 0,025” e 0,021”x 0,025”. A sequência dos fios utilizados nos ensaios iniciou-se com o fio 0,017”x 0,025” seguido pelo fio 0,019”x 0,025” e finalizando com o fio 0,021”x 0,025” para que simulasse a fase de retração durante o tratamento ortodôntico quando realizado clinicamente. Não se utilizou fios de secção circular, já que o objetivo do presente estudo era avaliar o comportamento dos braquetes durante a fase em que o atrito interfere mais na mecânica ortodôntica, ou seja, na retração anterior. Devido a isto, não se justificaria o emprego de fios de secção redonda, não recomendado para a retração anterior<sup>20,21,27,29,39,40</sup>.

Em relação à metodologia dos artigos revisados na literatura, houveram algumas diferenças encontradas com relação ao número de braquetes envolvidos. A grande maioria dos autores revisados utilizou apenas um braquete para a realização do experimento<sup>2,4,5,7,10,11,12,13,15,18,20,21,22,27,29,30,33,34,35,37</sup>, alguns trabalhos utilizaram 2 braquetes<sup>3,9,16,32,40</sup>, três estudos empregaram 3 braquetes para realizar os testes<sup>26, 36,44</sup>, duas pesquisas utilizaram cinco braquetes<sup>1,13</sup>, outro utilizou 10 braquetes pré-alinhados com o auxílio de um fio 0,021” x 0,028”<sup>41</sup>, e um estudo utilizou 14 braquetes colados em um simulador de má oclusão (Typodont)<sup>19</sup>. Foram empregados no presente estudo somente dois braquetes para a avaliação do atrito, já que dois braquetes promovem condições adequadas para a simulação do

alinhamento e nivelamento entre dois dentes e possíveis inclinações que podem ocorrer durante o deslizamento do fio nos dentes posteriores na retração anterior, como corroborado pela maioria dos estudos sobre atrito<sup>3,9,16,32,40</sup>.

Os experimentos foram realizados com dois braquetes alinhados em zero grau e com os braquetes dispostos com uma diferença de três graus entre as suas canaletas. A angulação de três graus entre os braquetes foi utilizada para simular laboratorialmente a angulação máxima que pode ocorrer quando da retração dos dentes anteriores. Isto ocorre em decorrência de um movimento pendular, devido à diferença entre as dimensões do fio e da canaleta do braquete, além do posicionamento dos braquetes na coroa do dente, e desta forma fora do seu centro de resistência, gerando assim, um momento que tende a incliná-lo<sup>3</sup>, movimentando a coroa antes da raiz, provocando uma angulação entre o braquete e o fio, o que contribui para aumentar o atrito<sup>5</sup>.

Algumas diferenças de metodologias foram verificadas quanto à angulação encontrada entre fio e braquete na realização dos testes. Foram encontradas em outros estudos angulações de zero grau<sup>12,13,16,27,30,39,43</sup>, 1° e 3°<sup>29</sup>, 3° e 6°<sup>44</sup>, 5° e 10°<sup>33</sup>; e 5°, 10° e 15°<sup>12</sup>. A opção por se angular os braquetes em não mais que os 3°, pode ser justificada por, ao se perceber uma angulação igual ou superior a esta, o mais coerente seria interromper o movimento e utilizar recursos para produzir a verticalização do dente<sup>3</sup>, principalmente se considerarmos o emprego do fio 0,021" x 0,025". Após se ter atingido esse objetivo, deve-se reiniciar a retração.

Como observado em diversas pesquisas<sup>12,22,29,30,33,43,44</sup>, o aumento da angulação entre os braquetes aumenta também o atrito, e que se medidas fossem tomadas para se evitar o aumento da angulação entre os braquetes durante a fase de retração, haveria um aumento da efetividade do movimento, maior controle da ancoragem e diminuição dos prejuízos que seriam causados ao periodonto de sustentação. O aumento da angulação entre os braquetes durante a fase de retração, pode ser evitado utilizando fios de secção retangulares, empregando forças leves durante a movimentação, utilizando braquetes com dimensões adequadas, aguardando a neutralização dos torques antes de iniciar o deslizamento e dando uma atenção especial às unidades de ancoragem, principalmente, quando estão sendo empregadas combinações braquete/fio com alto atrito.

Outro fator que apresenta grande variabilidade neste tipo de estudo é a velocidade empregada para o tracionamento do fio durante os ensaios. A velocidade nos artigos revisados variou entre 0,5 mm/minuto<sup>19,44</sup>, 4 mm/minuto<sup>26</sup>, 5 mm/minuto<sup>12</sup>, 10 mm/minuto<sup>16,33,43</sup>, 12,7mm/minuto<sup>5,34</sup>, 15 mm/minuto<sup>13</sup>, 20 mm/minuto<sup>29</sup> a 23 mm/minuto<sup>27</sup>. A velocidade para o ensaio de tração dos fios desta pesquisa foi de 12,7 mm/minuto. A opção em se utilizar esta velocidade de 12,7 mm/minuto foi por considerar a metodologia similar a de outros pesquisadores<sup>5,34</sup>, que realizaram trabalhos semelhantes à este com a mesma velocidade de tração durante os ensaios.

A distância percorrida pelo fio durante os ensaios de tração variou de 6,0 mm<sup>44</sup> a 25,4 mm<sup>37</sup>. Nesta pesquisa, a distância de tração do fio sobre a canaleta dos braquetes pela máquina "Instron" foi de 8,0 mm, para simular a distância de um pré-molar nos casos com extrações devido ser a distância a ser percorrida durante o fechamento do espaço da extração de um pré-molar nos casos tratados com extrações.

Em relação ao ambiente de realização dos testes de atrito, a grande maioria das pesquisas foi realizada em ambiente seco<sup>4,5,12,13,33,37,39</sup>, outras em ambiente úmido<sup>34,38</sup>, e ainda outras tanto em ambiente seco como úmido<sup>15,18,22,43</sup>. Nas pesquisas realizadas em ambiente úmido<sup>15,22</sup> foram feitas considerações sobre a saliva aumentar ou diminuir o atrito. Verificou-se que houve divergência de opinião entre os autores, onde alguns autores relataram que a saliva diminuiu o atrito durante os testes<sup>15</sup> promovendo a lubrificação das superfícies de contato, em outra pesquisa agiu como agente oxidante da canaleta dos braquetes aumentando o atrito entre as superfícies<sup>22</sup>. KUSY et al.<sup>21</sup> e KUSY E SAUNDERS<sup>35</sup> afirmaram que a presença da saliva aumenta os níveis de fricção, quando utilizados fios de aço inoxidável, ao passo que, nos fios de titânio molibdênio, cromo cobalto e níquel titânio as diferenças entre os testes com e sem saliva não foram significativas. PRATTEN et al.<sup>32</sup> acrescentam que seus resultados contradizem a hipótese de a saliva funcionar como lubrificante. A diferença residiria na magnitude da carga empregada, ocorrendo com cargas pequenas o efeito lubrificante e, conseqüentemente, a redução do atrito. Porém na presença de grandes cargas, ocorreria o aumento do atrito, pois como o fio, durante o deslizamento, toca o braquete com uma pressão maior que em cargas leves, esta pressão expeliria a saliva desta região, aumentando o atrito. A opção em se realizar os testes em

ambiente seco justifica-se pelo maior número de estudos na literatura serem realizados em ambiente seco<sup>4,5,12,13,15,18,22,33,37,39,43</sup>, e que tratando-se de um estudo comparativo, este efeito seria “diluído”, onde os tipos diferentes de braquetes estariam nas mesmas condições.

## 6.2 COMPARAÇÃO DO ATRITO DOS BRAQUETES EM DIFERENTES FIOS SEM ANGULAÇÃO

Avaliando o atrito produzido entre a canaleta dos braquetes posicionados em zero grau com fios de aço inoxidável nas secções 0,017”x 0,025”, 0,019”x 0,025” e 0,021”x 0,025”, verificou-se que os menores índices de atrito foram obtidos nos braquetes autoligados, conforme ilustrado na Figura 6.1. Isto pode ser atribuído devido a estes tipos de braquetes não necessitarem de ligadura, que exercem uma pressão do fio sobre os braquetes, aumentando o atrito. No caso do braquete Damon, a canaleta do braquete é fechada com uma tampa e com grampos (clips) no braquete Clarity autoligado. Este fato foi corroborado por diversos autores<sup>13,14,26,28,33,37,38, 41,44</sup> que compararam o atrito de diferentes Braquetes convencionais e autoligados combinados a diferentes tipos de fios.

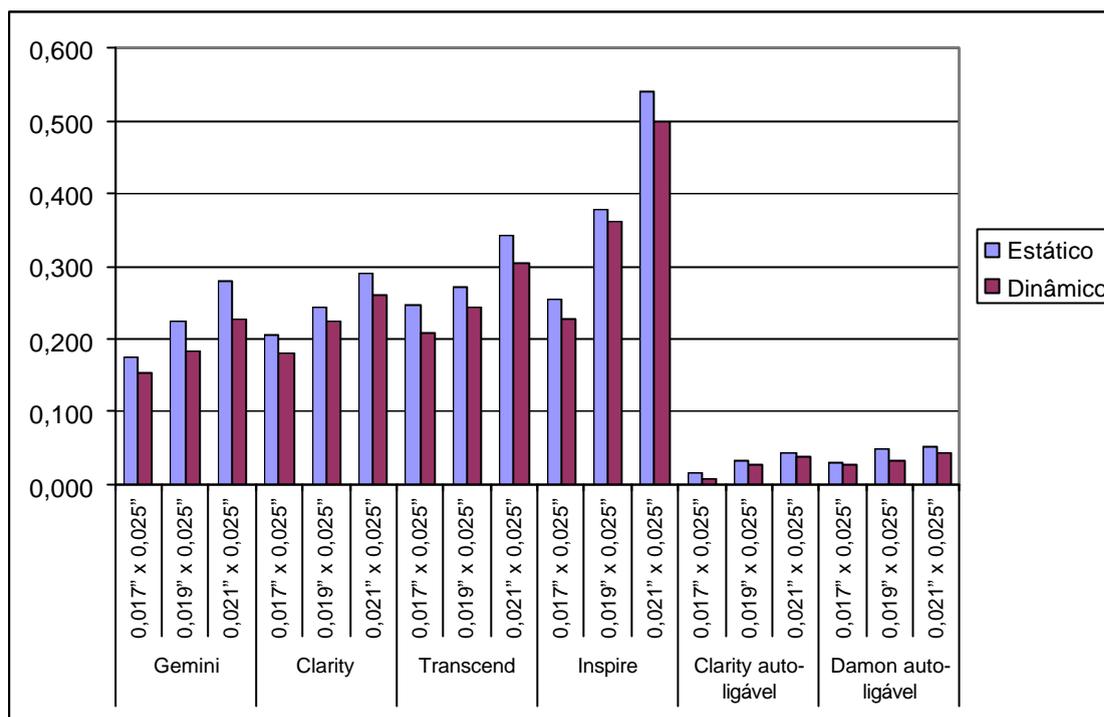


Figura 6.1 – Média dos atritos estático e dinâmico dos braquetes sem angulação.

Contudo, verificou-se um menor atrito dos braquetes Clarity autoligados em relação aos Damon (autoligados) nos fios 0,017"x 0,025" e 0,019"x0,025". Isto provavelmente ocorreu devido às diferenças na dimensão da canaleta destes braquetes, ou seja, o Damon (0,022" x 0,027") apresenta uma canaleta menor que o Clarity ( 0,022" x 0,028"), o que provavelmente aumenta o efeito de "binding". Porém, no arco 0,021"x0,025", os valores de atrito tornaram-se semelhantes estatisticamente, provavelmente devido ao preenchimento quase que completo da canaleta em ambos os braquetes, o que promoveu um "maior atrito" proporcionalmente aos demais fios para o braquete Clarity autoligado, levando à igualdade com o atrito observado no braquete Damon no fio 0,021"x0,025. Provavelmente isto ocorreu devido a uma maior pressão desenvolvida nos cliques do braquete Clarity autoligado em um fio calibroso como o 0,021" x 0,025" em relação ao sistema de fechamento ("abre e fecha") do Damon e ainda a constituição dos cliques do Clarity autoligado de níquel-titânio, que em contato com o fio 0,021x0,025" promoveria um maior preenchimento da canaleta levando a um maior atrito que o braquete Damon (em que o sistema abre-fecha é de aço inoxidável) o que veio a compensar a menor dimensão da canaleta do Damon, proporcionando atritos semelhantes estatisticamente no fio 0,021x0,025".

Quando comparados os braquetes convencionais metálico Gemini com o braquete cerâmico policristalino com canaleta metálica Clarity, não se observou diferenças estatisticamente significantes entre eles, devido à presença da canaleta metálica nos braquetes convencionais Clarity, tornando seu atrito muito semelhante ao apresentado pelos braquetes metálicos convencionais, fato corroborado por outros estudos<sup>4,8,10,12,15</sup>. Contudo, apesar de semelhantes estatisticamente, os valores médios encontrados para o braquete Gemini foram menores que para o Clarity convencional, o que pode ser explicado por duas possibilidades: 1- Composição do aço inoxidável na canaleta dos braquetes, onde o braquete Clarity apresenta o “aço 302” e o Gemini o “aço 303” característicos dos braquetes chamados de “monobloco”. O aço inox 303 apresenta na sua composição uma porcentagem maior de enxofre que quando combinado ao manganês que está presente em todos os tipos de aço inoxidável resulta no sulfeto de manganês que é um composto que melhora a capacidade de lubrificação dos materiais<sup>8</sup>. 2- Clarity convencional é formado pela união da canaleta metálica com o material estético, e o processo de fundição do metal à cerâmica pode influenciar de forma negativa o coeficiente de atrito do braquete, uma vez que a adaptação da canaleta à cerâmica do braquete pode não ser perfeita, gerando imperfeições entre os dois materiais<sup>8</sup>.

O braquete Transcend apresentou atrito semelhante estatisticamente ao braquete Clarity convencional (figura 6.1). Isto ocorreu devido a este tipo de ensaio onde os braquetes estão posicionados sem angulação entre si e a tração do fio foi feita em linha reta, minimizando os possíveis efeitos que poderiam aumentar o atrito entre as superfícies do fio com os braquetes.

No fio 0,019” x 0,025” e no 0,021”x0,025”, observou-se um atrito maior dos braquetes Inspire em relação ao Transcend, exceto para o fio 0,017”x0,025”. Este comportamento diferente devido ao calibre do fio pode ser justificado devido à quantidade de atrito ser bastante influenciada pelo preenchimento da canaleta ser maior nos fios 0,019”x0,025” e 0,021”x 0,025”, e pequenas distorções levam então a um maior efeito “binding” no sistema. Além disso, um maior atrito dos braquetes Inspire em relação ao Transcend já era esperado, visto que o braquete Transcend possui composição policristalina e o braquete Inspire monocristalina, possuindo coeficientes de atrito diferentes. Segundo TANNE et al.<sup>40</sup> os braquetes cerâmicos policristalinos apresentam menor atrito que os braquetes cerâmicos monocristalinos.

Com relação aos fios, deve-se considerar a influência de sua dimensão no atrito, durante o seu deslizamento sobre a canaleta do braquete. Os resultados demonstraram haver um aumento do atrito à medida que se aumentava a secção do fio (0,017"x 0,025", 0,019"x 0,025", 0,021"x 0,025"), o que corrobora com a pesquisa de diversos autores<sup>20,21,27,29,39,40</sup>.

### 6.3 COMPARAÇÃO DO ATRITO DOS BRAQUETES EM DIFERENTES FIOS COM ANGULAÇÃO ENTRE OS BRAQUETES

Os valores do atrito encontrados com os braquetes angulados em 3 graus foram mais altos que os encontrados com os braquetes em zero grau, como já evidenciado por diversos autores<sup>12,13,16,27,29,30,33,39,43</sup>. Os braquetes com angulação de 3 graus entre si, provocam um contato de maior intensidade do fio com o canto da canaleta dos braquetes, aumentando desta forma o efeito descrito por alguns autores<sup>4,21,27</sup> como "binding" e "notching". O "binding" consiste num aumento da resistência ao deslizamento, devido ao contato angular das paredes do braquete em relação ao fio. Há ainda um segundo efeito chamado de "notching", que seria um entalhe causado no fio pelo canto do braquete numa situação de inclinação exagerada, provocando um travamento no movimento do braquete. Deve-se considerar clinicamente estes dois efeitos "binding e notching" ao se optar pela retração com fios de maiores calibres na mecânica de deslizamento.

Pôde-se observar ainda que o atrito aumentou com o aumento da secção do fio 0,017" x 0,025" para o fio 0,019"x 0,025" e aumentou muito mais quando se utilizou o fio 0,021"x 0,025" (Figura 6.2). Estes dados corroboram com a pesquisa de diversos autores que relatam um aumento do atrito entre a superfície do fio e braquete à medida que se aumenta a dimensão do fio<sup>20,21,27,29,39,40</sup>, fato que pode também ser justificado pela diminuição do espaço existente entre o fio e as paredes internas dos braquetes.

Avaliando o atrito produzido entre a canaleta dos braquetes posicionados com angulação de 3 graus entre si, combinados com fios de aço inoxidável nas secções 0,017"x 0,025", 0,019"x 0,025" e 0,021"x 0,025", verificou-se que os menores índices de atrito foram obtidos nos braquetes autoligados, e o

braquete Clarity autoligado apresentou o menor atrito estatisticamente significativo que todos os demais braquetes analisados, exceto em relação ao braquete autoligado Damon no fio 0,021"x0,025", conforme ilustrado na figura 6.2. Os braquetes autoligados apresentaram menor atrito, devido ao método de ligação, que diminui os efeitos de "binding" e Notching. E no fio 0,021"x 0,025 o atrito dos braquetes autoligados foram semelhantes estatisticamente devido ao espaço existente entre o fio e os "clips" do braquete Clarity autoligado estar diminuído.

Com os braquetes angulados entre si pôde-se observar que o atrito teve diferença estatisticamente significativa para todos os braquetes avaliados, onde o menor atrito foi observado no braquete Clarity autoligado, Damon auto-ligável, Gemini, Clarity convencional, Transcend e Inspire.

Isto pode ser justificado devido a angulação de três graus ter uma influência maior na composição dos braquetes no atrito (coeficiente de atrito) já que houve uma diferença estatisticamente significativa entre os braquetes Inspire, Transcend, Clarity e Gemini em todos os fios avaliados avaliados.

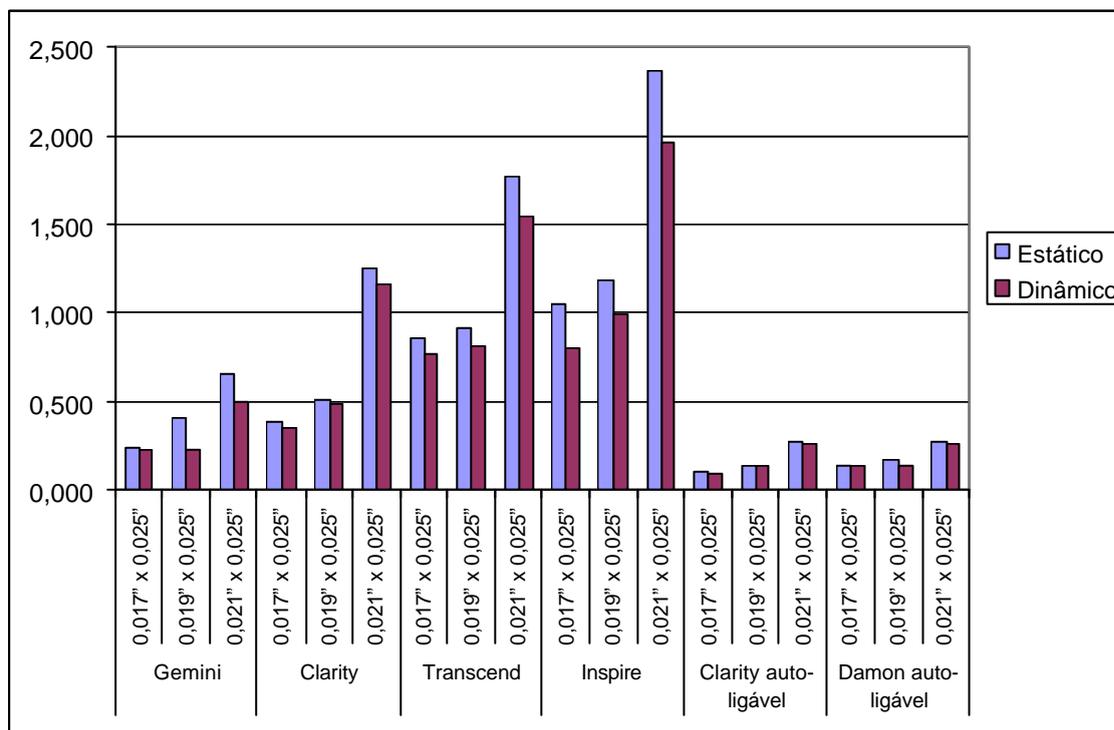


Figura 6.2 – Média dos atritos estático e dinâmico dos braquetes com angulação.

## 6.4 IMPLICAÇÕES CLÍNICAS DO ESTUDO

Com o aumento do número de pacientes adultos que procuram à terapia ortodôntica, o desenvolvimento de aparelhos que combinem técnica e estética são essenciais para esta finalidade<sup>1</sup>. O surgimento de braquetes estéticos aparece como a solução para os pacientes adultos que se incomodavam com a aparência anti-estética dos braquetes metálicos. Porém os braquetes estéticos são materiais que apresentam características que o ortodontista deve estar familiarizado.

Os braquetes estéticos podem apresentar composição de policarbonato, cerâmica policristalina e cerâmica monocristalina. Quando se tem como plano de tratamento ortodôntico mecânicas que envolvam grandes movimentos dentários, como no caso de fechamento de espaços nos casos de extrações, pode-se optar por braquetes cerâmicos policristalinos, visto que os braquetes cerâmicos policristalinos apresentam menor atrito que os monocristalinos<sup>40</sup>. Ainda pode-se optar por braquetes cerâmicos policristalinos que apresentam canaleta metálica para se minimizar o atrito durante a mecânica de deslizamento<sup>25</sup>.

Além disso, surgiram no mercado braquetes estéticos autoligados, que apresentam sistemas e mecanismos que dispensam a utilização de ligaduras para prender o fio à canaleta do braquete. Constatou-se por meio de diversos pesquisadores<sup>33,37,41,42,44</sup> que o atrito é menor nos braquetes metálicos autoligados quando comparados aos braquetes metálicos convencionais. Isto se deve ao fato de que a ligadura exerce uma pressão do fio sobre a canaleta do braquete convencional<sup>6,13,14,19,28,33,37,41,42,44</sup>.

Contudo, há poucos estudos avaliando os braquetes autoligados estéticos com relação ao atrito. No presente estudo, observou-se que o atrito produzido pelos braquetes autoligados é estatisticamente significativo que os braquetes convencionais. Atualmente existem no mercado braquetes autoligados estéticos que proporcionam mais baixo atrito que os braquetes estéticos convencionais, embora apresentem um custo financeiro ainda bastante elevado.

A opção em se utilizar braquetes estéticos autoligados cerâmicos pode estar indicada para casos que necessitem de correções acentuadas de nivelamento

e alinhamento, pois este tipo de braquete por apresentar um menor atrito tende a realizar esta fase inicial do tratamento em um menor tempo<sup>37</sup>.

Diante desta pesquisa podemos constatar que os braquetes autoligados oferecem menor atrito que os braquetes convencionais, o que pode ser um grande diferencial na escolha entre estes dois tipos de braquetes pelos ortodontistas.

## **7. CONCLUSÃO**

## 7. CONCLUSÃO

Segundo a metodologia empregada e de acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que:

- Tanto a angulação entre os braquetes, o diâmetro dos fios e a composição/tipo dos braquetes influenciaram o atrito;
- Os braquetes auto-ligáveis Clarity e Damon estéticos, produziram menor atrito estatisticamente significante que os braquetes convencionais Gemini, Clarity, Transcend e Inspire, tanto na angulação de zero grau quanto de três graus em todos os fios testados;
- Os braquetes auto-ligáveis Clarity demonstraram menor atrito que o Damon estético nas angulações zero e três graus, exceto no fio 0,021" x 0,025", em que ambos demonstraram um atrito semelhante;
- Na angulação de três graus, quando da comparação entre os braquetes convencionais, o braquete Gemini, apresentou o menor atrito estatisticamente significante, seguido pelos braquetes Clarity convencional, Transcend e Inspire, respectivamente.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; CAMPORESI, M. Forces in the presence of ceramic versus stainless steel brackets with unconventional vs conventional ligatures. **Angle Orthod**, v.78, n.1, p.120-124, jan. 2008.
2. BADAWI, M. H. et al. Torque expression of self-ligating brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.133, n.5, p.721-728, mai 2008.
3. BÁGGIO, P.E.; TELLES, C.S.; DOMICIANO, J.B. Avaliação do atrito produzido por braquetes cerâmicos e de aço inoxidável, quando combinados com fios de aço inoxidável. **Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v.12, n.1, p. 67-77, jan./fev. 2007.
4. BAZAKIDOU, E. et al. Evaluation of frictional resistance in esthetic brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.112, n.2, p. 138-44, ago. 1997.
5. BEDNAR, J. R.; GRUENDEMAN, G. W.; SANDRIK, J. L. A comparative study of frictional forces between orthodontic brackets and arch wires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.100, n.6, p.513-522, dez.1991.
6. BIRNIE, D. The damon passive self-ligating appliance system. **Seminars Orthod**. v.14, n.1, p.19-35, mar. 2008.
7. BORTOLY, T. G. et al. Sliding resistance with esthetic ligatures: Na in-vitro study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.133, n.340.e1-340.e7, mar. 2008.
8. BRAGA, C. P. et al. Avaliação do coeficiente de atrito de braquetes metálicos e estéticos com fios de aço inoxidável e beta-titânio. **Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v.9, n.6, p. 70-83, nov./dez. 2004.
9. BRAUN, S. et al. Friction in perspective. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.115, n.6, p. 610-627, jun. 1999.
10. CACCIAFFESTA, V. et al. Evaluation of friction of conventional and metalinsert ceramic brackets in various bracket-archwire combinations. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 124, n.4, p.403-9, out. 2003.
11. CAMPORESI, M.; BACCETTI, T.; FRANCHI, L. Forces released by esthetic preadjusted appliance with low-friction and conventional elastomeric ligatures. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.131, n 6, p. 772-75, jun 2007.

12. CHA, J. Y.; KIM, K. S.; HWANG, C. J. Friction of conventional and silica-insert ceramic brackets in various bracket-wire combinations. **Angle Orthod**, v.77, n.1, p.100-107, jan. 2007.
13. FRANCHI, L. et al. Forces released during sliding mechanics with passive self-ligating brackets or nonconventional elastomeric ligatures. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.133, n.1, p.87-90, jan. 2008.
14. HAIN, M.; DHOPATKAR, A.; ROCK, P. A comparison of different ligation methods on friction. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.130, n.5, p.666-70, nov. 2006.
15. HAIN, M.; DHOPATKAR, A.; ROCK, P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.123, n.4, p.416-22, abr. 2003.
16. IWASAKI, L. R. et al. Clinical ligation forces and intraoral friction during sliding on a stainless steel archwire. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.123, n.4, p.408-15, abr. 2003.
17. KARAMOUZOS, A.; ATHANASIOU, A.E.; PAPADOPOULOS, M. A. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: A comprehensive review. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.112, n.1, p.34-40, jul. 1997.
18. KEITH, O.; KUSY, R.P.; WHITLEY, J.Q. Zirconia brackets: An evaluation of morphology and coefficients of friction. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.106, n.6, p.605-614, dez. 1994.
19. KIM, T. K.; KIM, K. D.; BAEK, S. H. Comparison of frictional forces during the initial leveling stage in various combinations of self-ligating brackets and archwires with a custom-designed typodont system. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.133, n.2, p.187.e15-187.e24, feb. 2008.
20. KUSY, R. P.; WHITLEY, J.Q. Coefficients of friction for arch wires in stainless steel and polycrystalline alumina bracket slots. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.98, n.4, p.300-312, out.1990.
21. KUSY, R. P.; WHITLEY, J.Q.; PREWITT, M.J. Comparison of the frictional coefficients for selected archwire-bracket slot combinations in the dry and wet states. **Angle Orthod**, v.61, n.4, p.293-302, jun. 1991.

22. KUSY, R. P.; WHITLEY, J. Q. Frictional resistances of meta-lined ceramic brackets versus conventional stainless steel brackets and development of 3-D friction maps. **Angle Orthod**, v.71, n.5, p.364-374, 2001.
23. KUSY, R. P. Morphology of polycrystalline alumina brackets and its relationship to fracture toughness and strength. **Angle Orthod**, v.58, n.4, p.197-203, jul. 1988.
24. LEE, Y.; K. Colour and translucency of tooth-coloured orthodontic brackets. **Eur J Orthod**. v.30, n.2, p. 205-10, abr. 2008.
25. MALTAGLIATI, L. A et al. Braquetes estéticos – considerações clínicas. **Rev. Clin. Ortodon. Dental Press**, v. 5, n.3, p.75-81, jun./jul. 2006.
26. MATARESE, G. et al. Evaluation of frictional forces during dental alignment: An experimental model with 3 nonleveled brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.133, n.5, p.708-715, mai. 2008.
27. MICHELBERGER, D. J. et al. The friction and wear patterns of orthodontic brackets and archwires in the dry state. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.118, n.6, p. 662-74, dez. 2000.
28. MILES, P. G.; WEYANT, R. J.; RUSTVELD, L. A clinical trial of damon 2 vs conventional twin brackets during initial alignment. **Angle Orthod**, v.76, n.3, p.480-485, mai. 2006.
29. MOORE, M. M.; HARRINGTON, E.; ROCK, W. P. Factors affecting friction in the pré-adjusted appliance. **Eur J Orthod**. v.26, n.6, p. 579-83, dez. 2004.
30. NISHIO, C. et al. In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.125, n.1, p.56-64, Jan. 2004.
31. PALMER, F. Friction. **Sci Am.**; New York, v.184, p.55-58, 1951.
32. PRATTEN, D.H.; POPLI, K.; GERMANE, N.; GUNSOLLEY, J.C. Frictional resistane of ceramic and stainless steel orthodontic brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.98, n.5, p.398-403, nov.1990.
33. REDLICH, M. et al. In vitro study of frictional forces during sliding mechanics of “reduced friction”brackets, . **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.124, n.4, p218-222, dez. 2003.
34. REICHENEDER, C. A. et al. Frictional properties of aesthetic brackets. **Eur J Orthod**. v.29, n.4, p.359-65, ago. 2007.

35. SAUNDERS, C.R.; KUSY, R.P. Surface topography and frictional characteristics of ceramic brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.106, n.1, p.76-87, jul 1994.
36. SCHLEGEL, V. Relative friction minimization in fixed orthodontic bracket appliances. **J. Biomechanics**, v.29, n.4 p.483-91, abr. 1996.
37. SHIJAPUJA, P.B.; BERGER, J. A. A comparative study of conventional ligation and self-ligation bracket systems. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.106, n.5, p.472-80, nov.1994.
38. TABAKMAN, V. Evaluation of frictional resistance in resin self-ligating bracket, stainless steel self-ligating bracket and ceramic brackets. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.128, n.2, p.263-264, ago. 2005.
39. TANNE, K. et al. Frictional forces and surface topography of a new ceramic bracket. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 106, n.3, p.273-278, set. 1994.
40. TANNE, K et al. Wire friction from ceramic brackets during simulated canine retraction. **Angle Orthod**, v.61, n.4, p.285-290, 1991.
41. TECCO, S. et al. An in vitro investigation of the influence of self-ligating brackets, low friction ligatures, and archwire on frictional resistance. **Eur J Orthod**, v.29, n.4, p.390-397, ago. 2007.
42. TREVISI, H.; BERGSTRAND, F. The smartclip self-ligating appliance system. **Sem Orthod**. v.14, n.1, p.87-100, mar. 2008.
43. TSELEPIS, M.B.; BROCKHURST, P.; WEST, V.C. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.106, n.2, p.131-138, ago. 1994.
44. YEH, C.; L. et al. In vitro evaluation of frictional resistance between brackets with passive-ligation designs. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.131, n.6, p.704.e11-704.e22, jun. 2007.

**ANEXOS**

## ANEXOS

ANEXO A - Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Gemini (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,017”x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,1723	0,1512	0,2302	0,2173
2	0,1618	0,1471	0,2808	0,2318
3	0,1708	0,1494	0,2467	0,2170
4	0,1793	0,1602	0,2230	0,2193
5	0,1899	0,1670	0,2391	0,2378
média	0,1748	0,1550	0,2440	0,2246

ANEXO B – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete metálico Gemini (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,019” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,2234	0,1927	0,3881	0,2375
2	0,2264	0,1839	0,4038	0,2254
3	0,2187	0,1735	0,3999	0,2333
4	0,2275	0,1774	0,4085	0,2349
5	0,2248	0,1809	0,4150	0,2284
média	0,2242	0,1817	0,4030	0,2319

ANEXO C – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete metálico Gemini (Unitek -3M) com o fio de aço inoxidável 0,021” x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,3356	0,2907	0,6683	0,5241
2	0,2549	0,2228	0,6587	0,5160
3	0,3042	0,2620	0,6565	0,5206
4	0,2519	0,1813	0,6224	0,4869
5	0,2530	0,1697	0,6723	0,4686
média	0,2799	0,2253	0,6556	0,5032

ANEXO D – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Clarity (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,017” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,2031	0,1791	0,3717	0,3319
2	0,2059	0,1789	0,3905	0,3353
3	0,2099	0,1801	0,3791	0,3659
4	0,2038	0,1785	0,3998	0,3394
5	0,2081	0,1818	0,4123	0,3895
média	<b>0,2061</b>	<b>0,1797</b>	<b>0,3907</b>	<b>0,3524</b>

ANEXO E – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Clarity (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,019” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,2381	0,2175	0,5612	0,5293
2	0,2338	0,2254	0,5007	0,4847
3	0,2199	0,2133	0,5291	0,5283
4	0,2585	0,2349	0,5031	0,4941
5	0,2650	0,2284	0,4931	0,4071
média	<b>0,2430</b>	<b>0,2239</b>	<b>0,5174</b>	<b>0,4887</b>

ANEXO F – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Clarity (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,021” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,3071	0,2885	1,2953	1,2262
2	0,3042	0,2613	1,2701	1,1624
3	0,2770	0,2520	1,1907	0,9858
4	0,2884	0,2501	1,2859	1,2658
5	0,2781	0,2484	1,2432	1,1714
média	<b>0,2898</b>	<b>0,2601</b>	<b>1,2570</b>	<b>1,1623</b>

ANEXO G – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Transcend com o fio de aço inoxidável 0,017” x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,2474	0,2206	0,9205	0,7990
2	0,2400	0,1723	0,8489	0,7709
3	0,2481	0,1974	0,8983	0,7917
4	0,2475	0,2058	0,7482	0,7455
5	0,2556	0,22494	0,8526	0,7963
média	<b>0,2474</b>	<b>0,2091</b>	<b>0,8537</b>	<b>0,7807</b>

ANEXO H – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Transcend com o fio de aço inoxidável 0,019” x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,2549	0,2182	0,9500	0,7824
2	0,2451	0,2200	0,8634	0,7999
3	0,2915	0,2554	0,9847	0,8940
4	0,2870	0,2614	0,8762	0,7862
5	0,2853	0,2613	0,9203	0,7894
média	<b>0,2728</b>	<b>0,2433</b>	<b>0,9189</b>	<b>0,8104</b>

ANEXO I – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Transcend com o fio de aço inoxidável 0,021” x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,3542	0,2835	1,8862	1,6397
2	0,2958	0,2759	1,6811	1,4987
3	0,3691	0,3292	1,7493	1,5285
4	0,3192	0,2959	1,8609	1,6345
5	0,3192	0,2959	1,6558	1,3938
média	<b>0,3407</b>	<b>0,3045</b>	<b>1,7667</b>	<b>1,5390</b>

ANEXO J – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Inspire (Ormco) com o fio de aço inoxidável 0,017” x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,2757	0,2148	1,0813	0,8058
2	0,2249	0,2235	1,0636	0,8030
3	0,2542	0,2321	0,9746	0,7712
4	0,2442	0,2315	1,1383	0,8365
5	0,2704	0,2428	1,0137	0,8037
média	<b>0,2539</b>	<b>0,2289</b>	<b>1,0543</b>	<b>0,8041</b>

ANEXO K – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Inspire (Ormco) com o fio de aço inoxidável 0,019” x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,3632	0,3423	1,1903	1,0285
2	0,3656	0,3512	1,2346	0,9213
3	0,3694	0,3611	1,1683	1,0135
4	0,3911	0,3750	1,1995	1,0216
5	0,3997	0,3757	1,1361	0,9615
média	<b>0,3778</b>	<b>0,3610</b>	<b>1,1858</b>	<b>0,9893</b>

ANEXO L – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Inspire (Ormco) com o fio de aço inoxidável 0,021” x 0,025”.

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,5047	0,4579	2,1478	1,1333
2	0,5275	0,4775	2,2384	1,9396
3	0,5310	0,4968	2,5195	2,4215
4	0,5549	0,5097	2,3933	2,1199
5	0,5885	0,5524	2,5409	2,2060
média	<b>0,5413</b>	<b>0,4989</b>	<b>2,3680</b>	<b>1,9641</b>

ANEXO M– Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Clarity Auto-ligável (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,017” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,0140	0,0077	0,1047	0,0950
2	0,0105	0,0063	0,1098	0,0998
3	0,0126	0,0077	0,1122	0,1094
4	0,0185	0,0050	0,1136	0,1051
5	0,0207	0,0079	0,1138	0,1019
média	<b>0,0152</b>	<b>0,0069</b>	<b>0,1108</b>	<b>0,1023</b>

ANEXO N – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Clarity Auto-ligável (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,019” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,0309	0,0285	0,1330	0,1225
2	0,0286	0,0208	0,1393	0,1372
3	0,0226	0,0201	0,1328	0,1312
4	0,0365	0,0345	0,1411	0,1396
5	0,0462	0,0388	0,1408	0,1377
média	<b>0,0330</b>	<b>0,0285</b>	<b>0,1374</b>	<b>0,1336</b>

ANEXO O – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Clarity Auto-ligável (Unitek – 3M) com o fio de aço inoxidável 0,021” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,0435	0,0396	0,2691	0,2614
2	0,0416	0,0382	0,2895	0,2623
3	0,0402	0,0386	0,2805	0,2525
4	0,0473	0,0388	0,2735	0,2611
5	0,0426	0,0390	0,2687	0,2630
média	<b>0,0430</b>	<b>0,0388</b>	<b>0,2763</b>	<b>0,2600</b>

ANEXO P – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Damon Auto-ligável (Ormco) com o fio de aço inoxidável 0,017” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,0365	0,0339	0,1504	0,1506
2	0,0268	0,0209	0,1450	0,1419
3	0,0295	0,0339	0,1430	0,1290
4	0,0295	0,0253	0,1436	0,1208
5	0,0348	0,0255	0,1430	0,1124
média	<b>0,0314</b>	<b>0,0279</b>	<b>0,1450</b>	<b>0,1309</b>

ANEXO Q – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Damon Auto-ligável (Ormco) com o fio de aço inoxidável 0,019” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,0451	0,0341	0,1854	0,1415
2	0,0510	0,0348	0,1695	0,1690
3	0,0483	0,0336	0,1780	0,1436
4	0,0417	0,0349	0,1862	0,1384
5	0,0536	0,0310	0,1607	0,1266
média	<b>0,0479</b>	<b>0,0337</b>	<b>0,1759</b>	<b>0,1438</b>

ANEXO R – Valores do Atrito Estático e Cinético (kgf) do braquete Damon Auto-ligável (Ormco) com o fio de aço inoxidável 0,021” x 0,025”

Repetição	Sem Angulação		Com Angulação	
	Estático	Dinâmico	Estático	Dinâmico
1	0,0545	0,0473	0,2694	0,2502
2	0,0553	0,0491	0,2895	0,2731
3	0,0507	0,0437	0,2890	0,2642
4	0,0503	0,0412	0,2681	0,2606
5	0,0548	0,0409	0,2669	0,2630
média	<b>0,0531</b>	<b>0,0445</b>	<b>0,2766</b>	<b>0,2622</b>

**APÊNDICES**

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 1 de 11

1. CONTRATANTE: INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO - LACTEC  
Rodovia BR 116, km 98, S/N° - Curitiba - PR

2. SOLICITANTE: O mesmo

Local da Calibração: Laboratório de Ensaios Mecânicos - Departamento de Materiais do Contratante

### 3. MÁQUINA DE ENSAIO DE MATERIAIS CALIBRADA (SMC):

#### 3.1 Gerador de Força

N° Série (fabricante): H1960

N° Identificação (solic.): 01390

Tipo de Carregamento: Tração e Compressão

Item	Descrição	Unidade	Valor	Limite Inferior	Limite Superior
1	Força	N	1000	990	1010
2	Força	N	2000	1980	2020
3	Força	N	5000	4950	5050
4	Força	N	10000	9900	10100
5	Força	N	20000	19800	20200
6	Força	N	50000	49500	50500
7	Força	N	100000	99000	101000
8	Força	N	200000	198000	202000
9	Força	N	500000	495000	505000
10	Força	N	1000000	990000	1010000

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 2 de 11

#### 4. SÍNTESE DESTA CALIBRAÇÃO:

A máquina de ensaios de materiais calibrada satisfaz as tolerâncias da norma NM-ISO 7500-1, conforme classificação abaixo.

Faixa de Medição	Classificação - COMPRESSÃO			
	Classe 0,5	Classe 1	Classe 2	Classe 3
0 a 10 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa
0 a 100 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa
0 a 500 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa
0 a 3000 kgf	A partir de 600 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa

Faixa de Medição	Classificação - TRAÇÃO			
	Classe 0,5	Classe 1	Classe 2	Classe 3
0 a 10 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa
0 a 100 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa
0 a 500 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa
0 a 3000 kgf	A partir de 600 kgf	Toda a faixa	Toda a faixa	Toda a faixa

#### 5. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO:

PC-141

Os transdutores de força foram montados centrados em relação ao eixo de aplicação de força do SMC, simulando a condição normal de trabalho da mesma, sendo os valores de força pré-estabelecidos referenciados pelo SMC, realizando-se as leituras no indicador do SMP.

Este certificado resulta nos requisitos de certificação pelo Comitê Brasileiro de Metrologia, que emite e controla os procedimentos de aceitação e conformidade aos padrões nacionais de medida. A Certificação é emitida de acordo com o Regulamento Técnico de Metrologia, elaborado pelo Comitê Brasileiro de Metrologia, e do Modelo Nacional de Reconhecimento mútuo com a EA - European Conformity Assessment. Os requisitos estabelecidos no regulamento técnico, a CERTI assegura a reprodução desta certificação, desde que qualquer cópia sempre mencione sua origem original. O órgão de notificação, quando solicitado, não faz parte do campo de validação da certificação.

Fundação Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras - CERTI

Campus da Universidade Federal de  
Santa Catarina - UFSC

Setor C  
CEP: 88040-070  
Florianópolis - SC  
Caixa Postal 5053

Tel.: +48 3239 2121  
Fax: +48 3239 2119  
metrologia@certi.org.br  
www.certi.org.br

Fundação CERTI  
CNPJ 78.636.363/0001-24  
Insc. Est. 281.378.241  
Insc. Mun. 58.111-5

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 3 de 11

## 6. PADRÃO UTILIZADO (SMP):

### 6.1 Dinamômetro Eletrônico

Nº Registro (CERTI): RC 3033/RC 2014

U :  $\pm 0,004$  N - Tração e Compressão

Rastreabilidade: Certificados de Calibração  
CETEC 120580 de 28/01/08 e 120579 de 25/01/08,  
válidos até 01/10.

### 6.2 Dinamômetro Eletrônico

Nº Registro (CERTI): RC 3034/RC 2014

U :  $\pm 0,01$  N - Tração e Compressão

Rastreabilidade: Certificado de Calibração CETEC 120582 e  
120581, de 04/01/08, válido até 01/10.

### 6.3 Dinamômetro Eletrônico

Nº Registro (CERTI): RC 2018/RC 2014

U :  $\pm 0,4$  N - Tração

$\pm 1,0$  N - Compressão

Rastreabilidade: Certificado de Calibração CETEC 120586 e Rastreabilidade: Certificado de Calibração CETEC 120587 de  
120585, de 29/01/08 válido até 01/10.

### 6.4 Dinamômetro Eletrônico

Nº Registro (CERTI): RL 0130/RC 2014

U :  $\pm 4$  N - Tração

$\pm 6$  N - Compressão

Rastreabilidade: Certificado de Calibração CETEC 120587 de  
09/01/08 e 120588 de 11/01/08, válido até 01/10.

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 4 de 11

## 8. RESULTADOS:

8.1 Faixa de Medição : 0 a 10 kgf - Sentido : Compressão

TABELA DE RESULTADOS							
Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no SMP [ kgf ]				
1	9,81	1,000	0,999	-0,001	0,001	2,04	68
2	19,61	2,000	2,001	0,001	0,007	4,53	2
3	29,42	3,000	3,002	0,002	0,015	4,53	2
4	39,23	4,000	4,000	0,000	0,008	4,53	2
5	49,0	5,00	5,00	0,00	0,01	2,00	Infinito
6	58,8	6,00	6,00	0,00	0,01	2,04	68

Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras - CERTI

Campus da Universidade Federal de  
Santa Catarina - UFSC

Sector C  
CEP: 88040-070  
Florianópolis - SC  
Caixa Postal 5053

Tel.: +48 3239 2121  
Fax: +48 3239 2119  
metrologia@certi.org.br  
www.certi.org.br

Fundação CERTI  
CNPJ 76.626.563/0001-24  
Insc. Est. 291.978.241  
Insc. Mun. 80.111-5

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 5 de 11

8.2 Faixa de Medição : 0 a 10 kgf - Sentido : Tração

TABELA DE RESULTADOS

Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no SMP [ kgf ]	[ kgf ]	± [ kgf ]	Abrang. k	Liberdade $v_{eff}$
1	9,81	1,000	1,001	0,001	0,001	2,08	32
2	19,61	2,000	2,001	0,001	0,002	2,16	17
3	29,42	3,000	3,002	0,002	0,001	2,01	394
4	39,23	4,000	4,002	0,002	0,002	2,43	7
5	49,0	5,00	5,00	0,00	0,01	2,01	218
6	58,8	6,00	6,00	0,00	0,01	2,00	Infinito
7	68,6	7,00	7,00	0,00	0,01	2,00	Infinito
8	78,5	8,00	8,00	0,00	0,01	2,00	Infinito
9	88,3	9,00	9,01	0,01	0,01	2,00	500

Laboratório de Força, Pressão e Massa - Fundação CERTI  
 Rua ... nº ... - ...  
 CEP: ... - ...  
 Fone: (011) ... - ...  
 E-mail: ...@certi.org.br

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 6 de 11

8.3 Faixa de Medição : 0 a 100 kgf - Sentido : Compressão

TABELA DE RESULTADOS							
Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no SMP [ kgf ]	[ kgf ]	± [ kgf ]	Abrang. k	Liberdade V <sub>eff</sub>
1	98,1	10,00	9,98	-0,02	0,02	2,65	5
2	196,1	20,00	19,95	-0,05	0,01	2,01	259
3	294,2	30,00	29,92	-0,08	0,01	2,09	30
4	392,3	40,00	39,90	-0,10	0,02	2,52	6
5	490	50,0	49,8	-0,2	0,1	2,00	637
6	588	60,0	59,8	-0,2	0,1	2,00	635
7	686	70,0	69,8	-0,2	0,1	2,01	455
8	785	80,0	79,8	-0,2	0,1	2,00	783
9	883	90,0	89,8	-0,2	0,1	2,00	Infinito

Laboratório de Força, Pressão e Massa - Rede Brasileira de Calibração  
 Rua... nº...  
 Fone: (11) 3011-1119  
 Fax: (11) 3011-1118  
 E-mail: info@certi.org.br  
 www.certi.org.br

Fundação CERTI  
 CNPJ nº 06.958.200/0001-90  
 Inscrição Estadual nº 131.173.100-0  
 Insc. Munic. nº 09.111.920

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 7 de 11

8.4 Faixa de Medição : 0 a 100 kgf - Sentido : Tração

TABELA DE RESULTADOS							
Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no SMP [ kgf ]	[ kgf ]	± [ kgf ]	Abrang. k	Liberdade V <sub>eff</sub>
1	98,1	10,00	10,0	-0,02	0,02	2,65	5
2	196,1	20,00	20,0	-0,03	0,03	3,31	3
3	294,2	30,00	30,0	-0,04	0,03	3,31	3
4	392,3	40,00	39,9	-0,06	0,02	2,65	5
5	490	50,0	49,9	-0,1	0,1	2,00	Infinito
6	588	60,0	59,9	-0,1	0,1	2,00	Infinito
7	686	70,0	69,9	-0,1	0,1	2,01	168
8	785	80,0	79,9	-0,1	0,1	2,04	66

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 8 de 11

8.5 Faixa de Medição : 0 a 500 kgf - Sentido : Compressão

TABELA DE RESULTADOS							
Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no				
				[ kgf ]	± [ kgf ]	k	V <sub>eff</sub>
1	490	50,0	49,9	-0,1	0,3	2,04	64
2	981	100,0	99,7	-0,3	0,3	2,04	64
3	1471	150,0	149,4	-0,6	0,3	2,04	64
4	1961	200,0	199,2	-0,8	0,3	2,18	15
5	2452	250	249	-1	1	2,01	240
6	2942	300	299	-1	1	2,01	384
7	3432	350	349	-1	1	2,00	Infinito
8	3923	400	399	-1	1	2,00	Infinito
9	4413	450	449	-1	1	2,00	Infinito

TABELA DE RESULTADOS						
Pontos	Indicações no SMC		Err. de	Err. de	Repetição	Err. relativo
	[ N ]	[ kgf ]	Existência	Repetitiv.		
			q [ % ]	s [ % ]	a [ % ]	t0 [ % ]
1	490	50,0	0,2	0,2	0,30	0,04
2	981	100,0	0,3	0,1	0,10	0,04
3	1471	150,0	0,4	0,1	0,07	0,04
4	1961	200,0	0,4	0,1	0,06	0,04
5	2452	250	0,4	0,1	0,04	0,04
6	2942	300	0,3	0,1	0,03	0,04
7	3432	350	0,3	0,0	0,03	0,04
8	3923	400	0,3	0,0	0,03	0,04
9	4413	450	0,2	0,0	0,02	0,04

Este certificado foi emitido em conformidade com o Regulamento da Comissão Nacional de Metrologia, a Portaria de Acreditação e o Regulamento de Metrologia. A Fundação CERTI é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo de Resultados de Calibração, assinado pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) e pelo Laboratório de Calibração da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Este certificado não garante a validade dos resultados de calibração em qualquer outro laboratório de calibração que não seja o laboratório de origem. Este certificado não garante a validade dos resultados de calibração em qualquer outro laboratório de calibração que não seja o laboratório de origem.

Fundação Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras - CERTI

Campus da Universidade Federal de  
Santa Catarina - UFSC

Sala C  
CEP: 84049-978  
Florianópolis - SC  
Caixa Postal 6663

Tel.: +55 3239 2121  
Fax: +55 3239 2119  
metrologia@certi.org.br  
www.certi.org.br

Fundação CERTI  
CNPJ 72.826.383/0001-24  
Insc. Est. 251.378.241  
Insc. Mun. 80.111-5

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 9 de 11

8.6 Faixa de Medição : 0 a 500 kgf - Sentido : Tração

TABELA DE RESULTADOS

Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no SMP [ kgf ]	[ kgf ]	± [ kgf ]	Abrang. k	Liberdade v <sub>eff</sub>
1	490	50,0	50,0	0,0	0,1	2,04	66
2	981	100,0	100,0	0,0	0,1	2,09	28
3	1471	150,0	150,0	0,0	0,2	2,16	17
4	1961	200,0	199,9	-0,1	0,2	2,04	71
5	2452	250	250	0	1	2,00	Infinito
6	2942	300	300	0	1	2,00	Infinito
7	3432	350	350	0	1	2,00	763

Laboratório de Força, Pressão e Massa - Rede Brasileira de Calibração  
 Rua... 1234 - 56789 - 01234-567  
 Fone: (11) 3456-7890 - Fax: (11) 9876-5432  
 E-mail: cert@certi.org.br - www.certi.org.br

# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

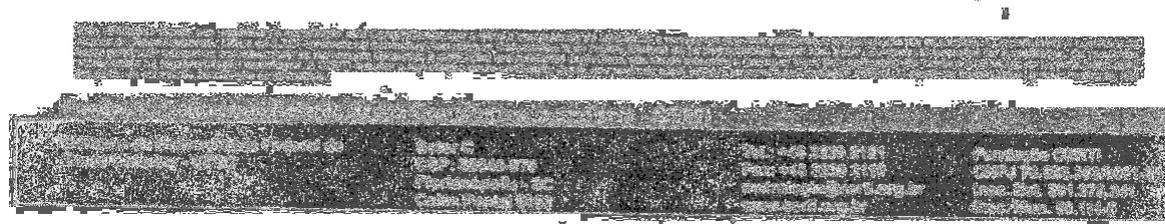
n. 4475/08

Página: 10 de 11

8.7 Faixa de Medição : 0 a 3000 kgf - Sentido : Compressão

TABELA DE RESULTADOS

Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no SMP [ kgf ]	[ kgf ]	± [ kgf ]	Abrang. k	Liberdade v <sub>eff</sub>
1	2942	300	300	0	1	2,01	288
2	5884	600	599	-1	1	2,05	47
3	8826	900	899	-1	1	2,01	320
4	11768	1200	1199	-1	1	2,04	71
5	14710	1500	1499	-1	2	2,32	9
6	17652	1800	1798	-2	1	2,06	45
7	17652	1800	1798	-2	2	2,03	78



# Certificado de Calibração

Data da Calibração: 22/09/08

Data da Emissão: 06/10/08

n. 4475/08

Página: 11 de 11

8.8 Faixa de Medição : 0 a 3000 kgf - Sentido : Tração

TABELA DE RESULTADOS

Pontos	Indicações no SMC		Média das	Correção	U	Fator de	Graus de
	[ N ]	[ kgf ]	Indic. no SMP [ kgf ]	[ kgf ]	± [ kgf ]	Abrang. k	Liberdade V <sub>eff</sub>
1	2942	300	300	0	1	2,01	275
2	5884	600	600	0	1	2,02	108
3	8826	900	900	0	1	2,03	98
4	11768	1200	1198	-2	8	4,53	2
5	14710	1500	1500	0	1	2,02	143
6	17652	1800	1801	1	1	2,01	408
7	17652	1800	1800	0	2	2,03	85
8	20594	2100	2100	0	2	2,06	46
9	23536	2400	2400	0	2	2,04	69
10	26478	2700	2700	0	2	2,04	60

Nome do Cliente: \_\_\_\_\_  
 Endereço: \_\_\_\_\_  
 Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_  
 CEP: \_\_\_\_\_  
 Telefone: \_\_\_\_\_  
 E-mail: \_\_\_\_\_  
 Data de Emissão: 06/10/08  
 Data de Validade: 06/10/09  
 Nome do Calibrador: \_\_\_\_\_  
 Assinatura: \_\_\_\_\_  
 Nome do Responsável Técnico: \_\_\_\_\_  
 Assinatura: \_\_\_\_\_  
 Nome do Representante Legal: \_\_\_\_\_  
 Assinatura: \_\_\_\_\_

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)