

**Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico**

Elisângela Grande Guiotti

**Avaliação da influência do tratamento térmico na força gerada em alça Bull modificada e na manutenção do contorno do arco.**

CURITIBA  
2016

Elisângela Grande Guiotti

Avaliação da influência do tratamento térmico na força gerada em alça Bull modificada e na manutenção do contorno do arco.

Dissertação apresentada ao  
Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico,  
como parte dos requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Odontologia  
área de concentração em Ortodontia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ricarda Duarte da Silva.

CURITIBA  
2016

Grande, Elisângela Guiotti

864a Avaliação da estabilidade do contorno de arco e da  
configuração de alça construídos com aço inoxidável. Curitiba, 2016.

75f. : il. ; 31cm

Dissertação (mestrado) – Instituto Latino Americano de Pesquisa e  
Ensino Odontológico – Programa de Pós - Graduação em Odontologia -  
Área de Concentração: Ortodontia. Curitiba, 2016

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ricarda Duarte da Silva.

Bibliografia

1. Tratamento Térmico. 2. Força. 3. Forma de Arco. I. Título

Elisângela Grande Guiotti

Avaliação da influência do tratamento térmico na força gerada em alça Bull modificada e na manutenção do contorno do arco.

Presidente da banca (Orientadora): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ricarda Duarte da Silva

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Roberto Hideo Shimizu

Prof. Dr. Marcos André Duarte da Silva

Aprovada em: 29/01/2016

## **Dedicatória**

Aos meus pais, razão pela qual continuo adiante.

## **Agradecimentos**

A Deus que está sempre a minha frente e a Nossa Senhora das Graças minha intercessora.

Ao Coronel Sérgio Martins que não só permitiu liberação para realização deste curso como também foi um incentivador assim como sua esposa Andrea Martins. Ao Coronel Rangel que permitiu que continuasse e concluísse o curso. Sem estas pessoas não teria sido possível empreender esta jornada.

A minha querida amiga Cíntia que me acolheu em sua residência durante estes dois anos e compartilhou grande parte das angústias na preparação de seminários.

Aos colegas de turma e de outras áreas que sempre se dispuseram em ajudar tanto pessoalmente quanto academicamente.

A toda equipe do ILAPEO que por seu trabalho responsável possibilitou um melhor aprendizado, seja pelas salas limpas, pelo agendamento das salas, pela separação dos prontuários, pela confirmação ou agendamento de pacientes, pelo café, pelo auxílio na clínica e no processamento das radiografias.

A equipe da biblioteca, Luciana Cunha e Tânia Mazon, que SEMPRE solicitamente não só sanaram minhas dúvidas como se empenharam em conseguir artigos para confecção desta dissertação. Sem elas seria impossível a realização deste trabalho.

A empresa TP Orthodontics que disponibilizou alguns dados que integram este trabalho.

A toda equipe de professores não só da área de ortodontia como também da implantodontia tanto da instituição como professores convidados que contribuíram para o progresso da minha curva de aprendizado.

Ao Dr. Prof. Carlos Augusto Henning Laurindo que concedeu parte de seu escasso tempo e disponibilizou acesso ao laboratório de mecânica da Pontifícia Universidade Católica para a realização dos ensaios mecânicos desta pesquisa, um agradecimento especial. Igual agradecimento ao estagiário do referido laboratório Jorge Lucas Krenchiglova, no auxílio na operação da máquina de ensaio.

De forma especial, a Dr<sup>a</sup> Prof<sup>a</sup> Ricarda Duarte da Silva, minha orientadora, por suas diretrizes, paciência e disponibilidade na condução deste trabalho desde a sua concepção.

## Sumário

Listas

Resumo

1. Introdução.....	13
2. Revisão de Literatura.....	15
3. Proposição.....	36
4. Materiais e Métodos.....	37
5. Artigo Científico.....	44
6. Referências.....	66
7. Apêndice.....	69
8. Anexo.....	72

## Lista de Figuras

Figura 1 – Máquina de solda Kernit com dispositivo para passagem de corrente elétrica.....	37
Figura 2 – Apreensão da alça Bull modificada por prensa na máquina de ensaio EMIC.....	39
Figura 3 – <i>Template accuform</i> indicando o diagrama selecionado para a pesquisa bem como as linhas de referência.....	40
Figura 4 – Apreensão da parábola por prensa da máquina de ensaio EMIC para receber deformação.....	42

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1- Avaliação da associação dos fatores dimensão do arco, tipo de construção do arco e tratamento térmico com a deformação.....	68
Tabela 2- Comparação dos tratamentos térmicos dentro do tipo de construção manual (sem considerar a dimensão do arco).....	69
Tabela 3- Comparação dos tratamentos térmicos dentro do tipo de construção pré-contornado (sem considerar a dimensão).....	70

## **Lista de Quadros**

Quadro 1- Estudo prévio para seleção da potência a ser utilizado no estudo laboratorial.....	38
Quadro 2- Distribuição dos grupos de estudo quanto à sua secção transversal, tipo de construção e tempo de revenido.....	41

## **Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos**

A- amper.

AISI- *American Iron and Steel Institute* (Instituto Americano de ferro e aço).

cN- centínewton.

Co-Cr-Ni- cobre-cromo-níquel.

dpi- *dots per inch* (pontos por polegada).

gf- grama-força.

M/F- momento/força.

min- minuto.

mm- milímetro.

N- Newton.

NiTi- níquel-titânio.

°C- graus Celcius.

°F- graus Fahrenheit.

seg- segundo.

TMA- *Titanium Molybdenum Alloy* (liga titânio mobilidênio).

## **Resumo**

Esta pesquisa é um estudo laboratorial com objetivo de determinar a magnitude de força gerada e a manutenção da forma do arco em fios de aço inoxidável do tipo austenítico de secção transversal 0.019" x 0.025" e 0.020" da marca *TP Orthodontics* antes e após revenido por passagem de corrente elétrica. Para avaliação da magnitude de força gerada a amostra consistiu de 24 alças Bull e para a manutenção da forma do arco a amostra consistiu de 60 arcos contornados em parábolas. Os resultados obtidos não mostraram uma influência significativa do tratamento térmico na magnitude da força gerada por alça Bull modificada ativada 1mm, mas mostraram menor deformação na forma dos arcos revenidos por 30seg. O ensaio laboratorial permite concluir que a magnitude de força gerada por alças Bull ativada 1mm não sofre influência significativa do revenido e que os arcos revenidos por 30 segundos mantem mais a sua forma.

Palavras-chave: Tratamento Térmico; Resistência à Tração; Ortodontia.

## **Abstract**

This research is a laboratory study to determine the magnitude of force generated and maintenance of arch form in stainless steel wire of austenitic type of cross-section 0.019 "x 0.025" and 0.020" TP Orthodontic brand before and after tempering by passing electric current. To evaluate the magnitude of the generated force sample consisted of 24 handles Bull and to the maintenance of arch form the sample consisted of 60 arches outlined in parables. The results showed no significant influence of tempering the magnitude of the force generated by modified Bull handle activated 1mm, but showed less deformation in the form of arches tempered by 30sec. The laboratory test shows that the magnitude of force generated by activated 1mm Bull handles suffers no significant influence of quenched and tempered by the arches 30 seconds keeps its shape longer.

key words: Thermic Treatment; Tensile Strength; Orthodontics.

## 1. Introdução

O aço é uma liga ferrosa passível de deformação plástica que em geral apresenta teor de carbono entre 0,008% e 2,0% na sua forma combinada e/ou dissolvida e que pode conter elementos de liga adicionais ou residuais<sup>5</sup>. Já o aço inoxidável é uma liga a base de ferro com cromo e níquel, como principais elementos de liga. Existe uma grande variedade de aços inoxidáveis, sendo que as principais diferenças entre eles se referem à composição química (teores dos elementos de liga) e a estrutura cristalina<sup>2,5</sup>. O tipo austenítico foi introduzido na ortodontia em 1929, sendo que o aço AISI 316 ou 18-8 (18% Cr, 8% Ni e 0,2% de C e mais alguns elementos para garantir a estabilização da liga) é o mais usado pelos ortodontistas na forma de fios<sup>2,16</sup>. Graças a sua propriedade de conformabilidade, estes fios podem ser manuseados com dobras ou alças para se obter o melhor posicionamento do dente na base óssea<sup>9,18</sup>.

O aquecimento e resfriamento do aço modificam as suas propriedades mecânicas, isto é, torna-os mais duro ou mais maleável. Sendo que a rapidez com que o aço é resfriado e a quantidade de carbono que possui influem decisivamente nessas modificações. O processo de aquecer e resfriar um aço, visando modificar as suas propriedades, denomina-se tratamento térmico e é realizado pelo fabricante. Um tratamento térmico é feito em três fases distintas: aquecimento, manutenção da temperatura e resfriamento<sup>2,6</sup>. Existem duas classes de tratamentos térmicos. Os tratamentos que modificam as propriedades somente numa fina camada superficial da peça e aqueles que, por simples aquecimento e resfriamento, modificam as propriedades de toda a massa do aço, tais como: têmpera, revenido e o recozimento<sup>6</sup>.

A têmpera é o tratamento térmico aplicado aos aços com porcentagem igual ou maior do que 0,4% de carbono. O efeito principal da têmpera num aço é o aumento de dureza. Na têmpera o aço é aquecido em forno ou forja. O revenido tem por finalidade

diminuir a fragilidade do aço. As temperaturas de revenido são encontradas em tabelas e para os aços inoxidáveis variam entre 100°C e 350°C. O recozimento é o tratamento térmico que tem por finalidade eliminar a dureza de uma peça temperada<sup>6</sup>.

A inserção de dobras ou alças num arco de aço inoxidável do tipo austenítico ultrapassa seu limite de elasticidade, causando uma deformação plástica<sup>15,21</sup>. Esta alteração é caracterizada por um desequilíbrio entre os átomos que o compõe provocando uma tensão interna no arco. Para evitar este fenômeno é indicado realizar o tratamento térmico por revenido do arco que consiste em submetê-lo a certa temperatura por certo tempo<sup>24</sup> em consultório. Para tanto se utiliza de fornos, corrente elétrica e lamparina. A comprovação da restauração da estrutura interna do arco, ou do alívio do estresse dá-se pela coloração acobreada do arco após o tratamento térmico<sup>10</sup>.

Em razão do uso de forno não ser uma realidade em consultório odontológico, a lamparina ser um método de difícil padronização e a pouca existência de literatura abordando a relação entre o tratamento térmico de revenido e sua influência clínica em arco de aço do tipo austenítico, esta pesquisa laboratorial tem como objetivo determinar o comportamento de fio de aço inoxidável de dimensão 0.019” x 0.025” e 0.020” da marca TP *Orthodontics* Brasil antes e após tratamento térmico (tipo revenido) por passagem de corrente elétrica em relação à força liberada em alças Bull modificadas e à manutenção da forma do arco.

## **2. Revisão de literatura**

### 2.1 Propriedades do tratamento térmico

Walters, Houston e Stephehns (1976) descreveram as propriedades físicas de arcos de aço inoxidável 18/8 do tipo 302 e arcos NiCr de dimensão 0.016” quando submetidos ao tratamento térmico. Empregaram como método de tratamento térmico o forno por sua capacidade de controle de temperatura. Para a amostra de aço inoxidável a flexibilidade de rigidez aumentou 7% após o tratamento térmico de 370-480°C por 5-15min. A temperatura ótima definida para o tratamento térmico em arco de aço foi entre 400-450°C por 10min para obter a melhora das propriedades elásticas. A variação do tempo sob uma mesma temperatura não altera a tensão de elasticidade do arco de aço inoxidável. A resistência a fratura diminui. A recuperação elástica dos arcos de aço inoxidáveis aumentaram de uma tensão de 0 para 3%. O tratamento térmico para arcos de aço inoxidáveis pelo alívio interno da tensão, promoveu propriedades mais uniformes, melhora nas propriedades de fadiga e ligeira vantagem das propriedades elásticas.

Willians, Caputto e Chaconas (1978) realizaram um estudo com a finalidade de estabelecer a aplicabilidade clínica dos efeitos das alças e do tratamento térmico em um arco de aço (Bue Elgiloy-Ricketts). O estudo foi realizado em duas fases, na primeira para avaliar os efeitos de diferentes regimes de tratamento térmico nas propriedades mecânicas do arco e na segunda fase, a variação de força liberada por vários formatos de alça. Os grupos foram tratados em forno Jelrus dental por 10min, nas temperaturas 700, 800, 900, 950, 1000 e 1050°F (respectivamente, 371,11; 426,67; 482,22; 510; 537,78; 565,56°C) e em seguida, submetidos à verificação da tensão em máquina Instron.. O teste no arco reto revelou uma influência considerável do tratamento térmico nas propriedades mecânicas do arco. Os valores máximos foram obtidos com 950°F (426,67°C), com acréscimo de força em 50% e do módulo de elasticidade de 20%. As alças tratadas necessitaram de mais força

que as alças não tratadas para produzir a mesma quantidade de deflexão. Submetidas à mesma força, as alças tratadas sofrem menos deflexão que as alças não tratadas termicamente. A melhora das características de força e módulo de elasticidade no arco reto indica uma maior resistência às forças mastigatórias. O alívio do estresse residual promovido pelo tratamento térmico melhora as características de fadiga.

## 2.2 Força ideal para fechamento de espaço

O estudo de Reitan (1957) descreveu que com forças leves a movimentação dentária é acompanhada por aposição óssea no lado contrário ao movimento com pouca área de hialinização. Para o fechamento de espaço foi indicado 150 a 250cN (1,5 e 2,50N, respectivamente) para caninos superiores e 100 a 200cN (1 a 2N) para caninos inferiores.

Hixon et al. (1969) consideraram sedimentado que o uso de forças pesadas e os movimentos de torque possibilitavam deformações ósseas nas cristas alveolares. Porém a magnitude daquela força ainda permanecia desconhecida quando da movimentação do canino. Para testar essa força, construíram um dispositivo para calibrar a mola de retração e a quantidade de anti-inclinação e anti-rotação necessários para o movimento de translação, levando em consideração que fatores como altura da alça, desenho da alça e número de helicóides sob forças de 300cN (3N) ou menos têm pouca influência na quantidade de angulação para a rotação. No experimento, cada paciente sofreu 300cN (3N) de força contínua nos caninos superiores e inferiores direitos e, no lado esquerdo de cinco pacientes, foi aplicado forças contínuas diferentes a partir de 64 a 1,515cN (0,64 a 0,01515N) utilizando implantes de tântalo como marcadores fixos para medir a movimentação dentária. Observou-se rotação distal do canino para o espaço da extração, inclinação de canino e dentes posteriores, além de aumento na carga por unidade de área do ligamento periodontal. Esta inclinação foi considerada mais uma falha na colagem do braquete e/ou cimentação da banda do que uma flexão do arco. O fechamento mais rápido

do espaço talvez fosse resultado da alta da carga no ligamento periodontal sendo que a resposta celular da crista alveolar à pressão é maior que o osso ao redor do ápice.

Choy et al. (2000) realizaram um estudo para investigar a relação entre o eixo de rotação e o centro de resistência em relação à distribuição do estresse e para avaliar a força ideal para diversas condições periodontais. A amostra foi constituída de caninos superiores escaneados em duas dimensões e dividido em 80 pontos. Um programa de computador calculou o nível de estresse em cada ponto além do momento, do momento de inércia, o centro de resistência e o eixo de rotação. A magnitude da força ótima foi considerada aquela não superior ao da pressão do sangue sobre a parede dos vasos sanguíneos para não promover um colapso no suprimento, ou seja 74g(0,72N) para inclinação de raiz, 20g(0,19N) para inclinação descontrolada, 83g(0,81N) para translação e de 222g (2,17N) para retração dos seis dentes anteriores.

Gonzales et al. (2008) fizeram um estudo para avaliar a relação entre forças leve a severa ( 0,09 a 0,98N) e reabsorção radicular quanto a localização, área e profundidade em primeiro molares superiores de ratos e concluíram que forças leves produzem mais movimento com menor reabsorção que forças pesadas.

### 2.3 Comportamento das alças Bull modificadas

Scalza Neto, Mucha e Chevitarese (1985) propuseram um estudo para averiguar o comportamento de molas em forma de lágrima ou gota por ensaio de tração para melhor aproveitamento clínico. Os corpos de prova foram construídos com segmentos de fios 0,019” x 0,025” com 6mm de altura e 3mm de diâmetro e levadas a máquina Instron para ensaio de tração, proporcionando um gráfico aonde se observa um momento inicial de função linear que corresponde a fase plástica da mola e a partir daí uma região plástica até a ruptura da mola que concentra a constante da mola. Segundo o estudo, a abertura ou ativação da mola foi calculada em 1,25mm e a constante da mola em 800g/m com uma

força de 1Kg. Assim, para estes fios, a abertura máxima de 1,25mm é ideal para que se não alcance a fase plástica da mola, ou seja, que ela seja deformada sem condições de retornar a sua posição inicial protegendo o dente de esforços inúteis e prejudiciais biologicamente.

Segundo Thiesen et al. (2001) a necessidade de fechar espaços decorrentes de extrações para correção ortodôntica levou ao estudo do comportamento de alças utilizadas para tal fim. Assim, as alças devem apresentar uma relação carga-deflexão baixa para se obter baixa magnitude de força, porém constante, e em nível adequado. Seu estudo foi avaliar a quantidade de liberação de força por alças ativadas 1mm e 2mm em oito desenhos (gota, gota com helicóide, Bull, reversa simples, reversa com helicóide, vertical com helicóide, “T” e “T” com helicóide). Foram construídos 40 corpos de prova em arcos de aço inoxidável de 0.019” x 0.025” distribuídos em 5 grupos. A força foi medida por máquina Instron. Em relação à média todos os grupos tiveram a força superior ao valor mínimo para movimentação dentária. As alças “T” com helicóide e gota com helicóide ativadas 1mm foram as que se aproximaram mais da força ideal de 564-596g (5,53-5,84N) para incisivos e caninos superiores e de 455-512g (4,46-5,02N) para incisivos e caninos inferiores. As alças reversa simples e Bull ativadas 2mm foram as que mais se afastaram desse ideal. Mesmo quando ativada 1mm a força liberada por estas alças foram duas vezes e meia maior que as alças “T” com helicóide e gota com helicóide.

Para estabelecer e comparar o sistema de força das alças “T” e Bull, Shimizu et al. (2002-a), confeccionaram 160 corpos de prova, 80 de cada tipo, em aço inoxidável 18/8 da marca Unitek de dimensões 0.017” x 0.025”, 0.018” x 0.025”, 0.019” x 0.025” e 0.021” x 0.025” e pré-ativadas em 0°, 20°, 30° e 40°. Nenhuma alça foi submetida ao tratamento térmico. Os ensaios de tração e compressão foram realizados em máquina Instron auxiliado por um transdutor de momento, um indicador de extensimetria e um relógio comparador. As alças foram dispostas em um espaço de 23mm simetricamente, simulando a distância

interbraquete. A quantidade de força e o momento foram medidos a cada 0,5mm até se completar 5mm. As alças Bull construídas com arco 0,17” x 0,25” e ativadas 1mm, produziram magnitude de força variando de 4,10 a 7,6N dependendo da pré-ativação sendo mais indicadas para retração em massa de caninos e incisivos inferiores (4,70N) e superiores (5,88). Em arco 0,19” x 0,25” sem pré-ativação estas alças liberaram força horizontal igual a 4,14N. Alças “T” geraram magnitudes de força mais constante. Ativadas 1,5mm as alças “T” são recomendadas para retração de incisivos superiores ou inferiores e as alças Bull geraram muita força não sendo recomenda para qualquer dessas retrações. Com 2mm de ativação apenas as alças “T” são indicadas para retração de incisivos superiores e em massa de incisivos e caninos inferiores. As pré-ativações não influenciam sobremaneira a magnitude da força nas alças “T” e aumentam muito a magnitude de força nas alças Bull. A magnitude de momento foi igual para duas alças ativadas até 0,5mm. De 0° a 40° de pré-ativação, ativadas 0,5mm as alças Bull tiveram inclinação descontrolada e as alças “T” tiveram um pouco de movimento controlado. As alças “T” tiveram menor desempenho quanto à proporção M/F, forças horizontais, proporção C/D e momento tanto para os arcos 0.017” x 0.025” como para os arcos 0.019” x 0.025” e 0.021” x 0.025”.

No intuito de conhecer o sistema de forças geradas por alças Bull modificadas, Shimizu et al. (2002-b) construíram 80 corpos de prova de aço inoxidável 18/8 da marca Unitek distribuídas em quatro grupos: 0.017” x 0.025”, 0.018” x 0.025”, 0.019” x 0.025” e 0.021” x 0.025” com pré-ativações de 0°, 20°, 30° e 40°, nem um foi submetido à tratamento térmico. O ensaio mecânico foi realizado em máquina universal Instron associada a um transdutor de momento, um indicador de extensimetria e um relógio comparador. Os corpos de prova foram dispostos simetricamente na máquina em um espaço de 23mm (espaço interbraquete) e ativadas até 2mm. O registro da força e do momento foi realizado a cada 0,5mm de deformação. A alça construída com o aço

inoxidável 0.019” x 0.025” e ativado 0,5mm sem pré-ativação foi indicado para retração em massa superior ou inferior. Quando ativada 1mm, a indicação recaiu sobre a retração em massa inferior (4,14N) sem pré-ativação e pré-ativado em 20° para retração superior (6,70N). A ativação de 2mm não é indicada para nenhum caso e o momento foi considerado como de inclinação descontrolada para todos os casos.

Thiesen et al. (2004) propõem verificar a influência da dimensão do arco e a incorporação de pré-ativação no sistema de força de alças em gota construída com oito milímetros de altura com e sem helicóide, utilizando 40 corpos de prova de dimensão 0.017” x 0.025” e 0.019” x 0.025” da marca Unitek distribuídos em dois grupos, um com helicóide e outro sem. Ambos pré-ativados em 0° e 40°. Nenhuma alça foi tratada termicamente. As alças foram dispostas simetricamente na célula de carga em um espaço de 21mm para o ensaio mecânico, ativadas até 3mm. Utilizou-se uma máquina Instron, um transdutor de momento, um extensômetro digital e um relógio comparador. O registro foi realizado a cada 1mm de ativação. Alças em gota com helicóide proporcionaram menor magnitude de força horizontal. Independente da alça em gota apresentar ou não helicóide mostra baixa proporção M/F não importando a presença de pré-ativações. A força horizontal gerada por alça com arco 0.019” x 0.025” sem pré-ativação e ativada um milímetro foi de 2,96N

Coimbra et al. (2008) realizaram um estudo para avaliar a força e a torção de 25 alças em forma de gota em três alturas: 6, 7 e 8 mm confeccionadas em fio de aço inoxidável 0.019” x 0.025” da marca *Rocky Mountain*. Afastado 4mm e paralelo a alça, foi soldado um segmento de fio de mesma marca e dimensão para verificar a torção. O registro da força e da torção ocorreu a cada 0,5 mm de ativação. A análise envolveu modelo para análise de elemento finito. As alças de altura 6 mm apresentaram os maiores índices de força e torque. Alças de 6 mm de altura ativadas 0,5 mm e alças de 8 mm ativada 1 mm

proporcionaram força próximo à ideal para retração de incisivos inferiores (2,51 e 2,77N respectivamente). Para incisivos superiores o ideal são alças de 7 ou 8 mm de altura ativada 1mm (3,58 e 2,77N respectivamente). A simulação com elemento finito não apresentou incorporação de torque e mostrou que a região de maior tensão se concentra na curvatura da alça. O uso de simulação computadorizada deve ser considerada para analisar o comportamento mecânico de alças de diversas alturas antes do tratamento ortodôntico.

Com o objetivo de verificar a força e a torção de alças de fechamento, Coimbra et al. (2010) dividiram 75 alças em três grupos (alça com helicóide reversa, alça em forma de gota e alça em “T” reverso) confeccionadas em fio 0.019” x 0.025” da marca *Rocky Mountain*, com altura de 6mm. Afastado da alça 4 mm, um segmento do mesmo fio foi soldado com 15cm de comprimento para indicar a rotação da alça com o auxílio de um transferidor digitalizado com resolução de 600 dpi. A força foi determinada por máquina EMIC com célula de carga de 20N. O registro da angulação e a força foram realizados a cada 0,5 mm de ativação. As alças em gota ativadas 0,5 mm apresentaram valores próximos ao ideal para movimentação de incisivos inferiores (3,20N). A ativação de 1mm proporcionou forças de 6,41N além da necessária para movimentação de incisivos inferiores e as ativações de 1,5 e 2 mm liberam forças exageradas. Alças com helicóide reversa e em “T” reversa liberam forças similares, porém a alça em “T” reversa incorpora maior torque, fato não clinicamente significativo.

Levando em consideração que a eficácia do movimento dentário depende da força usada e que a constância da força gerada depende da proporção carga/deflexão e que esta deve ser a menor possível, Rodrigues et al. (2011) propuseram um estudo para medir o comportamento mecânico de alças em forma de lágrima com e sem helicóide configuradas em aço inoxidável 18/8 e em beta-titânio. Foram confeccionados 60 corpos de prova em arco de secção transversal 0.019” x 0.025”. A amostra não sofreu qualquer tratamento

térmico. A força horizontal foi registrada com ativação de 1, 2 e 3mm, assim como a magnitude da proporção carga/deflexão. A média da força horizontal para as alças confeccionadas em forma de lágrima em aço inoxidável foi, respectivamente para cada ativação, 511.11, 882.17 e 118.08gf (5,01; 8,65 e 1,15N, respectivamente). Uma vez e meia maior que as alças configuradas em aço com helicóide e duas vezes e meia maior que as confeccionadas com beta-titânio (três vezes mais se comparada com alças em beta-titânio com helicóide). A proporção carga/deflexão variou da mesma forma. A força gerada pelas alças confeccionadas em aço inoxidável, independente da presença do helicóide, não foi adequada para movimentação de dente anterior.

Arcos com alça em forma de gota com ou sem helicóide são utilizados para fechamento de espaços porém apresentam algumas limitações no uso clínico. Para verificar se existe diferença entre os sistemas de forças produzido por eles, os efeitos da secção transversal do arco, a incorporação de pré-ativações e composição das ligas, além de qual variável tem maior influência neste sistema de força, Thiesen et al. (2013) analisaram 80 alças feitas pelo mesmo operador em aço inoxidável 18/8 e em TMA 0.017" x 0.025", dividindo a metade com alça associado ao helicóide. A alça foi construída com 8mm de altura e 4mm no diâmetro do helicóide com 10,5mm em cada extremidade e pré-ativados de 0° - 40° inseridos no longo eixo vertical de cada alça. As ativações foram no sentido ocluso gengival. Tanto a alça em gota com helicóide ou sem apresentaram a força horizontal mais influenciada pela composição da liga metálica. A força liberada pela alça em forma de gota sem helicóide construída com aço inoxidável de secção transversal 0,19" x 0,25" ativada um milímetro sem pré-ativação foi de 2,96N. A média momento/força sofre mais influência das pré-ativações para os dois tipos de alças. A média carga/deflexão para alça sem helicóide sofre mais influência da composição da liga enquanto a alça com helicóide é influenciada tanto pela composição da liga quanto pelas pré-ativações. A alça

gota com helicóide produz magnitude de força horizontal e carga/deflexão menores que a alça sem helicóide. Alças de TMA produzem menos magnitude de força horizontal, carga-deflexão e M/F. A composição da liga é mais influente para aumento da força horizontal e carga/deflexão.

#### 2.4 Tratamento térmico e alça Bull modificada

Lino (1973) frente a pouca existência de artigos referente ao processo de tratamento térmico propõe então verificar as propriedades plásticas e elásticas de alças de quatro formas distintas para retração. Relacionou tempo-temperatura ideal e prejudicial, melhor comportamento mecânico e grau de dureza. Utilizou arco 0.021” x 0.025”, prensa para conformação das alças, forno K.H. Hupper para tratamento térmico, aparelho para teste de deformação, solda-ponto para polimento eletrolítico e aparelho Duremet-Leitz para medir dureza. Os quatro tipos de alças construídas com a relação altura/diâmetro da curvatura foram respectivamente de 9,5/3,3; 9,7/3,7; 4,3/3,2 e 9,2/2.1 abertas 0,10mm, totalizando 204 copos de prova. O tratamento térmico foi realizado com os tempos de 2, 6, 18 e 24 minutos com temperatura de 300, 450, 600 e 750°C. Carga gradativa foi aplicada em cada corpo de prova a cada 100g até ultrapassar o limite de proporcionalidade e depois o descarregamento também gradual. Foi registrada a deformação ocorrida após o carregamento e após o descarregamento. As médias de todas as alças foram melhor quando tratadas termicamente, exceto acima de 600°C por 54min. A deformação plástica teve os melhores valores médios quando tratados a 450°C, sobressaindo-se as alças de 9,5/3,3. O módulo de elasticidade também foi melhor para as alças tratadas. As alças que mais se destacaram foram as de 9,5/3,3 e de 9,7/3,7. A deformação permanente sob 800g (7,8N) mostrou que alças de 4,3/3,2 não sofrem deformação permanente sem tratamento térmico. A força de abertura da alça de 0,5mm não teve influência do tratamento térmico. O mesmo resultado se aplica para forças de 300g (2,94N). Não houve alteração da dureza, exceto

acima de 600°C. O tratamento térmico não é uma conduta fundamental em relação à média de força e é mais efetivo na melhora das propriedades mecânicas a 450°C por 6 min e prejudicial acima de 600°C por 54 min. Quanto mais alta as alças melhor será sua propriedade.

Lane e Nikolai (1980) propuseram descobrir se o alívio do estresse gerado na conformação das dobras para confecção de alças de retração é um procedimento necessário ou aconselhável e determinar se diferentes tamanhos e desenhos destas alças exibem diferenças no comportamento mecânico dependendo do tipo do tratamento térmico. A amostra contemplou arcos de 0.019” x 0.026” e 0.021” x 0.027” da TP e 0.019” x 0.025” e 0.021” x 0.025” da Unitek. Os desenhos das alças foram para abertura e fechamento, com e sem helicóide compreendendo as formas de gota (ou Bull modificada), simples reversa e reversa com helicóide. Estabeleceram-se três grupos com seis alças cada. Seis espécimes de um grupo receberam tratamento térmico em forno Huppert Deluxe à 850°C por 3,5 mm. Seis foram submetidas à passagem de corrente elétrica usando o *Orthotreat* com 7A por 4 seg e seis não receberam qualquer tratamento térmico. As alças reversas simples são mais rijas que as alças em gota. A ordem do mais flexível para o mais duro foi: sem tratamento térmico, tratamento térmico por corrente e tratamento térmico por forno. A análise da variância produziu apenas uma interação entre tamanho de arco e desenho de alça, mas foi considerada fraca. A elasticidade foi maior para os arcos da Unitek que para os arcos da TP e é maior para arcos de menor dimensão retangular. Interação significativa ocorreu entre o tipo de alça e o tipo de tratamento térmico e foi julgado como tendo implicação clínica. O alívio do estresse por corrente elétrica produz maior rigidez da alça em 6,6% e na forma em 11,8%. A porcentagem média do aumento do alívio do estresse por corrente elétrica e por forno foi de 9,1% e 13,9%, respectivamente. Quando comparado ao grupo controle não houve significância. O tratamento térmico tem efeito positivo no limite de elasticidade e na

média da elasticidade, porém em relação à força nenhum tratamento térmico, quando a alça é ativada um milímetro, foi capaz de produzir forças consideradas ideais para movimentação biológica dos dentes.

### 2.5 Implicações da forma do arco

Richman (1956) relatou as diferenças na propriedade física e na estrutura dos grãos de metais soldados e não soldados. Referindo-se aos arcos de aço inoxidáveis utilizados ortodonticamente, defendeu que a reorganização de átomos em uma nova posição e a precipitação de grãos em áreas fronteiriças obtidas com o tratamento térmico promove o endurecimento do metal, sendo um procedimento aconselhável após o metal ter sido conformado para aumentar a resistência às tensões da boca. Defende que um arco tratado após ser removido depois de meses de ativação terá sua forma original mantida.

Rudge (1981) fez uma revisão a respeito da forma do arco. Segundo o autor vários são os ortodontista que tentam definir a forma do arco ideal porém todos utilizam como material oclusões ideais não tratadas. Após sua revisão Rudge concluiu que o uso de computadores no diagnóstico e conduta é uma realidade e só tende a aumentar; que existem duas vias: uma que acredita que a forma do arco é determinada pela pressão da língua e dos lábios e outra que a forma do arco é definida antes da musculatura independente da função da musculatura oral e que os clínicos deveriam ser cuidadosos na utilização de formas matemáticas tendo em vista que não se tem um conhecimento fechado a respeito de quanto os tecidos moles podem estar afetando a forma do arco.

Baluta e Lavelle (1987) propuseram o modelo de elemento finito para análise de comprimento relativo à forma em duas terapias ortododônticas através de um estudo retrospectivo com modelos superiores Classe II, divisão 1 de Angle com vestibularização de incisivo central tomados antes e logo após o término do tratamento. Uma amostra

apresentava divergência entre tamanho de dente e tamanho de arco e foi tratada com extração de primeiro pré-molar antes do alinhamento ortodôntico. Uma segunda amostra apresentava desequilíbrio entre os ossos maxilares e mandibulares e foi tratada a semelhança da primeira amostra sem extração. Os pontos foram marcados no ápice da cúspide mesiovestibular do 1º molar, no ápice da cúspide vestibular do 2º molar, no ápice vestibular do canino e no centro vestibular dos incisivos lateral e central. Os pontos foram checados por dois examinadores independentes até se obter a concordância de 100% dos pontos. Os modelos foram fotografados e digitalizados segundo um pano cartesiano (x,y). Foram definidas as medidas lineares quanto a largura e ao comprimento, em seguida os pares de pontos coordenados foram subdivididos em matrizes triangulares de elemento finito. Os raios do comprimento definiram uma elipse matemática perfeita e foram consubstanciados às alterações antes e após o tratamento tanto quanto a forma como quanto ao comprimento. Os resultados apresentaram que na amostra com extração a maior mudança ocorreu na dimensão do comprimento (40% de redução no comprimento entre canino e 1º molar e 19% entre incisivo central e 1º molar). A maior variação ocorreu na largura (0,5% de redução entre 2º pré-molares e 18% de aumento entre incisivos centrais). Na amostra sem extração as mudanças foram mínimas com um pouco de redução no comprimento total do arco ao término do tratamento. A diminuição do comprimento entre incisivo central e molar nas duas amostras define uma alteração da forma por alteração na curvatura do arco. As alterações nos ângulos indicam que a mudança na forma do arco é mais complexa em amostras não submetidas às extrações.

Felton et al. (1987) propuseram um estudo para avaliar se amostras de casos não tratados apresentavam uma forma de arco particular, se amostras de Classe I e II tinham características similares, se as mudanças induzidas pelo tratamento eram estáveis pós-contenção e se as 17 formas comercialmente produzidas eram adequadas na maioria dos

casos clínicos. Utilizaram três grupos de amostra (Classe I, Classe II, sem exodontia e tratados ortodonticamente e normal sem tratamento) e uma amostra de arcos produzidos comercialmente. As três amostras tiveram arcos individualizados baseado na forma original inferior. Mudanças na forma do arco durante e no pós tratamento foram medidas usando uma função polonomial de 4º grau. Foi calculada também diferença entre largura de canino e molar. A amostra normal sem tratamento não mostrou predominância de uma forma de arco particular e nem uma forma de arco produzida industrialmente se aproximou significativamente. A amostra Classe I no pré tratamento se comportou como a amostra normal, no pós-contenção 67% dos 15 casos mostraram recidiva na forma do arco ( retorno a forma original do arco). A amostra Classe II se comportou como a amostra Classe I com um retorno a forma do arco original pós-contenção de 60%. Na comparação entre as amostras, a largura inter-caninos da Classe I e Classe II foram similar, com a amostra Classe I 1,2 mm menor que a amostra normal. Após o tratamento as três amostras tiveram um aumento na largura intercanino. No pós-contenação a mostra Classe I diminuiu em 1,2 mm quando comparada com a amostra normal. Quanto a região intermolar a amostra Classe I e a Classe II apresentavam-se menor que a amostra normal no pré-tratamento e no pós-contenção a amostra Classe II permaneceu estável e a Classe I reduziu 0,4mm em relação a amostra normal. Os resultados indicam que não existe uma forma de arco universal aplicada a todos os casos e que o aumento da largura intercanino não é estável nos casos de tratamento sem extração, por outro lado o aumento da largura intermolar nos casos de Classe II tratados sem extração são considerados estáveis.

Miura, Mogi e Ohura (1988) estudaram o tratamento térmico por passagem de corrente elétrica em arcos NiTi de dimensão 0.014”, 0.016”, 0.018”, 0.020” e 0.022” para averiguar dobra e controle da força comparando com arcos de aço inoxidável, Co-Cr-Ni e NiTi não tratado. O resultado apontou que quanto mais longo o tratamento térmico menor

é o tempo que o fio tem que ser submetido a corrente para uma mesma amperagem e que quanto menor o diâmetro do arco menor será a necessidade de corrente elétrica para se alcançar o tratamento desejado no mesmo tempo. Arcos NiTi tratados, não tratados, aço inoxidável e Co-Cr-Ni na dimensão de 0.016” foram dobrados em 90° e sofreram passagem de corrente elétrica (3,5 amperes por 5 segundos). Após foram submetido a um teste de cantilever para verificar qual extensão recuperou-se da dobra. Arcos de aço inoxidável recuperou 50°, tendo uma deformação permanente de 40°. Quando a passagem de corrente elétrica é de 3,5 amperes por 45 minutos de canino a canino e de 3,5 amperes por 15 min na região de pré-molar, incluindo a região anterior, sem tratamento na região de molar, três pontos de teste foram realizados em cada segmento, verificaram que a região de pré-molar tratada por 15 min diminuiu sua carga/deflexão de 280 gm (indicador da propriedade super elástica) para 180 gm e para o segmento anterior que sofreu o tratamento por 60 min a alteração abaixou para 80gm. A passagem de corrente elétrica resulta no remanejamento molecular do arco sem perda de suas propriedades mecânicas.

Knox, Jones e Durning (1993) colocaram que uma forma de arco ideal apresenta duas curvas uma anterior e outra posterior e que a negligência da curva posterior pode levar a uma posição não funcional de pré-molares ao término do tratamento. Expuseram também, que três curvas podem ser definidas dentro de um arco e gerar formas distintas dependendo se o ponto de referência é a ponta de cúspide vestibular, a fossa central (cíngulo para os dentes anteriores) ou a cúspide lingual. Deixam claro que a literatura supõe arcos simétricos, e é assim que são comercializados os arcos pré-fabricados tanto em comprimento como em forma, porém arcos assimétricos após tratamento tendem a retornar a sua forma original. Assim se uma forma de arco universal puder ser alcançada, permanece o problema da dimensão. Por isso eles discutiram as fórmulas matemáticas utilizadas para estabelecer um arco ideal. A forma de arco derivada da geometria foi

primeiramente baseada em um triângulo equilátero que, apesar de já ter sido desacreditado, muitos arcos pré-fabricados ainda seguem seu desenho. A curva quaternária quando utiliza a largura intermolar com fixa promove uma forma razoável para pré-molares, caninos e segmentos vestibulares, muitos arcos pré-fabricados também utilizam este modelo. A forma de arco morfométrica utiliza uma boa forma de arco a partir de sujeitos tratados ou com oclusão considerada superior, definindo a forma de arco ideal por superposição. Há as formas de arco híbridas que levam em consideração não só uma oclusão normal mas também informações radiográficas e intra-arcos e as forma individualizadas para preservar a forma do arco original durante o tratamento. Arcos pré-fabricados podem ser utilizados com cuidados em relação a uma forma ideal de arco. Pequenas mudanças na dimensão transversal do arco não são significativas.

Levando em consideração que quanto mais um arco permanece como naturalmente é em relação a sua forma e seu tamanho, de la Cruz et al. (1995) propuseram uma investigação para avaliar a estabilidade a longo prazo de casos Classe I e Classe II divisão 1 tratados e qualquer associação entre contenção e tratamento incluindo forma do arco e dimensões intra-arcos. A amostra consistiu de 87 pacientes: 45 Classe I e 42 Classe II, divisão 1, tratados com extração de quatro pré-molares e avaliados antes do tratamento, no fim do tratamento ativo e dez anos, no mínimo, após a remoção da contenção. As medidas avaliadas foram a largura intermolar, a largura intercanino, o comprimento do arco e o índice de irregularidade. 96% dos arcos apresentaram a mesma forma no pré e no pós tratamento. Nos dois grupos houve diminuição do comprimento do arco por conta da extração, diminuição da largura intercanino e intermolar e do índice de irregularidade. O grupo Classe 2 divisão 1 teve uma maior média de aumento da distância intercanino. No pré-tratamento houve diferença significativa entre maxila e mandíbula, sendo a maxila mais trapezoidal. Nenhuma diferença ocorreu no pós-tratamento para os pacientes Classe I e os

pacientes Classe II 1, a maxila diminuiu mais que a mandíbula durante o tratamento. No período entre a conclusão do tratamento e o uso da contenção houve diminuição na largura intermolar, intercanino e comprimento do arco mas houve um aumento no índice de irregularidade. No período entre o pré tratamento e pós contenção o comprimento do arco maxilar diminuiu mais significativamente para o grupo Classe II 1, ou seja a metade das mudanças ocorreram durante o tratamento, na maioria dos casos houve uma diminuição da excentricidade durante o tratamento aumentando após contenção. As alterações que ocorreram após a contenção foram moderadas em relação às mudanças ocorrida pelo tratamento ortodôntico.

BeGole, Fox e Sadowsky (1998) consideraram que a recidiva é um problema ortodôntico advindo da negligência em manter a forma do arco durante o tratamento, especialmente da região intercanino e intermolar. O estudo do autor tem como objetivo averiguar mudanças na forma do arco em tratamento e pós-tratamento com a região de pré-molares expandida. A amostra incluiu 38 sujeitos (76 arcos individuais: 53 sem extração e 23 com extração) com média de idade inicial de 10,5 anos, de tempo de tratamento 39 meses e contenção de pré-molar a pré-molar de 2-4 anos. Foram realizados testes para avaliar a precisão das fotocópias dos modelos e teste intraclasse. Na fase de tratamento, o arco maxilar sem extração mostrou-se expandido; e com extração não houve alteração significativa. Na mandíbula sem extração foi percebido expansão generalizada e com extração houve expansão dos caninos e contração dos outros lados. Alterações pós tratamento foram pequenas: os caninos inferiores recidivaram (com e sem extração), os pré-molares inferiores também porém em menor grau e nada significativo ocorreu em qualquer região maxilar e molar inferior. Alargamento do arco foi relacionado aos pré-molares, molares e caninos. O índice de recidiva à mudança no primeiro pré-molar e molar. Mudanças pós-tratamento estão relacionadas a mudanças nas dimensões de

primeiro pré-molar e molar. O número de recidivas e índice de recidiva está relacionado à dimensão de canino e 2º pré-molares. Os achados de não significância entre mudança no tratamento e outras variáveis da curva indicam que a quantidade de mudança no tratamento pode não estar relacionado com a estabilidade do caso. Em casos de não extração, a expansão na região de pré-molar pode ser considerada estável.

Ronay, Miner e Will (2008) consideraram que a forma do arco e o seu comprimento possuem implicações clínicas quanto estabilidade, avaliação de espaços e estética dental. Como existem algumas teorias envolvendo a forma do arco e a configuração da base óssea, o autor propôs um estudo para investigar esta relação. Utilizou-se de 35 modelos de pacientes com média de idade de 17 anos e 11 meses (13 masculino e 22 feminino), Classe I de canino e molar (não incluindo 2º molares). Estes modelos foram escaneados e marcados em 24 pontos de 1º molar a 1º molar na região coronária e na região mucogengival. A união dos pontos definiu uma linha (FA) com o centro a porção mais anterior e a união dos pontos da junção mucogengival definiram outra linha (Walla) tendo como centro o mesmo critério da linha anterior. Todos os pontos foram colocados em coordenadas (x,y,z). Os resultados apontaram uma ampla variação individual em pontos de FA e de Walla, sugerindo a forma do arco ser altamente individual. Na área de caninos, os pontos de FA se distanciam. Isso é maior pelo aumento da distância entre os pontos de Walla, porém o aumento entre os pontos de FA foi maior, com alta significância. Na região de molar a maior significância se deu por aumento entres os pontos de Walla. A comparação com as coordenadas (x,y) mostrou que o canino teve uma variação maior nos pontos FA que nos pontos Walla e que em menor grau isto também ocorreu na região de molares. A relação positiva entre FA e Walla sugere que a forma do arco segue a base óssea. Caso a forma do arco não leve em consideração a base óssea pode-se ter como resultado alterações periodontais e tratamentos instáveis.

AlHarbi, AlKofide e AlMade (2008) apresentaram uma análise matemática da curvatura do arco dental em indivíduos com oclusão normal utilizando 40 modelos. A função polinomial de quarta ordem definiu uma curvatura mais natural, sendo considerada a mais indicada para construção dos arcos pré-contornados.

McNamara, Sandy e Ireland (2010) efetivaram um estudo para avaliar as práticas clínicas para escolha da forma do arco. O estudo consistiu de duas partes. Na primeira os clínicos eram instruídos a coordenar um arco com sua prática diária para três pares de modelos dado. A segunda etapa do estudo foi retrospectiva da análise das dimensões dos arcos de 50 modelos quanto a distancia intercanino e intermolar pré e pós-tratamento de paciente Classe I sem extração. Os resultados mostraram uma grande variação da distância intercanino e intermolar entre os operadores. No total de 10 operadores o máximo de contração da distancia intercanino inferior foi de 4,25 mm e de expansão maxilar for de 5,87 mm. Apesar da maioria dos clínicos considerarem importante a manutenção da distância intercanino e intermolar para alcançar tratamentos mais estáveis, este objetivo não consegue ser alcançado por sua prática diária.

Lee et al. (2011) consideraram que muitos ortodontistas não consideram uma única forma de arco, por isso propõe um método de análise por grupamento para classificar a forma do arco. Para tanto selecionou uma amostra de 306 sujeitos (187 masculino e 119 mulheres) com média de idade de 20 anos. Todos Classe I de molar e canino, dentição permanente completa, *overjet* e *overbit* normais, mínima vestibularização e mínimo espaçamento, sem ter sido submetido a qualquer tratamento ortodôntico prévio. Os pacientes foram moldados com alginato e os tamanhos dos dentes foram medidos com compasso de incisivo central a 2º molar, assim como a largura do arco e a profundidade do arco e outras variáveis proporcionais. Os modelos foram fotocopiados com base em 14 pontos e convertido em um *software* por coordenada cartesiana. Esta conversão promoveu

uma imagem que foi transformada e analisada com o método *Pritioning Arond* (PAM). Os resultados definiram três tipos de formas (estreito, médio e largo) na maxila e na mandíbula, sendo que uma variação entre os arcos maxilares e mandibulares expressavam uma oclusão normal. A maioria dos sujeitos mostrou uma forma de arco intermaxilar congruente. Influenciaram na forma do arco: o tamanho dos dentes, a espessura do osso basal, a inclinação dos dentes posteriores. Arcos estreitos têm distância intermolar e intercanino diminuída. O alto valor da largura intercanino e intermolar define uma forma mais cônica e convexa. A largura do osso basal e a inclinação dos dentes posteriores foram fatores significantes na diferença entre as formas do arco.

Slaj et al. (2011) consideraram que a forma e o comprimento do arco são produtos da configuração e do equilíbrio naturalmente estabelecido entre articulação e osso alveolar, além de uma interação com as forças musculares. E que existe uma pequena variação da forma de acordo com o biotipo facial. Realiza um estudo para investigar, em pacientes com leve a moderada vestibularização, quais dimensões mais discriminam o osso dentoalveolar e as porcentagens de variabilidade mais comum. A amostra constituiu-se em 137 modelos com idade média de 16,3 anos apresentando Classe I (43), Classe II (50) e Classe III (44). Arcos maxilares e mandibulares foram definidos por quatro parâmetros morfológicos: distância intercanino, distância intermolar, profundidade de canino e de molar. O fator que mais distingue as Classes são o segmento anterior mandibular e o segmento posterior na maxila. A forma do arco nos paciente com coroas vetibularizadas de leve a moderada é mais definida pela distância intercanino inferior e distância intermolar superior. A profundidade do arco contribui menos que as distâncias. O grupo mais estável é o do biotipo Classe III e é praticamente impossível estabelecer uma única forma de arco ideal. Os fatores que mais afetam a forma do arco são estreitamento, profundidade e perímetro do arco. Paciente Classe II apresenta forma de arco mais trapezoidal e os de Classe III, mais

quadrada. Mudanças na forma do arco com tratamento ortodôntico não são estáveis. Cerca de 70% dos pacientes apresentaram recidiva. Arcos expandidos são mais estáveis na região posterior e menos na distância intercanino, a menos que os caninos estejam lingualizados pela oclusão. Usar a forma do arco pré-tratamento como um guia para a forma pós-tratamento poderia criar uma oclusão funcional estável, numa posição de equilíbrio entre os músculos da bochecha e do lábio e a pressão da língua.

Coughi et al. (2011) avaliou o efeito do tratamento térmico sobre arcos de aço inoxidáveis de diferentes calibres quando submetidos a forças de compressão e tração. Selecionou 40 arcos redondos da marca Morelli de secção transversal de 0.014", 0.016", 0.018" e 0.020" contornando-os segundo diagrama Unitek, totalizando 160 corpos de prova. Vintes deles foram selecionados de forma aleatória para receber tratamento térmico pela passagem de corrente elétrica de 3A em máquina Kernit por 8 segundos. Metade dos arcos tratados e não tratados foram submetidos ao teste de compressão e a outra metade ao teste de tensão, sendo a força aplicada na extremidade do arco. Três demarcações horizontais foram realizadas nas regiões anterior e posterior dos arcos usando o diagrama traçado em papel A4 para análise de ocorrência de alteração transversal. A primeira demarcação foi perpendicular a linha média e no fim do arco; a segunda, paralela a anterior e 20mm acima (distância intermolar) e a terceira à 35mm correspondente a distância intercanino. Todos os 160 arcos foram escaneados com um escâner *desktop* usando 2400dpi de resolução e as medidas da região anterior e posterior, antes e após o tratamento térmico, com a força de tensão e compressão foram realizadas por *software* Autocad 2000. Os arcos 0.014" após tensão, tanto com como sem revenido, apresentaram diferenças na região anterior e posterior. Arcos 0.016" tratados apresentaram diferenças na região anterior e posterior após teste de compressão e após tensão a diferença apresentada ocorreu tanto para arcos tratados como não tratados. O arco 0.018" se comportou como o arco

0.016” exceto que a diferença na região anterior e posterior sob força de compressão ocorreu para os arcos tratados. Os arcos 0.020” apresentaram diferença na região anterior e posterior sob tensão para arcos tratados e não tratados. O tratamento térmico promove maior resistência a mudanças transversais na região anterior e posterior quando submetido à tensão.

### **3. Proposição**

#### 3.1 Objetivo geral

Determinar o comportamento de fios de aço inoxidáveis do tipo austenítico de dimensões 0.019” x 0.025” e 0.020” da marca TP antes e após revenido por passagem de corrente elétrica.

#### 3.2 Objetivo específicos

- 1 Determinar as magnitudes de força geradas nas alças Bull modificadas ativadas 1mm após o revenido realizado em diferentes tempos;
- 2 Avaliar a manutenção da forma de arco em fios de aço inoxidáveis redondos e retangulares pré-contornados de fábrica com e sem revenido mediante a passagem de corrente elétrica;
- 3 Avaliar a manutenção da forma de arco em fios de aço inoxidáveis redondos e retangulares contornados manualmente em forma de parábola com e sem tratamento revenido mediante a passagem de corrente;
- 4 Avaliar os resultados obtidos comparando os acos contornados manualmente com os pré-contornados de fábrica.

## 4. Materiais e Método

### 4.1 Estudo experimental-laboratorial

O revenido será realizado com o auxílio de uma máquina de solda digital, super micro ponto, da marca Kernit<sup>®</sup> (Figura 1), fabricada pela Indústria Mecatrônica Ltda, na cidade de Indaiatuba, SP, Brasil, modelo SMP 3000, tensão BIVOLT, potência 500W, corrente 4,0 / 2,0A, frequência 50 / 60Hz.

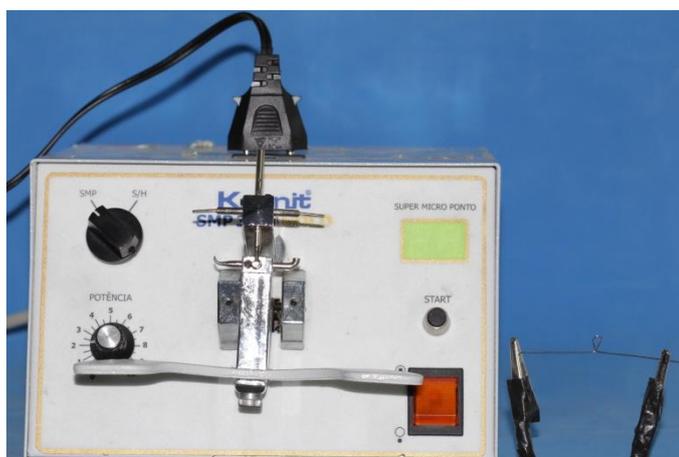


Figura 1- Máquina de solda Kernit com dispositivo para passagem de corrente elétrica.

Para estabelecer a potência mais adequada ao tratamento térmico por passagem de corrente elétrica foi executado testes prévios com fio de aço austenítico pré-contornado da marca TP Orthodontics Brasil no intuito de conseguir a menor variação de temperatura por um maior tempo. A temperatura foi verificada por meio de um termômetro digital (Marca Minipa, modelo MT-40IA, made in China). O tempo de investigação variou de 30 segundos a 5 minutos, medido por cronômetro de celular. Este tempo foi determinado empiricamente levando-se em consideração o quanto um profissional dedicaria para realização do procedimento em sua prática diária. Na potência 1 da máquina Kernit até cinco minutos não ocorre alteração do fio para a cor acastanhada que é manifestação visual da ocorrência do tratamento térmico tipo revenido. Na potência 4 da máquina Kernit o fio torna-se rubro com 8 segundos, não sendo adequado para o revenido. As potências 2 e 3

apresentaram pouca variação entre si como pode ser observado na quadro 1. Portanto ambas poderiam ser utilizadas no estudo, porém como a intenção do estudo é verificar o comportamento do aço inoxidável em relação ao tempo e não à temperatura, optou-se por utilizar a potência 2.

Tempo	Potência 2	Potência 3
30 segundos	258°C	260°C
60 segundos (1minuto)	258°C	258 °C
90 segundos	249 °C	260 °C
120 segundos (2minutos)	248 °C	261 °C
150 segundos	254 °C	263 °C
180 segundos (3minutos)	254 °C	258 °C
210 segundos	243 °C	258 °C
240 segundos (4minutos)	244 °C	260 °C
270 segundos	244 °C	252 °C
300 segundos (5minutos)	240 °C	250 °C

Quadro 1 – Estudo prévio para seleção da potência a ser utilizado no estudo laboratorial.

## 4.2 Corpos de prova e ensaio laboratorial

### *4.2.1 Alça Bull Modificada*

Foram selecionados doze varetas de fios ortodônticos de aço inoxidável 0.019” x 0.025” da marca TP. As varetas serão divididas ao meio estabelecendo um comprimento de 18 cm em cada metade. Foram confeccionadas alças Bull modificadas (ou alça gota) com a altura variando de 7 a 7,5 mm e a largura de 4 a 5 mm com o mesmo alicate 139 (marca Quinelato, fabricante Schobell Industrial Ltda Rio Claro-São Paulo Brasil). Totalizando uma amostra de 24 (n= 24 varetas com alças Bull modificadas). Todas as alças foram confeccionadas pelo mesmo operador e revisadas por um segundo operador. As alças que não se enquadraram na variação de altura e largura foram substituídas.

Os corpos de prova foram divididos 6 grupos com 4 corpos de provas cada. O grupo 1 foi o grupo controle que não sofreu revenido; o grupo 2 foi submetido ao revenido por 1min; o grupo 3 por 2 min; o grupo 4 por 3 min; o grupo 5 por 5 min; grupo 6 por 40

seg. Para cada grupo será mensurada a força gerada pela ativação de 1mm após o revenido, exceto para o grupo 1 que não sofreu tratamento térmico.

As duas extremidades livres, anterior e posterior, apresentavam 11mm cada uma, sendo as mesmas fixadas na máquina de ensaio universal da marca comercial EMIC - modelo DL500 (Emic – equipamentos e sistemas de ensaio Ltda – São José dos Pinhais – Pr-Brasil) (Figura 2) calibrada com velocidade de abertura de 1mm/min até a abertura máxima de 1mm.

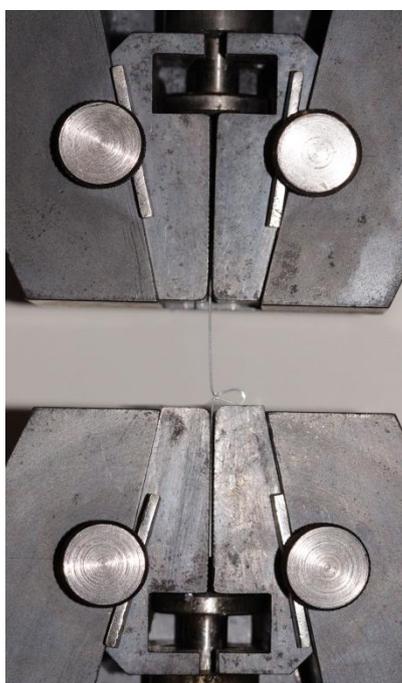


Figura 2 – Apreensão da alça Bull modificada por prensa da na máquina de ensaio EMIC

A magnitude da força foi fornecidas diretamente pela máquina de ensaio acoplada a um computador.

#### 4.2.2 Forma de arco

Foram selecionadas cinco varetas de fio ortodônticos de aço inoxidável 0.019" x 0.025" e cinco varetas de fios ortodônticos e aço inoxidável 0.020" da marca comercial TP *Orthodontic* Brasil. As varetas foram divididas ao meio estabelecendo um comprimento de

18cm. Cada metade foi contornada em parábola tendo como referência o *template* “*Accu-Form*” da marca *Dentsply GAC* (EUA) (Figura 3), tendo como escolha o diagrama mandibular M. Foram marcados nos arcos a linha média e mais duas linhas verticais adjacentes e três linha horizontais com lápis demarcador, como mostrado na figura 3. Os arcos foram contornados pelo mesmo profissional e revisados por um segundo operador. Selecionou-se também 10 parábolas pré-contornadas de aço inoxidável 0.019” x 0.025” da marca TP *Orthodontic* Brasil e 10 de aço inoxidável 0.020” da marca TP *Orthodontic* Brasil conformando-os segundo o diagrama mandibular M do mesmo *template* “*Accu-Form*” e marcando-os igualmente na linha média, verticais adjacentes e transversais. A linha média dividiu a parábola em direita e esquerda e juntamente com as duas outras linhas paralela a ela serviu como referência para o posicionamento da parábola no diagrama durante o estudo. As linhas horizontais obtidas pelos pontos marcados definiram a região anterior, média e posterior.

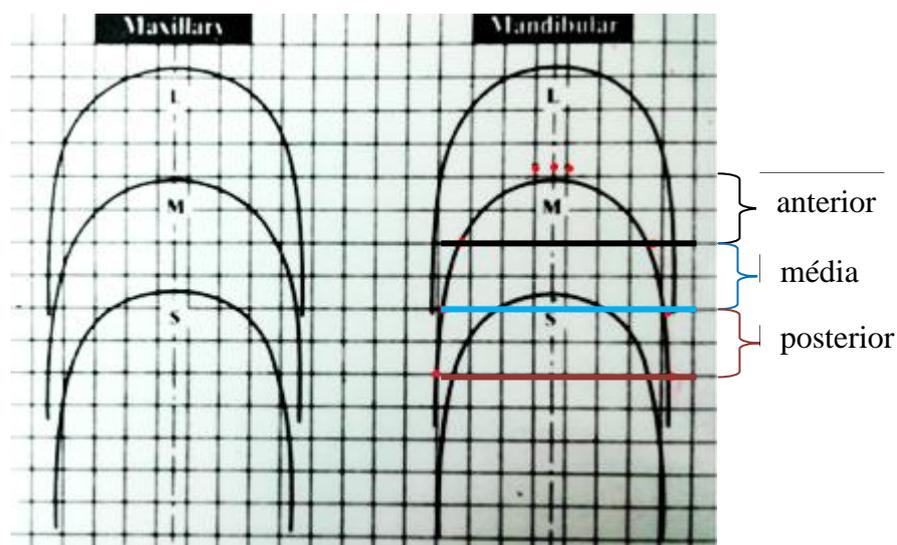


Figura 3 - *Template accuform* indicando o diagrama selecionado para a pesquisa bem como as linhas de referência.

Foram estabelecidos 12 grupos de estudo segundo o quadro 2.

<b>Secção Transversal</b>	<b>Grupo</b>	<b>n</b>	<b>Tipo de construção da parábola</b>	<b>Tempo de revenido</b>
0,17 x 0,25" (RT)	1	5	Manual (M)	0(zero)
	2	5	Manual (M)	30seg
	3	5	Manual (M)	3min
	4	5	Pré-contornada (PC)	0(zero)
	5	5	Pré-contornada (PC)	30seg
	6	5	Pré-contornada (PC)	3min
0,20" (RD)	7	5	Manual (M)	0(zero)
	8	5	Manual (M)	30seg
	9	5	Manual (M)	3min
	10	5	Pré-contornada (PC)	0(zero)
	11	5	Pré-contornada (PC)	30seg
	12	5	Pré-contornada (PC)	3min

Quadro 2: Distribuição dos grupos de estudo quanto à sua secção transversal, tipo de construção e tempo de revenido.

Os arcos foram selecionados em três subgrupos de forma aleatória: grupo (SR) não sofreu revenido, grupo (R) sofreu revenido por revenido 3 min na potência 2 e grupo (30s) sofreu revenido por 30 seg, na mesma potência.

Após o tratamento térmico cada corpo de prova foi contornado sobre o diagrama selecionado impresso sobre papel milimetrado e escaneado em uma copiadora multifuncional modelo HP (Photosmart C4680 All-in-One, SP, Brasil).

Todos os corpos de prova foram, então, submetidos a teste de tração em máquina universal de ensaios da marca comercial EMIC - modelo DL500 (Emic – equipamentos e sistemas de ensaio Ltda – São José dos Pinhais – Pr-Brasil). Uma extremidade da parábola ficou fixa na prensa inferior da máquina de ensaio universal enquanto a outra extremidade sofreu tração calibrada com velocidade calibrada em 15 mm/min até atingir 30 mm (Figura 4).

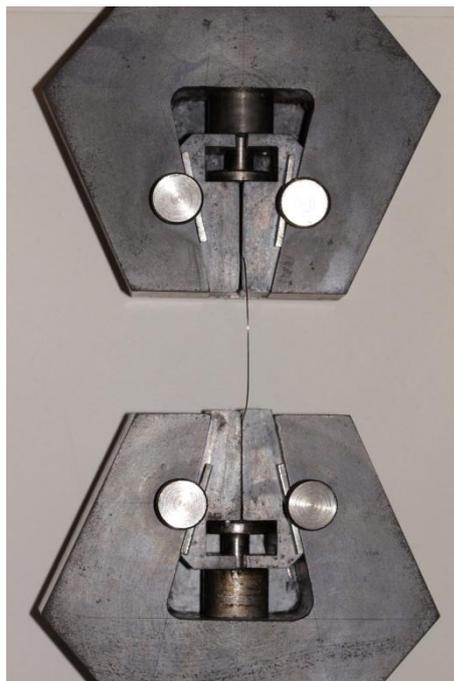


Figura 4 – Apreensão da parábola por prensa da máquina de ensaio EMIC para receber deformação.

Após a abertura máxima estabelecida em 30 mm, todos os 60 arcos foram novamente escaneados tendo a linha média e as duas outras paralelas a ela como referência para posicionamento da parábola no diagrama impresso em papel milimetrado. Todos os desvios da parábola em relação ao diagrama foi anotada quanto à quantidade, em milímetro; quanto ao lado, em direito e esquerdo em relação à linha média e quanto a região, em anterior, média e posterior no sentido transversal.

#### 4.3 Análise estatística

Para comparação dos níveis de ativação, em cada grupo, foi considerado o modelo de análise da variância com medidas repetidas. A comparação dos grupos, em cada nível de ativação, foi feita usando-se o modelo de análise de variância como um fator.

Para análise de deformação considerando-se os fatores de dimensão e tipo de construção, para a comparação dos tratamentos térmicos, em relação à probabilidade de deformação, foi considerado o teste de Qui-quadrado ou o teste exato de Fisher. Valores de

$p < 0.05$  indicaram significância estatística. Os dados foram avaliados com o programa computacional IBM SPSS Statistics v.20.

## **5. Artigo científico**

### 5.1 Artigo A

Artigo elaborado segundo as normas da revista The Angle Orthodontist.

#### **Magnitude de força gerada em alça Bull modificada após revenido por passagem de corrente elétrica.**

Short title: Magnitude de força gerada em alça Bull modificada tratada por revenido.

Autores:

Elisângela Grande Guiotti  
Mestranda em Ortodontia – ILAPEO, Curitiba – PR.  
Rua Bruno Custódio dos Santos, 74.  
Mafra, SC – Brasil

Ricarda Duarte da Silva  
Doutora em Odontologia Legal (USP-SP), Mestre em Odontologia Social (USP-SP)  
Especialista em Ortodontia e Ortopedia Facial (UEL-Londrina/PR), Professora do Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico (ILAPEO, Curitiba, Brasil).  
Rua Jacarezinho 656, Mercês  
Curitiba, PR – Brasil

## Resumo

**Objetivo:** verificar se existe diferença na magnitude força gerada por alça Bull modificada ativada 1mm com revenido realizado por passagem de corrente elétrica em relação àquelas não tratadas e verificar a influência do tempo de revenido neste fenômeno. **Materiais e métodos:** foram construídos 24 corpos de prova com fios da marca TP *Orthodontic* Brasil divididos em seis grupos (I- controle sem revenido; II- revenido por 1min; III- revenido por 2min; IV- revenido por 3min; V- revenido por 5min; VI- revenido por 40seg). **Resultado:** não existe diferença em relação à magnitude da força liberada para alças Bull modificadas que sofreram revenido para o grupo controle, independente do tempo de exposição. **Conclusão:** o revenido não é uma conduta fundamental em relação à magnitude de força gerada por alça Bull modificada ativada um milímetro por passagem de corrente elétrica na potência 2.

Palavras-chave: Tratamento Térmico; Resistência à Tração; Ortodontia

## Introdução

Não raro na Ortodontia é a indicação de extrações dentárias no plano de tratamento. Esta prática, totalmente contra-indicada por Angle, foi defendida por Tweed através de estudos longitudinais em que comprova a melhora da qualidade estética ao final do tratamento com extrações.<sup>1,2</sup>

O processo de fechamento de espaços decorrentes de extrações pode ocorrer pela mecânica do deslize ou com fricção, em que o controle se dá pelo arco inserido nas canaletas dos braquetes posicionados no ponto do eixo vestibular da coroa clínica do dente ou por uma mecânica sem fricção utilizando alças. Cada mecânica possui vantagens e agrega cuidados. Uma das vantagens da utilização de alças para fechamento de espaços é o controle proporcionado, principalmente porque já foram realizados estudos para verificar o sistema de força decorrente de seu uso.<sup>3,4</sup>

Independente da mecânica utilizada é comum, nesta fase, utilizar-se de fios de aço inoxidável que, por serem manipulados a frio, sofrem uma tensão interna que pode ser

liberada pelo processo do revenido definido como o aquecimento deste fio de aço até a obtenção da cor acastanhada<sup>5</sup>.

As alças Bull modificadas, construídas em fios de aço inoxidável 0,019” x 0,025”, são utilizadas na fase de retração ou fechamento de espaço sendo caracterizadas por uma liberação de força adequada para retração em massa. Considerando que muitos artigos que tratam da alça Bull modificada para fechamento de espaço não foram realizados com tratamento térmico<sup>2,4,6-12</sup>, que a manipulação de arco de aço inoxidável para confecção destas alças promove uma deformação e que o tratamento térmico é indicado para liberar a tensão gerada por esta deformação<sup>5</sup>, este ensaio mecânico objetivou verificar a existência de alteração na magnitude de força liberada por estas alças quando ativadas 1mm com e sem revenido.

### **Materiais e métodos**

A amostra foi constituída de 24 corpos de prova confeccionados a partir de varetas de aço inoxidável de secção transversal 0.019” x 0.025” da marca TP *Orthodontic* Brasil com alicate 139 (Quinelato Schobell Industrial Ltda Rio Claro-São Paulo Brasil). As alças foram confeccionadas pelo mesmo operador e revisadas por um segundo operador com altura de 7 mm e largura de 4 mm. Os vinte e quatro corpos de prova foram dispostos em seis grupos. O grupo I não foi submetido à qualquer tratamento térmico, o grupo II foi submetido à tratamento térmico por 40 seg, o grupo III foi submetido à tratamento térmico por 1 min, o grupo IV foi submetido à tratamento térmico por 2 min, o grupo V foi submetido à tratamento térmico por 3 min, e o grupo VI foi submetido à tratamento térmico por 5 min.

O tratamento térmico foi realizado por passagem de corrente elétrica utilizando a máquina de solda digital, super micro ponto, da marca Kernit<sup>®</sup> (Figura 1), fabricada pela Indústria Mecatrônica Ltda, na cidade de Indaiatuba, SP, Brasil, modelo SMP 3000, tensão

BIVOLT, potência 500W, corrente 4,0 / 2,0A, frequência 50 / 60Hz. Na potência 2.

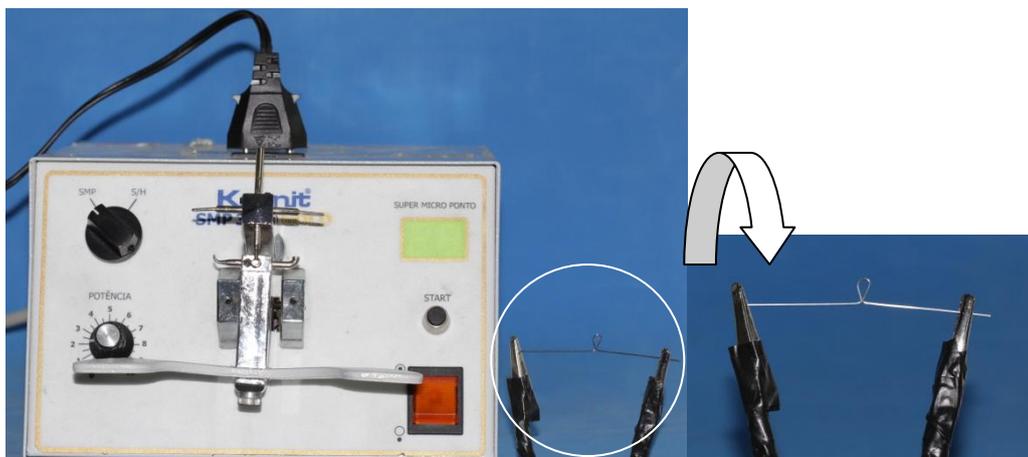


Figura 1- Máquina de solda utilizada para passagem de corrente elétrica como tipo de tratamento térmico em alça Bull modificada. Em detalhe, dispositivo para apreensão da alça.

Foram realizados testes prévios para determinar os tempos de passagem de corrente elétrica, todos os tempos foram pensados para serem clinicamente possíveis, foi determinado a partir dos testes que a manutenção da intensidade 2 possibilita até 5 min de passagem de corrente elétrica sem perda das propriedades do fio de aço inoxidável, objetivou-se manter a intensidade e aumentar o tempo de passagem de corrente elétrica.

O ensaio mecânico utilizou a máquina universal de ensaio EMIC modelo DL500 (Emic – equipamentos e sistemas de ensaio Ltda – São José dos Pinhais – Pr-Brasil) calibrada com velocidade de abertura de 1mm/min até a abertura máxima de 1 mm.

## Resultado

A média da força em cada grupo de acordo com o tempo de exposição ao calor foi analisada estatisticamente pelo modelo de análise de variância com um fator e estão expostos na tabela 1.

Tabela 1 - média da magnitude de força liberada em Newtos por grupo em relação à quantidade de ativação(mm).

Grupo	Ativação (mm)	
	1	dp
I	4,10 N	±0,51
II	4,53 N	±0,58
III	4,84 N	±0,29
IV	4,15 N	±0,35
V	4,64 N	±0,56
VI	4,67 N	±0,42

Ativação	Valor de p*
1	0,196

(\*) Modelo de análise de variância com um fator;  $p < 0,05$

## Discussão

A confecção de alças em fio de aço inoxidável para fechamento de espaços após extração constitui-se uma prática na Ortodontia no intuito de se obter uma melhor finalização estética e funcional<sup>1,8</sup>. Indica-se, para tanto, a utilização de forças leves<sup>3,13,14</sup> que biologicamente não são prejudiciais à saúde periodontal do paciente<sup>15</sup>. Estudos mostram que o tratamento térmico realizado em forno aumenta a recuperação elástica do aço inoxidável em 3%<sup>16</sup> e o módulo de elasticidade em 20%<sup>17</sup> proporcionando aumento da força e um comportamento mais uniforme pelo alívio das tensões geradas quando da confecção a frio das alças levando à melhora nas propriedades de fadiga<sup>16,17</sup>. Este alívio de tensões é considerado por Lane e Nikolai<sup>18</sup> da ordem de 13,9% para tratamento térmico realizado em forno e de 9,1% para tratamento térmico por corrente elétrica. Scalza Neto<sup>6</sup> definiu a ativação ideal da alça para arcos de aço inoxidável 0.019” x 0.025” de 1,25mm no sentido de se evitar uma deformação permanente. O estudo realizado utilizando como tratamento térmico o revenido por passagem de corrente elétrica não encontrou diferença significativa na magnitude das forças geradas em alça Bull modificada ativada 1 mm

(tabela 1) em concordância com o estudo realizado por Lino<sup>19</sup> e Lane e Nikolai<sup>18</sup> que não consideram o tratamento térmico como fundamental para média da força.

A força ideal considerada por Thiesen et al.,<sup>2</sup> para retração de incisivos e caninos superiores é de 5,53-5,84N e de 4,46-5,02N para incisivos e caninos inferiores. Choy et al.,<sup>3</sup> considera que a força ideal para retração dos seis dentes superiores é de aproximadamente 2,17N por lado. Shimizu et al.,<sup>4</sup>, Shimizu et al.<sup>7</sup> e Thiesen et al.,<sup>8</sup> concordam que a força recomendada como ideal para retração anterior de caninos e incisivos superiores seja de 5,88N e inferiores 4,70N. Coimbra et al.,<sup>9</sup> encontraram como magnitude de força liberada para alça Bull modificada com 7mm de altura e ativada um milímetro, 3,57N. Para Shimizu et al.,<sup>7</sup> nas mesmas condições a liberação foi de 4,14N e para Rodrigues et al.,<sup>11</sup> foi de 5,01N. Para alças Bull modificadas ativadas um milímetro Thiesen et al.,<sup>8,12</sup> encontraram, para alças de oito milímetros de altura ativadas 1mm, magnitude força liberada da ordem de 2,96N (dentro da faixa considerada como ideal por Thiesen<sup>2</sup> de 2,84N) e de 6,41N quando construídas com 6mm de altura por Coimbra et al.<sup>10</sup>. Destes autores, Rodrigues<sup>11</sup>, Shimizu<sup>4,7</sup>, deixaram claro a não realização de tratamento térmico e os demais autores não fizeram qualquer referência neste sentido. O estudo demonstrou que não houve alteração significativa da magnitude de força liberada ativada 1mm em arcos de aço inoxidáveis revenidos em relação ao grupo sem tratamento. A variação de 4,10 (grupo sem tratamento) a 4,84 (grupo revenido por 1 min) se encontra dentro da faixa considerada ideal para retração de incisivos e caninos (ou em massa) inferiores.

## **Conclusão**

O tratamento térmico realizado por passagem de corrente elétrica não promove alteração significativa da magnitude da força gerada por alça Bull modificada ativada 1 mm independente do tempo de passagem da corrente elétrica pelo fio de aço inoxidável.

A média da força liberada por alças Bull modificadas quando ativadas 1mm, confeccionadas com altura de 7mm e largura de 4mm, tanto sem revenido como com revenido são indicadas para retração de dentes inferiores.

## Referências

1. Tweed CH. The Frankfort-mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning, and prognosis. *Am J Orthod Oral Surg.* 1946;32:175-230.
2. Thiesen G, Menezes LM, Cardoso MA, Ritter DE, Locks A. Avaliação das forças liberadas por diferentes tipos de alças de fechamento de espaço utilizadas em Ortodontia. *Ortodon Gauch.* 2001;5:86-91.
3. Choy K, Pae E, Park Y, Kim K, Burstone CJ. Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:98-105.
4. Shimizu RH, Sakima T, Santos-Pinto A, Shimizu IA. Estudo dos sistemas de forças gerados pelas alças ortodônticas para fechamento de espaços. *J Bras Ortodon Ortop Facial.* 2002;7:371-387.
5. Coughi OA, Kasbergen GF, Santos PH, Mendonça MR, Tondelli PM. Effect of heat treatment on stainless steel orthodontic wires. *Braz Oral Res.* 2011;25:128-134
6. Scelza Neto P, Mucha JN, Chevitarese O. Mola de fechamento de espaços em ortodontia em forma de lágrima: desempenho em tração. *Rev Bras Odontol.* 1985;42:22-29.
7. Shimizu RH, Sakima T, Santos-Pinto A, Spinelli D, Shimizu IA. Comportamento mecânico da alça Bull modificada durante o fechamento de espaços em ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2002;7:13-24.
8. Thiesen G, Rego MVNN, Menezes LM, Shimizu RH. Desempenho mecânico de alças em gota com e sem helicóide utilizadas para o fechamento de espaços em ortodontia. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre.* 2004;45:21-30.
9. Coimbra MER, Penedo ND, Gouvêa JP, Elias CN, de Souza Araujo MT, Coelho PG. Mechanical testing and finite element analysis of orthodontic teardrop loop. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:188.e10-188.e13.
10. Coimbra ME, Elias CN, de Oliveira Ruellas AC, de Souza Araujo MT. Desempenho de alças ortodônticas para fechamento de espaço. *Rev Bras Odontol.* 2010;67:86-91.
11. Rodrigues EU, Maruo H, Guariza Filho O, Tanaka O, Carmargo ES. Mechanical evaluation of space closure loops in orthodontics. *Braz Oral Res.* 2011;25:63-68.
12. Thiesen G, Shimizu RH, Do Valle CV, Do Valle-Corotti KM, Pereira JR, Conti PCR. Determination of the force systems produced by different configurations of tear drop orthodontic loops. *Dental Press J Orthod.* 2013;18:19.e1-19.e18.

13. Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod.* 1957;43:32-45.
14. Hixon EH, Atikian H, Callow GE, McDonald HW, Tacy RJ. Optimal force, differential force, and anchorage. *Am J Orthod.* 1969;55:437-457.
15. Gonzales C, Hotokezaka H, Yohimatsu M, Yozgatian JH, Ali Daremdeliler M, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod.* 2008;78:502-509.
16. Waters NE, Houston WJ, Stephens CD. The heat treatment of wire: a preliminary report. *Br J Orthod.* 1976;3:217-222.
17. Williams BR, Caputo AA, Chaconas SJ. Orthodontic effects of loop design and heat treatment. *Angle Orthod.* 1978;48:235-239.
18. Lane DF, Nikolai RJ. Effects of stress relief on the mechanical properties of orthodontics wire loops. *Angle Orthod.* 1980;50:139-145.
19. Lino AP. Avaliação de propriedades mecânicas da alça de retração ortodôntica em função do tratamento térmico e dimensões. *OrtodontiaSPO.* 1973;6:15-24.

### 5.1 Artigo B

Artigo elaborado segundo as normas da revista The Angle Orthodontist.

**A manutenção da forma do arco de aço inoxidável com e sem tratamento térmico:  
estudo comparativo.**

Short title: Manutenção da forma do arco de aço com e sem tratamento térmico

Autores:

Elisângela Grande Guiotti  
Mestranda em Ortodontia – ILAPEO, Curitiba – PR.  
Rua Bruno Custódio dos Santos, 74.  
Mafra, SC – Brasil

Ricarda Duarte da Silva  
Doutora em Odontologia Legal (USP-SP), Mestre em Odontologia Social (USP-SP)  
Especialista em Ortodontia e Ortopedia Facial (UEL-Londrina/PR), Professora do Instituto  
Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico (ILAPEO, Curitiba, Brasil).  
Rua Jacarezinho 656, Mercês  
Curitiba, PR – Brasil

## Resumo

**Objetivo:** verificar se existe alteração na forma dos arcos de aço inoxidável com e sem revenido por passagem de corrente elétrica, submetidos à ensaio de tração no sentido transverso. **Materiais e métodos:** 60 corpos de prova da marca TP *Orthodontic* Brasil, 30 com arco de aço inoxidável 0,020” (15 pré-contornado e 15 manual) e 30 com arco de aço inoxidável 0,019” x 0,025”(15 pré-contornada e 15 manual) foram coordenados segundo um diagrama para padronização e divididos em três subgrupos cada um para a realização do revenido. Todos foram submetidos a teste mecânico de tração. Foi observado a existência ou não de deformação. As alterações foram anotada em milímetros quanto à ao lado e região em que ocorreram. **Resultados:** tanto os arcos que não sofreram como os que sofreram revenido, independente de sua secção transversal, apresentaram algum tipo de deformação quando submetidos à tensão. Arcos redondos revenidos apresentam maior deformação que os arcos retangulares revenidos. Arcos retangulares revenidos deformam menos que arcos retangulares não tratados e essa deformação foi menor para os arcos construídos a partir de varetas em relação aos pré-conformados de fábrica. O tempo de revenido de 30 seg promoveu uma redução de 35% no número de casos com deformação em relação aos arcos que não sofreram revenido. **Conclusão:** o revenido por passagem de corrente elétrica por 30 segundos promove a manutenção da forma do arco em 35% dos casos, sendo que arcos retangulares contribuem significativamente para esta porcentagem enquanto a contribuição dos arcos redondos é sutil.

Palavras-chave: Tratamento Térmico; Resistência à Tração; Ortodontia

## Introdução

A forma do arco tem sido motivo de estudo desde muito tempo<sup>1,2</sup>. Utilizou-se fórmulas matemáticas<sup>1,3-5</sup>, descrições métricas<sup>1,3</sup> e modelos<sup>1,5-7</sup> mas ainda não se conseguiu uma definição consistente quanto a forma de um arco ideal<sup>5,8</sup> tendo em vista a influência da musculatura de língua e bochecha e do padrão étnico<sup>4,6</sup>. Alguns autores consideram que a manutenção da forma do arco original do indivíduo, determinado pela relação do osso basal e dos dentes entre si<sup>4-6</sup> são fundamentais para a estabilidade do tratamento.<sup>3,4,6,8,9</sup>

O tratamento térmico produzido em fios de aço inoxidáveis com o intuito de liberar as tensões geradas na conformação do arco, não modifica as propriedades mecânicas, melhora a proporção carga/deflexão com uma deformação permanente de 40%<sup>10</sup> e aumenta a sua resistência às tensões da matigação<sup>11</sup>.

Os arcos pré-contornados oferecem ao ortodontista praticidade porém, os fios em vareta ou em rolo que precisam ser contornados apresentam um custo mais baixo e são a realidade diária de muitos profissionais.

O objetivo desta pesquisa é verificar alteração na forma de arco pré-contornado e contornado manualmente com e sem revenido por passagem de corrente elétrica, quando submetidos a forças de tração no sentido transversal e comparar as deformações existentes.

### **Materiais e método**

Foram utilizadas 15 varetas de secção transversal 0.019” x 0,025” e 15 varetas de secção transversal 0.020” todas da marca TP *Orthodontic* Brasil. Cada vareta foi seccionada ao meio e contornada em forma de parábola seguindo o *template* “Accu-Form” da marca Dentsply GAC (EUA) mandibular M (figura 1). Mais 15 arcos pré-contornados de fábrica de dimensão 0.019” x 0,025” e 15 arcos pré-contornados de fábrica de dimensão 0.020” todos da marca TP *Orthodontic* Brasil foram ajustados sobre o mesmo *template* para se ter meio de comparação, totalizando 60 corpos de prova. As seguintes linhas de referência foram marcadas: a linha média (que dividiu a parábola em lado esquerdo e direito) e mais duas linhas verticais, além de três linhas transversais (que dividiram a parábola em região anterior, média e posterior) como apontado na figura 1.

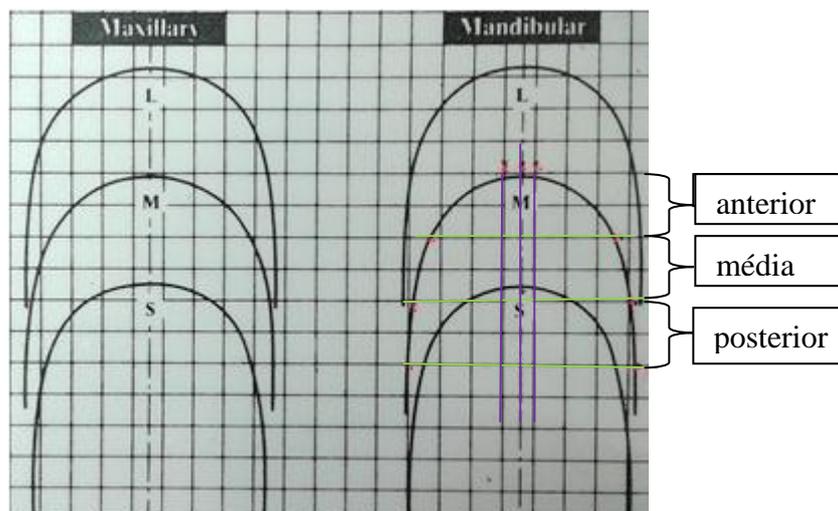


Figura 1 – *Template* indicando o diagrama selecionado para confecção das parábolas, bem como as linhas estabelecidas como referência.

As parábolas foram divididas em 12 grupos conforme o quadro 1:

	<b>Grupo</b>	<b>n</b>	<b>Tipo de construção da parábola</b>	<b>Tempo de revenido</b>
0,17 x 0,25" (RT)	1	5	Manual (M)	0(zero)
	2	5	Manual (M)	30seg
	3	5	Manual (M)	3min
	4	5	Pré-contornada (PC)	0(zero)
	5	5	Pré-contornada (PC)	30seg
	6	5	Pré-contornada (PC)	3min
0,20" (RD)	7	5	Manual (M)	0(zero)
	8	5	Manual (M)	30seg
	9	5	Manual (M)	3min
	10	5	Pré-contornada (PC)	0(zero)
	11	5	Pré-contornada (PC)	30seg
	12	5	Pré-contornada (PC)	3min

Quadro 1- distribuição dos 60 corpos de prova nos doze grupos utilizados na pesquisa.

O tratamento térmico foi realizado por passagem de corrente elétrica utilizando-se uma máquina de solda digital, super micro ponto, fabricada pela Kernit® (Figura 2) Indústria Mecatrônica Ltda, na cidade de Indaiatuba, SP, Brasil, modelo SMP 3000, tensão BIVOLT, potência 500W, corrente 4,0 / 2,0A, frequência 50 / 60Hz.

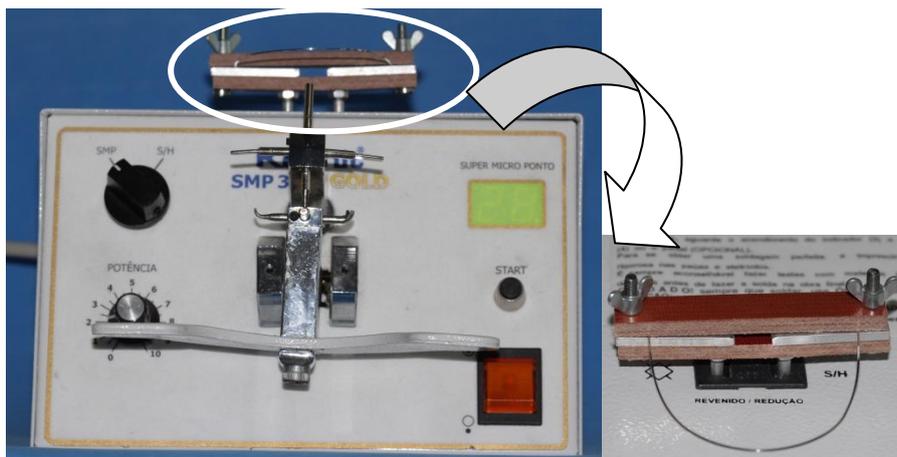


Figura 2 – Máquina de solda da Kernit com dispositivo para passagem de corrente elétrica em detalhe.

Após sofrer o revenido os arcos foram contornados segundo o diagrama selecionado. Os 60 corpos de prova foram então escaneados em uma multifuncional HP modado HP (Photosmart C4680 All-in-One, SP, Brasil), sobre o mesmo diagrama impresso em papel milimetrado, sendo identificados quanto a sua secção transversal (retangular ou redonda), sua construção (pré-contonada ou manual) e seu tratamento térmico (sem revenido, com revenido por 3min e com revenido por 30seg).

Todos os corpos de prova foram levados em seguida à uma máquina de ensaio EMIC (Figura 3) e foram submetidos a uma extensão máxima estabelecida em 30mm. Após a submissão às forças de tração no sentido transversal, todos os arcos foram escaneados da mesma maneira. As imagens escaneadas permitiram uma comparação, dentro da mesma secção transversal, dos arcos com e sem revenido após o ensaio mecânico. A presença de deformação foi anotada em milímetros quanto à quantidade, lado e região afetada.

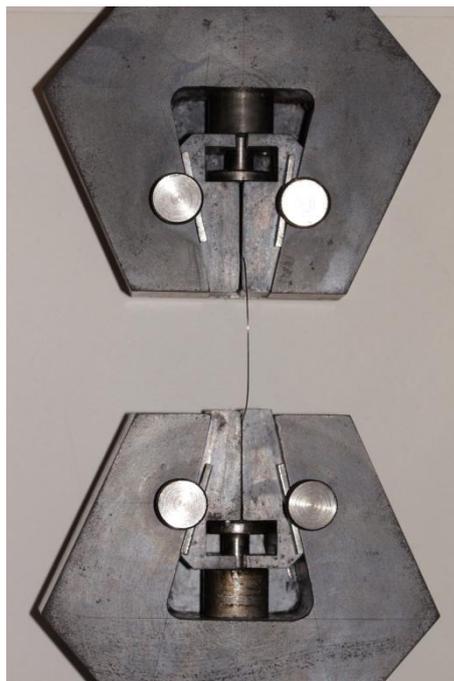


Figura 4- Arco pronto para receber deformação.

### Resultado

Os arcos foram analisados estatisticamente quanto a porcentagem do número de casos com deformação, levando em consideração a secção transversal retangular (RT) ou redonda (RD), a forma de construção manual (M) a partir de vareta ou pré-contornada (Pc) e segundo ao tempo de tratamento térmico: sem revenido (SR), revenido por 3 min (R) ou revenido por 30 seg (30s). A porcentagem de deformação em cada região do arco anterior (A), média (M) ou posterior (P) e o lado, direito (dir) ou esquerdo (esq) estão descritos na tabela 1. A coluna geral\* se refere aos casos que tiveram alguma deformação não levando em consideração seu lado e região.

Tabela 1 – Frequência e percentual de corpos de prova que tiveram deformação de acordo com as combinações de dimensão do arco (DA), tipo de construção(TC) e presença de tratamento térmico.

Dimensão do Arco	Tipo de Construção	Tratamento Térmico	Corpos de prova	A - Dir		A - Esq		M - Dir		M - Esq		P - Dir		P - Esq		Geral*	
				Casos com deformação	%												
RT	M	SR	5	-	0	-	0	-	0	2	40	-	0	4	80	4	80
RT	M	R	5	-	0	-	0	-	0	1	20	1	20	1	20	2	40
RT	M	30s	5	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	0	0
RT	Pc	SR	5	-	0	1	20	-	0	4	80	-	0	4	80	4	80
RT	Pc	R	5	-	0	-	0	-	0	2	40	-	0	1	20	2	40
RT	Pc	30s	5	-	0	-	0	-	0	1	20	1	20	2	40	3	60
RD	M	SR	5	3	60	2	40	3	60	2	40	3	60	2	40	5	100
RD	M	R	5	3	60	2	40	3	60	2	40	4	80	4	80	5	100
RD	M	30s	5	1	20	-	0	1	20	4	80	1	20	4	80	4	80
RD	Pc	SR	5	-	0	-	0	-	0	2	40	1	20	3	60	5	100
RD	Pc	R	5	1	20	1	20	1	20	3	60	1	20	3	60	4	80
RD	Pc	30s	5	-	0	1	20	1	20	4	80	1	20	3	60	4	80

\*Corpos de prova que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões.

O comportamento dos arcos quanto a sua secção transversal retangular (RT) ou redonda (RD), seu tipo de construção manual a partir de vareta (M) ou pré-contornada (Pc) e o tempo de revenido zero (SR), 3min (R), 30seg(30s) está descrito na tabela 2 levando em consideração os casos que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e região (Geral\*).

Tabela 2- Avaliação da associação dos fatores dimensão do arco, tipo de construção do arco e tratamento térmico com a deformação.

Dimensão do arco	Tipo de construção	Tratamento térmico	Corpos de prova	Geral*	
				Casos com deformação	%
RT	M	SR	5	4	80%
RT	M	R	5	2	40%
RT	M	30s	5	0	0%
RT	Pc	SR	5	4	80%
RT	Pc	R	5	2	40%
RT	Pc	30s	5	3	60%
RD	M	SR	5	5	100%
RD	M	R	5	5	100%
RD	M	30s	5	4	80%
RD	Pc	SR	5	5	100%
RD	Pc	R	5	4	80%
RD	Pc	30s	5	4	80%

A comparação, em porcentagem, dos casos com deformação para arcos sem revendido (SR) com revendido por 3min (R) e por 30seg (30s) estão descritos na tabela 3. Para a análise estatística foi utilizado o teste Qui-quadrado. A linha Geral\* se refere aos casos que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões.

Tabela 3 – comparação dos tratamentos térmicos sem considerar dimensão e tipo de construção. A: sem tratamento (SR), tratados por 3min (R) e tratados por 30seg (30s).

Região-lado		SR (n=20)	R (n=20)	30s (n=20)	Valor de p*
<b>A - Dir</b>	num def	3	4	1	0,364
	%	15,00%	20,00%	5,00%	
<b>A - Esq</b>	num def	3	3	1	0,524
	%	15,00%	15,00%	5,00%	
<b>M - Dir</b>	num def	3	4	2	0,676
	%	15,00%	20,00%	10,00%	
<b>M - Esq</b>	num def	10	8	9	0,817
	%	50,00%	40,00%	45,00%	
<b>P - Dir</b>	num def	4	6	3	0,503
	%	20,00%	30,00%	15,00%	
<b>P - Esq</b>	num def	13	9	9	0,344
	%	65,00%	45,00%	45,00%	
<b>Geral*</b>	num def	18	13	11	0,045
	%	90,00%	65,00%	55,00%	

\* Teste de Qui-quadrado,  $p < 0,05$

\*\*Corpos de prova que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões.

A tabela 4 compara a deformação dos arcos retangulares e redondos em relação à submissão (R+30s) ou não (SR) ao revenido sem considerar o tipo de construção da parábola.

Tabela 4– Comparação dos tratamentos térmicos sem considerar tipo de construção. A: em parábolas retangulares. B em parábolas redondas.

<b>A</b>					<b>B</b>				
Região-lado		SR (n=10)	R+30s (n=20)	Valor de p	Região-lado		SR (n=10)	R+30s (n=20)	Valor de p*
<b>A - Dir</b>	num def	0	0	1 <sup>a</sup>	<b>A - Dir</b>	num def	3	5	0,77
	%	0,00%	0,00%			%	30,00%	25,00%	
<b>A - Esq</b>	num def	1	0	0,333 <sup>a</sup>	<b>A - Esq</b>	num def	2	4	1
	%	10,00%	0,00%			%	20,00%	20,00%	
<b>M - Dir</b>	num def	0	0	1 <sup>a</sup>	<b>M - Dir</b>	num def	3	6	1
	%	0,00%	0,00%			%	30,00%	30,00%	
<b>M - Esq</b>	num def	6	4	0,028 <sup>b</sup>	<b>M - Esq</b>	num def	4	13	0,193
	%	60,00%	20,00%			%	40,00%	65,00%	
<b>P - Dir</b>	num def	0	2	0,540 <sup>a</sup>	<b>P - Dir</b>	num def	4	7	0,789
	%	0,00%	10,00%			%	40,00%	35,00%	
<b>P - Esq</b>	num def	8	4	0,002 <sup>b</sup>	<b>P - Esq</b>	num def	5	14	0,284
	%	80,00%	20,00%			%	50,00%	70,00%	
<b>Geral*</b>	num def	8	7	0,020 <sup>b</sup>	<b>Geral**</b>	num def	10	17	0,197
	%	80,00%	35,00%			%	100,00%	85,00%	

a Teste exato de Fisher,  $p < 0,05$

b Teste de Qui-quadrado,

$p < 0,05$

\*Corpos de prova que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões.

## Discussão

Apesar dos esforços para se definir uma forma de arco ideal utilizando os mais diversos tipos de métodos<sup>1</sup>, alguns autores a consideram individual<sup>6,8,12</sup> e dependente de certos fatores como osso basal<sup>5,6,8</sup>, tamanho e inclinação dos dentes posteriores<sup>5</sup>. A preservação da distância intercanino, intermolar e/ou a manutenção da forma original do arco são considerados como fator/es de estabilidade<sup>4,6,9</sup>. Exemplo desta estabilidade pode ser verificada nos estudos de Baluta e Lavelle<sup>2</sup>, Felton et al.<sup>12</sup> em relação a tratamentos de

pacientes classe II sem extração observados no período de pós tratamento decorrentes da pouca redução do comprimento total do arco. Essa mesma estabilidade foi encontrada nos casos sem extração com expansão da região de pré-molar<sup>3</sup>. Os arcos pré-contornados podem ser utilizados com cuidado em relação à forma ideal de arco<sup>13</sup> tendo em vista que nenhum desse tipo de arco da amostra de Felton et al<sup>12</sup> se aproximou da forma da amostra considerada normal.

A presente pesquisa além da dimensão redonda do arco considerada por Coughi<sup>14</sup> e de arcos pré-contornados<sup>13</sup>, leva em consideração a dimensão retangular e o contorno manual. Como pode ser observado na tabela 1 a deformação decorrente de força de tração ocorreu em maior número de casos na região posterior esquerda. Dos corpos de prova que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões, aqueles que não sofrem revenido foram oito retangulares e dez redondos (metade deles pré-contornado, metade contornado manualmente). Aqueles que sofreram revenido por 3min foram quatro retangulares (metade pré-contornado e metade manual) e nove foram redondos (quatro pré-contornado e cinco manual). Aqueles que sofreram revenido por 30seg foram três retangulares (pré-contornados) e 8 redondos (metade pré-contornado e metade manual). O revenido por 30seg promoveu uma redução dos casos com deformação em relação aos sem tratamento de aproximadamente 35%.

Para os fios de secção transversal redonda o tratamento térmico promoveu uma sutil melhora nos casos com deformação, especialmente quando a forma do arco foi pré-contornada. Os arcos retangulares se comportaram de forma inversa, pois aqueles tratados termicamente que apresentaram menor deformação à força de tensão foram os confeccionados manualmente a partir de vareta (Tabela 2).

Os resultados da presente pesquisa está de acordo com as conclusões de dois estudos que consideraram que o tratamento térmico por corrente elétrica promove uma

reorganização molecular do arco com a manutenção de suas propriedades mecânica<sup>10</sup>, sendo responsáveis por uma resistência às alterações transversais<sup>11,12</sup>.

Comparando os arcos sem tratamento térmico, tratados por corrente elétrica por 3min e tratados por corrente elétrica por 30seg sem considerar sua secção transversal e o tipo de construção, em ordem crescente de deformação com significância estatística, os arcos revenidos por 30seg apresentaram menor deformação que aqueles tratados por 3min e os arcos não tratados apresentam alguma deformação em 90% dos casos (tabela 3). Apesar da pesquisa não considerar proporções importantes para movimentação dentária como momento/força e carga/deflexão, o estudo de Miura et al.<sup>10</sup> apontou que o tratamento térmico reduziu a proporção carga/deflexão em aproximadamente 29%. Fato bastante positivo tendo em vista que, quanto mais baixa esta proporção, menores e mais constantes serão as forças geradas.

Agrupando os arcos retangulares submetidos ao revenido e comparando-os com os não tratados, sem considerar se ele foi confeccionado manualmente ou foi contornado industrialmente, o revenido promoveu uma redução significativa de 45% dos casos com deformação em relação aos não tratados. O mesmo não pode ser dito para os arcos redondos, que tiveram uma redução mais sutil e não significativa de 15% (tabela 4). O fato dos arcos redondos responderem dessa forma ao revenido em relação aos retangulares deve-se, provavelmente, a sua secção transversal mais delgada. Para esses arcos (redondos) um revenido por tempo inferior a 30seg poderia ser mais efetivo. Cabe mais estudos a respeito.

Tendo em vista que a manutenção da forma do arco é uma condição de estabilidade, o tratamento térmico por corrente elétrica especialmente para arcos retangulares, quer seja ela confeccionado manualmente quer seja adquirido com uma determinada forma definida pela empresa que o produz, parece ser um procedimento

indicado para obtenção de um resultado mais duradouro, em que pese à necessidade de um estudo clínico a respeito.

### **Conclusão**

O tratamento térmico reduz a intensidade de alterações na forma do arco;

Tratamento térmico por passagem de corrente elétrica por 30seg é suficiente para aumentar os casos sem deformação, principalmente nos arcos retangulares

Arcos retangulares tratados termicamente apresentam menos deformação quando confeccionados a partir de varetas.

### **Referências**

1. Rudge SJ. Dental arch analysis: arch form a review of the literature. *Eur J Orthod.* 1981;3:279-284.
2. Baluta J, Lavelle CLB. An analysis of dental arch form. *Eur J Orthod.* 1987;9:165-171.
3. BeGole EA, Fox DL, Sadowsky C. Analysis of change in arch form with premolar expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(3):307-315.
4. McNamara C, Sandy JR, Ireland AJ. Effect of arch form on the fabrication of working archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138:257.e1-8.
5. Lee SJ, Lee S, Lim J, Park HJ, Wheeler TT. Method to classify dental arch forms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140:87-96.
6. Slaj M, Spalj S, Jelusic D, Slaj M. Discriminat factor analysis of dental arch dimensions with 3-dimensional virtual models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140:680-687.
7. AlHarbi S, AlKofide EA, AlMadi A. Mathematical analyses of dental arch curvature in norma occlusion. *Angle Orthod.* 2008;78:281-287.
8. Ronay V, Miner RM, Will LA, Arai K. Mandibular arch form: the relationship between dental and basal anatomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134:430-438.
9. de la Cruz A, Sampson P, Little RM, Artun J, Shapiro PA. Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. *Am J Orthod Dentofacial Orthod.* 1995;107:518-530.
10. Miura F, Mogi M, Ohura Y. Japanese NiTi alloy wire: use of the direct electric resistance heat treatment method. *Eur J Orthod.* 1988;10:187-191.

11. Richman GY. Practical metallurgy for the orthodontist. *Am J Orthod.* 1956; 42:573-587.
12. Felton JM, Sinclair PM, Jones DL, Alexander RG. A computerized analysis of the shape and stability of mandibular arch form. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;92:478-483.
13. Knox J, Jones M, Durning P. An ideal preformed archwire? *Br J Orthod.* 1993;20:65-70.
14. Coughi OA, Kasbergen GF, Santos PH, Mendonça MR, Tondelli PM. Effect of heat treatment on stainless steel orthodontic wires. *Braz Oral Res.* 2011;25:128-134.

## 6. Referências

1. AlHarbi S, AlKofide EA, AlMadi A. Mathematical analyses of dental arch curvature in norma occlusion. *Angle Orthod.* 2008;78(2):281-7.
2. Almeida FC, Mariuzzo Jr O, Ferreira I. Conceitos da área de engenharia e ciência dos materiais em ortodontia. *J Bras Ortodontia Ortop Maxilar.* 1996;1(3):29-41.
3. Baluta J, Lavelle CL. An analysis of dental arch form. *Eur J Orthod.* 1987;9(2):165-71.
4. BeGole EA, Fox DL, Sadowsky C. Analysis of change in arch form with premolar expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(3):307-15.
5. Chiaverini V. Aços e ferros fundidos. 7ªed. São Paulo:ABM;2012. Definições, diagrama de equilíbrio ferro-aço, efeito dos elementos da liga sobre as linhas de transformação; p. 21-40.
6. Chiaverini V. Aços e ferros fundidos. 7ªed. São Paulo:ABM;2012. Tratamento térmico dos aços, recozimento, normalização, têmpera e revenido, coalescimento; p. 81-104.
7. Choy K, Pae EK, Park Y, Kim KH, Burstone CJ. Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(1):98-105.
8. Coimbra MER, Elias CN, Ruellas ACO, Araújo MTS. Desempenho de alças ortodônticas para fechamento de espaço. *Rev Bras Odontol.* 2010;67(1):86-91.
9. Coimbra ME, Penedo ND, de Gouvêa JP, Elias CN, de Souza Araujo MT, Coelho PG. Mechanical testing and finite element analysis of orthodontic teardrop loop. *Am J Orthod Dent Orthop.* 2008;133(2):188.e10-188.e13.
10. Coughi OA, Kasbergen GF, Santos PH, Mendonça MR, Tondelli PM. Effect of heat treatment on stainless steel orthodontic wires. *Braz Oral Res.* 2011;25(2):128-34.
11. de la Cruz A, Sampson P, Little RM, Artun J, Shapiro PA. Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107(5):518-30.
12. Felton JM, Sinclair PM, Jones DL, Alexander RG. A computerized analysis of the shape and stability of mandibular arch form. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;92(6):478-83.
13. Gonzales C, Hotokezaka H, Yohimatsu M, Yozgatian JH, Ali Daremdeliler M, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod.* 2008;78(3):502-9.
14. Hixon EH, Atikian H, Callow GE, McDonald HW, Tacy RJ. Optimal force, differential force, and anchorage. *Am J Orthod.* 1969;55(5):437-57.
15. Howe GL, Greener EH, Crimmins DS. Mechanical properties and stress relief of stainless steel orthodontic wire. *Angle Orthod.* 1968;38(3):244-9.

16. Kapila S, Sachdeva R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989;96(2):100-9.
17. Knox J, Jones M, Durning P. An ideal preformed archwire? *Br J Orthod*. 1993;20(1):65-70.
18. Krishnan V, Kumar KJ. Mechanical properties and surface characteristics of three archwire alloys. *Angle Orthod*. 2004;74(6):825-31.
19. Lane DF, Nikolai RJ. Effects of stress relief on the mechanical properties of orthodontics wire loops. *Angle Orthod*. 1980;50(2):139-45.
20. Lee SJ, Lee S, Lim J, Park HJ, Wheeler TT. Method to classify dental arch forms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011;140(1):87-96.
21. Lino AP. Avaliação de propriedades mecânicas da alça de retração ortodôntica em função do tratamento térmico e dimensões. *OrtodontiaSPO*. 1973;6(1):15-24.
22. McNamara C, Sandy JR, Ireland AJ. Effect of arch form on the fabrication of working archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;138(3):257.e1-8.
23. Miura F, Mogi M, Ohura Y. Japanese NiTi alloy wire: use of the direct electric resistance heat treatment method. *Eur J Orthod*. 1988;10(3):187-91.
24. Oh KT, Kim KN. Ion release and cytotoxicity of stainless steel wires. *Eur J Orthod*. 2005;27(6):533-40.
25. Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod*. 1957;43(1):32-45.
26. Richman GY. Practical metallurgy for the orthodontist. *Am J Orthod*. 1956; 42(8):573-87.
27. Rodrigues EU, Maruo H, Guariza Filho O, Tanaka O, Carmargo ES. Mechanical evaluation of space closure loops in orthodontics. *Braz Oral Res*. 2011;25(1):63-8.
28. Ronay V, Miner RM, Will LA, Arai K. Mandibular arch form: the relationship between dental and basal anatomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;134(3):430-8.
29. Rudge SJ. Dental arch analysis: arch form a review of the literature. *Eur J Orthod*. 1981;3(4):279-84.
30. Scalza Neto P, Mucha JN, Chevitarrese O. Mola de fechamento de espaços em ortodontia em forma de lágrima: desempenho em tração. *Rev Bras Odontol*. 1985;42(6):22-9.
31. Shimizu RH, Sakima T, Pinto AS, Shimizu IA. Estudo dos sistemas de forças gerados pelas alças ortodônticas para fechamento de espaços. *J Bras Ortodon Ortop Facial*. 2002-a;7(41):371-87.

32. Shimizu RH, Sakima T, Santos-Pinto A, Spinelli D, Shimizu IA. Comportamento mecânico da alça Bull modificada durante o fechamento de espaços em ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial*. 2002-b;7(2):13-24.
33. Slaj M, Spalj S, Jelusic D, Slaj M. Discriminat factor analysis of dental arch dimensions with 3-dimensional virtual models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011;140(5):680-7.
34. Thiesen G, Menezes LM, Cardoso MA, Ritter DE, Locks A. Avaliação das forças liberadas por diferentes tipos de alças de fechamento de espaço utilizadas em ortodontia. *Ortodon Gauch*. 2001;5(2):86-91.
35. Thiesen G, Rego MVNN, Menezes LM, Shimizu RH. Desempenho mecânico de alças em gota com e sem helicóide utilizadas para o fechamento de espaços em ortodontia. *Rev Fac Odonto P Alegre*. 2004;45(2):21-30.
36. Thiesen G, Shimizu RH, Do Valle CVM, Do Valle-Corotti KM, Pereira JR, Conti PCR. Determination of the force systems produced by different configurations of tear drop orthodontic loops. *Dental Press J Orthod*. 2013;18(2):19.e1-19e18.
37. Waters NE, Houston WJ, Stephens CD. The heat treatment of wire: a preliminary report. *Br J Orthod*. 1976;3(4):217-22.
38. Williams BR, Caputo AA, Chaconas SJ. Orthodontic effects of loop design and heat treatment. *Angle Orthod*. 1978;48(3):235-9.

## 7. Apêndice

Tabela 1- Avaliação da associação dos fatores dimensão do arco, tipo de construção do arco e tratamento térmico com a deformação.

Dimensão do arco	Tipo de construção	Tratamento térmico	Corpos de prova	A - Dir		A - Esq		M - Dir		M - Esq		P - Dir		P - Esq		Geral*	
				Casos com deformação	%												
RT	M	SR	5	0	0	0	0	0	0	2	40	0	0	4	80	4	80
RT	M	R+30s	10	0	0	0	0	0	0	1	10	1	10	1	10	2	20
RT	Pc	SR	5	0	0	1	20	0	0	4	80	0	0	4	80	4	80
RT	Pc	R+30s	10	0	0	0	0	0	0	3	30	1	10	3	30	5	50
RD	M	SR	5	3	60	2	40	3	60	2	40	3	60	2	40	5	100
RD	M	R+30s	10	4	40	2	20	4	40	6	60	5	50	8	80	9	90
RD	Pc	SR	5	0	0	0	0	0	0	2	40	1	20	3	60	5	100
RD	Pc	R+30s	10	1	10	2	20	2	20	7	70	2	20	6	60	8	80

\*Corpos de prova que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões

Tabela 2- Comparação dos tratamentos térmicos dentro do tipo de construção manual (sem considerar a dimensão do arco).

Região-lado		SR (n=10)	R+30s (n=20)	Valor de p*
<b>A - Dir</b>	num def	3	4	0,542
	%	30,00%	20,00%	
<b>A - Esq</b>	num def	2	2	0,448
	%	20,00%	10,00%	
<b>M - Dir</b>	num def	3	4	0,542
	%	30,00%	20,00%	
<b>M - Esq</b>	num def	4	7	0,789
	%	40,00%	35,00%	
<b>P - Dir</b>	num def	3	6	1
	%	30,00%	30,00%	
<b>P - Esq</b>	num def	6	9	0,439
	%	60,00%	45,00%	
<b>Geral**</b>	num def	9	11	0,055
	%	90,00%	55,00%	

\* Teste de Qui-quadrado,  $p < 0,05$

\*\* Corpos de prova que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões.

Tabela 3- Comparação dos tratamentos térmicos dentro do tipo de construção pré-contornado (sem considerar a dimensão).

Região-lado		SR (n=10)	R+30s (n=20)	Valor de p*
<b>A - Dir</b>	num def	0	1	1
	%	0,00%	5,00%	
<b>A - Esq</b>	num def	1	2	1
	%	10,00%	10,00%	
<b>M - Dir</b>	num def	0	2	0,54
	%	0,00%	10,00%	
<b>M - Esq</b>	num def	6	10	0,605
	%	60,00%	50,00%	
<b>P - Dir</b>	num def	1	3	0,704
	%	10,00%	15,00%	
<b>P - Esq</b>	num def	7	9	0,196
	%	70,00%	45,00%	
<b>Geral**</b>	num def	9	13	0,144
	%	90,00%	65,00%	

\* Teste de Qui-quadrado,  $p < 0,05$

\*\* Corpos de prova que tiveram pelo menos uma deformação considerando os diferentes lados e regiões.

## **8. Anexo**

Link para normas dos artigos A e B segundo a revista The Angle Orthodontist:  
<http://www.angle.org/page/submit>