RAFAEL GOLGHETTO DOMINGOS

Análise fotoelástica da distribuição de tensões nas raízes dos dentes anteroinferiores decorrentes de diferentes mecânicas de retração

São Paulo

2018

RAFAEL GOLGHETTO DOMINGOS

Análise fotoelástica da distribuição de tensões nas raízes dos dentes anteroinferiores decorrentes de diferentes mecânicas de retração

Versão Original

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas para obter o título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ortodontia

Orientador: Prof. Dr. João Batista de Paiva

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Domingos, Rafael Golghetto.
Análise fotoelástica da distribuição de tensões nas raízes dos dentes anteroinferiores decorrentes de diferentes mecânicas de retração / Rafael Golghetto Domingos ; orientador João Batista de Paiva. -- São Paulo, 2018.
163p. : fig., tab., graf. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Ortodontia. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.
Versão original

1. Ortodontia corretiva. 2. Técnicas de movimentação dentária. 3. Fechamento de espaço ortodôntico. I. Paiva, João Batista de. II. Título.

Domingos RG. Análise fotoelástica da distribuição de tensões nas raízes dos dentes anteroinferiores decorrentes de diferentes mecânicas de retração. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: / /2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a)._____

Instituição: _____Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a)._____

Instituição: _____Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a)._____

Instituição: _____Julgamento: _____

Aos meus pais, Vanderlei e Fátima (*in memorian*), pelo amor dado, pela educação ensinada, pela minha formação como pessoa, pela paciência e pelo apoio que me deram durante todos estes anos. Sou grato por tudo e amo vocês!

À minha esposa Fernanda, minha companheira há tantos anos, que me apoia desde o início da minha trajetória. Uma mulher dedicada, inteligente e que sempre me encoraja quando preciso. Eu te amo!

À minha filha Lara! Tão querida e desejada! Espero que eu possa ser um bom exemplo e que você siga um caminho de sucesso! Eu te amo!

A Deus, que sempre ilumina meu caminho e permite que eu seja tudo o que sou e alcance as minhas conquistas. Espero que eu ainda tenha muitos propósitos aqui na Terra!

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Jorge Abrão, presente em toda a minha formação na Ortodontia, eu agradeço por todos os ensinamentos transmitidos nos meios acadêmico e pessoal, pela confiança, pela oportunidade, apoio e incentivo. Exemplo de professor a ser seguido não apenas por todo o seu imenso conhecimento em Ortodontia, mas também pelo seu caráter e ética. Muito obrigado por tudo e que venham mais frutos!

Ao Professor Doutor João Batista de Paiva pela confiança durante a minha jornada, por me orientar durante a realização deste trabalho e por tão bem me receber no Departamento de Ortodontia da FOUSP.

À Professora Doutora Dalva Cruz Laganá por sempre ser tão gentil, paciente, disposta e atenciosa ao transmitir seus conhecimentos durante toda a orientação deste trabalho e pelos aconselhamentos dentro e fora da vida acadêmica.

À Professora Doutora Lylian Kazumi Kanashiro por sempre ser tão gentil e atenciosa ao me orientar tanto nas atividades clínicas e laboratoriais de Ortodontia da graduação quanto fora da vida acadêmica.

Aos demais professores do Departamento de Ortodontia e Odontopediatria da FOUSP, Prof. Dr. André Tortamano, Profa. Dra. Gladys Cristina Dominguez-Morea, Prof. Dr. José Rino Neto e Profa. Dra. Solange Mongelli de Fantini, pelo convívio amigável e por auxiliarem durante a minha formação dentro do curso do mestrado.

Ao Professor Doutor André Felipe Abrão, pela amizade e por me apoiar e orientar dentro do mundo da Ortodontia desde a época da especialização.

Ao Professor Doutor Belini Augusto Villalba Freire-Maia por dividir seus conhecimentos durante as clínicas da disciplina de Ortodontia da graduação ao longo do meu curso de mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Ortodontia e Odontopediatria da FOUSP: Antônio Edilson Lopes Rodrigues, Edina Lúcia Brito de Souza, Ronaldo Carvalho e Viviane Tkaczuk Passiano, por toda a paciência e disposição em me auxiliar frente às minhas requisições.

Aos meus amigos de pós-graduação: Almir Lima Júnior, Annelise Nazareth Cunha Ribeiro, Bruno de Paula Machado Pasqua, Carolina Lapaz Vivan, Caroline Maria Gomes Dantas, Daniele Sigal Linhares, Daniella Prado Ferreira, Eloisa Peixoto Soares Ueno, Fábio Yanikian, Felippe Gallego Tsujinaka, Helena Cristina Francisco Pereira da Silva, Juliana Daia Cruz, Liana Fattori Abati, Lucas Cardinal da Silva, Michelle Sendik-Tichauer, Patrick Cavallini Saraiva, Renata de Farias Santos, Ricardo Alves de Souza, Simone Peixe Friedrichsdorf, Tadeu Evandro Mendes Júnior e Taiana de Oliveira Baldo Esteves. Obrigado por tornarem este caminho mais fácil e proveitoso!

Aos estagiários nas atividades junto à graduação Felipe Corsino de Paiva e Marcus Paulo Ruffo Trunzo, pela ajuda e amizade.

Aos Estagiários da Clínica de Pesquisa em Pacientes Adultos do Departamento de Ortodontia da FOUSP: Giselle Guimarães do Carmo, Kátia Rie Yabiku Utsunomiya, Letícia Brito Machado Barbosa, Rosane Ogata, Rachelle Elisa Arantes Gobo, Cláudia Rodrigues Martins Pereira, Leandro Giuseppim Toledo e Larissa Joseli Avelino.

Às bibliotecárias Glauci Elaine Damasio Fidélis e Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro pela atenção e excelência durante a correção e normatização desta dissertação.

Aos funcionários da biblioteca da FOUSP por serem prestativos e atenciosos quando solicitados.

À Maria Cristina Falcão Curci Puraca, técnica do laboratório de pesquisa do Departamento de Prótese da FOUSP, pela ajuda durante a etapa laboratorial deste trabalho.

Ao engenheiro Leonardo Gonçalves Fecchio, meu grande amigo de longa data, pela ajuda no entendimento dos vetores de força e nas ilustrações deste trabalho.

A todas as pessoas que de maneira direta ou indireta contribuíram de alguma maneira na produção deste trabalho e realização deste sonho.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”.

Leonardo da Vinci

RESUMO

Domingos RG. Análise fotoelástica da distribuição de tensões nas raízes dos dentes anteroinferiores decorrentes de diferentes mecânicas de retração [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

A retração dos dentes anteriores por meio de técnicas ortodônticas é indicada quando existe a vestibularização excessiva dos incisivos, evidente nos casos de classe I de Angle com biprotrusão dento-alveolar, classe II de Angle divisão 1ª, ou classe III de Angle de origem dentária - comprometendo a função oral e a estética facial. Existem diversas mecânicas para se realizar tal movimento. O objetivo deste estudo foi analisar, por meio da fotoelasticidade, como se distribuem as tensões geradas, por diferentes tipos de mecânicas de retração, ao longo das raízes dos dentes anteroinferiores. Um modelo fotoelástico foi confeccionado em resina epóxi flexível, simulando um arco com os primeiros pré-molares extraídos, pronto para se iniciar a retração anteroinferior. Foram preparados sessenta arcos de retração, sendo quinze para cada tipo de mecânica avaliada: deslize, alça de Bull modificada, alça T e arco de dupla chave. A força de ativação da retração foi padronizada em 240 gramas para cada lado do arco - sendo sempre aferida com dinamômetro ortodôntico. Estratégias para o controle vertical do segmento anterior foram realizadas durante a ativação de retração, tais como efeito Gable e ganchos longos na mecânica de deslize. O comportamento das tensões foi observado no modelo fotoelástico, com o polariscópio circular na configuração de campo escuro, e fotografado sob três perspectivas: frontal, oclusal e oblíqua. Na frontal foram observados os incisivos, e comparadas as tensões entre as mecânicas, entre os terços radiculares e entre estes dentes. Na oclusal foram comparadas as tensões entre as mecânicas e entre os seis dentes anteriores. Na oblíqua foram comparadas as tensões entre as mecânicas e entre os terços radiculares do canino esquerdo. As fotografias foram analisadas e as ordens de franjas fotoelásticas anotadas em planilhas. A repetibilidade do método foi feita pela análise de kappa. A análise estatística foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn. Os resultados mostraram que na perspectiva frontal não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre as quatro mecânicas de retração,

avaliadas ao longo das raízes dos incisivos; entretanto, a mecânica de alça de Bull modificada apresentou discreta tendência em apresentar maiores tensões; em uma mesma mecânica, as maiores magnitudes de tensões concentraram-se nas regiões cervicais e de maneira homogênea ao longo dos quatro incisivos. Na perspectiva oclusal, a mecânica da alça de Bull modificada apresentou maiores tensões, seguida da mecânica com alça T, arco dupla chave e deslize; em uma mesma mecânica, as tensões concentraram-se nos caninos em relação aos incisivos. Na perspectiva oblíqua, a alça de Bull modificada gerou maiores tensões nas regiões cervicais do canino, sendo que nas regiões apicais não houve diferenças de tensões entre as quatro mecânicas; em uma mesma mecânica, existiu a formação de maiores tensões nas regiões cervicais. Ao se comparar as mecânicas, observou-se que a técnica do deslize apresentou as menores tensões e a alça de Bull modificada as maiores tensões nas regiões estudadas.

Palavras-chave: Ortodontia Corretiva. Técnicas de Movimentação Dentária. Fechamento de Espaço Ortodôntico.

ABSTRACT

Domingos RG. Photoelastic analysis of stress distribution on the root of anteroinferior teeth caused by several retraction mechanics [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

The orthodontic retraction of the anterior teeth is indicated when the patient have a malocclusion with excessive vestibularization of the incisors, evident in cases of Angle class I with biprotrusion, Angle class II first division, or Angle class III with dental origin; compromising oral function and facial aesthetics. Several mechanics are indicated to perform this movement. The objective of this study was to analyze, using photoelasticity, how strains generated by different types of retraction mechanics are distributed along the roots of the anteroinferior teeth. A photoelastic model was made of flexible epoxy resin, simulating an arch with the first premolars extracted, ready to initiate the anteroinferior retraction. Sixty retraction arches were prepared, fifteen for each type of mechanics evaluated: slide, teardrop loop, T loop and double-key loop. The activation force of retraction was standardized in 240 grams for each side of the arch, always measured with orthodontic dynamometer. Strategies were performed for vertical control of the anterior segment during the activation of retraction, such as Gable bend and long hooks in sliding mechanics. The behavior of the strains was observed in the photoelastic model with a circular polariscope in the dark field configuration, and photographed in three perspectives: frontal, occlusal and oblique. In the frontal perspective the incisors were observed, and the strains were compared among the mechanics, among the root thirds and among these teeth. In the occlusal perspective, the strains were compared among the mechanics and among the six anterior teeth. From the oblique perspective, tensions were compared among mechanics and among root thirds of the left canine. The photographs were analyzed and the photoelastic fringe orders were annotated in spreadsheets. The repeatability of the method was done by kappa analysis. Statistical analysis was performed by the Kruskal-Wallis test complemented by the Dunn test. The results showed that in the frontal perspective there were no statistically significant differences among the four retraction mechanics evaluated along the roots of the incisors; however, the teardrop loop mechanics showed a slight

tendency to present higher strains; in the same mechanics the largest magnitudes of strains were concentrated in the cervical regions and homogeneously along the four incisors. In the occlusal perspective, the teardrop loop mechanics presented greater strains, followed by T loop, double key loop and sliding; in the same mechanics, the strains were concentrated in the canines in relation to the incisors. From the oblique perspective, the teardrop loop mechanics generated greater strains in the cervical regions of the canine, and in the apical regions there were no differences in strains among the four mechanics; in the same mechanics there was the formation of greater strains in the cervical regions. When comparing the mechanics, it was observed that the sliding presents the lower strains and the teardrop loop the greater tensions in the studied regions.

Keywords: Orthodontics, Corrective. Tooth Movement Techniques. Orthodontic Space Closure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - A) Localização do centro de resistência (C res), que varia em função do meio circundante (osso alveolar) e posicionamento do centro de rotação (C rot). B) quando o dente está sujeito a apenas uma força, o que provoca a sua inclinação. C) Movimento de translação pura.....32

Figura 2.2 - Movimento de translação. A seta vermelha representa a força aplicada ao dente e o momento de força, a seta azul representa a forçado fio no interior do bráquete e o momento contrário 33

Figura 2.3 - À esquerda: sistema de forças gerado por uma força aplicada abaixo do centro de resistência dos dentes. À direita: o sistema de forças gerado por uma força aplicada ao nível do centro de resistência dos dentes....34

Figura 2.4 - Esquema de polariscópio circular 40

Figura 2.5 - Aspectos das franjas isoclínicas (a) e isocromáticas (b) 41

Figura 2.6 - Demonstração dos valores das franjas isocromáticas 42

Quadro 4.1 - Materiais utilizados neste trabalho 51

Figura 4.1 - Dentes artificiais montados em arco de aço 0.021"x0.025" 53

Figura 4.2 - Arco dentário incluído em cera 7 derretida no dique.....54

Figura 4.3 - Molde do enceramento, já isento de resíduos de cera 55

Figura 4.4 - Câmara de vácuo utilizada para remover as bolhas de ar da resina 55

Figura 4.5 - Modelo fotoelástico finalizado 56

Figura 4.6 - Tubo do primeiro molar conjugado ao mini-implante fixado na região posterior da base acrílica.....57

Figura 4.7 - Modelo referente à mecânica de deslize já ativado..... 58

Figura 4.8 - Modelo referente à mecânica com alça de Bull modificada já ativado .. 58

Figura 4.9 - Modelo referente à mecânica com alça “T” já ativado..... 59

Figura 4.10 - Modelo referente à mecânica com arco de dupla chave já ativado..... 60

Figura 4.11 - Dinamômetro utilizado no estudo 60

Figura 4.12 - Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica de deslize 61

Figura 4.13 - Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica com alça de Bull modificada 62

Figura 4.14 - Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica com alça T 62

Figura 4.15 - Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica com arco de dupla chave 63

Figura 4.16 - Polariscópio circular do laboratório de pesquisa do Departamento de Prótese da FOUSP..... 64

Figura 4.17 - Exemplo do padrão de fotografia realizada no modelo fotoelástico na perspectiva frontal 65

Figura 4.18 - Exemplo do padrão de fotografia realizada no modelo fotoelástico na perspectiva oclusal..... 65

Figura 4.19 - Exemplo do padrão de fotografia realizada no modelo fotoelástico na perspectiva oblíqua 66

Figura 4.20 - Regiões selecionadas para análise na perspectiva frontal..... 67

Figura 4.21 - Regiões selecionadas para análise na perspectiva oclusal 67

Figura 4.22 - Regiões selecionadas para análise na perspectiva oblíqua.....68

Quadro 4.2 - Valores de kappa segundo Landis e Koch (1977).....68

Figura 5.1 - Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica de deslize ..72

Figura 5.2 - Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica com alça de Bull modificada 73

Figura 5.3 - Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica com alça T.74

Figura 5.4 - Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica com arco de dupla chave 75

Figura 5.5 - Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica de deslize.76

Figura 5.6 - Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica com alça de Bull modificada.....77

Figura 5.7 - Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica com alça T78

Figura 5.8 - Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica com arco de dupla chave 79

Figura 5.9 - Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica de deslize 80

Figura 5.10 - Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica com alça de Bull modificada.....81

Figura 5.11 - Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica com alça T82

Figura 5.12 - Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica com arco de dupla chave.....83

Figura 5.13 - Perspectivas frontal, oclusal e canino do conjunto das 4 técnicas de retração 83

Gráfico 5.1 - Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica de deslize..... 86

Gráfico 5.2 - Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça de Bull modificada 86

Gráfico 5.3 - Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça T 88

Gráfico 5.4 - Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com arco de dupla chave 90

Gráfico 5.5 - Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva oclusal das quatro mecânicas estudadas 92

Gráfico 5.6 - Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva oblíqua nas quatro mecânicas estudadas 94

Figura 6.1 - Esquema de forças atuantes sobre os dentes nas quatro mecânicas avaliadas 116

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Ordem de franjas isocromáticas (ASTM D4093) 42

Tabela 5.1 - Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica de deslize 85

Tabela 5.2 - Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça de Bull modificada 87

Tabela 5.3 - Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça T 89

Tabela 5.4 - Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com arco de dupla chave 91

Tabela 5.5 - Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva oclusal das quatro mecânicas estudadas 93

Tabela 5.6 - Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva oblíqua nas quatro mecânicas estudadas 95

Tabela 5.7 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre os dentes, nas mesmas regiões, na perspectiva frontal 97

Tabela 5.8 - Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre os dentes, nas mesmas regiões, na perspectiva frontal 98

Tabela 5.9 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre as diferentes regiões dos incisivos, em uma mesma mecânica de retração, na perspectiva frontal 100

Tabela 5.10 - Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre as diferentes regiões dos incisivos, em uma mesma mecânica de retração, na perspectiva frontal 101

Tabela 5.11 - . Resultados das análises de Kruskal-Wallis entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas nas regiões dos incisivos, na perspectiva frontal 103

Tabela 5.12 - Resultados das análises de Dunn entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas nas regiões dos incisivos, na perspectiva frontal 104

Tabela 5.13 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre os dentes, na mesma mecânica de retração na perspectiva oclusal 105

Tabela 5.14 - Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre os dentes, na mesma mecânica de retração, na perspectiva oclusal..... 106

Tabela 5.15 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas nos dentes anteriores na perspectiva oclusal 107

Tabela 5.16 - Resultados das análises de Dunn entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas em todos os dentes anteriores na perspectiva oclusal 108

Tabela 5.17 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre as diferentes regiões do canino (33), na mesma mecânica de retração, na perspectiva oblíqua..... 109

Tabela 5.18 - Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre as diferentes regiões do canino (33), na mesma mecânica de retração, na perspectiva oblíqua 109

Tabela 5.19 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas na região do canino (33), na perspectiva oblíqua 110

Tabela 5.20 - Resultados das análises de Dunn entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas na região do canino (33), na perspectiva oblíqua 111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Apical
AD	Ápico-distal
AM	Ápico-Mesial
CD	Cérvico-Distal
CM	Cérvico-Mesial
g	Gramas
M/F	Momento/Força
mm	Milímetros

SUMÁRIO

1 **INTRODUÇÃO** 27
2 **REVISÃO DE LITERATURA** 29
3 **PROPOSIÇÃO** 49
4 **MATERIAL E MÉTODOS** 51
5 **RESULTADOS** 71
6 **DISCUSSÃO** 113
7 **CONCLUSÕES** 123
REFERÊNCIAS 125
APÊNDICES 133

1 INTRODUÇÃO

Os pacientes portadores de maloclusão Classe I de Angle, com biprotrusão, frequentemente apresentam vestibularização excessiva dos incisivos, podendo interferir diretamente na função mastigatória, como a guia anterior, e na estética facial, pela protrusão dos lábios e exposição dos dentes em repouso (Melsen; Bosch, 1997; Langberg; Todd, 2004; Janson et al., 2016).

Para a correção destas maloclusões o tratamento ortodôntico visa diminuir a vestibularização dos dentes incisivos e caninos. Assim, frequentemente são propostas as exodontias dos primeiros pré-molares, seguida da retração dos dentes anteriores (Melsen; Bosch, 1997; Janson et al., 2016).

Dentre as técnicas de retração propostas para o fechamento dos espaços criados com as exodontias, cabe ao ortodontista conhecer as particularidades de cada uma, para que seja feita a melhor indicação durante a elaboração do plano de tratamento, e que o fechamento dos espaços seja realizado de forma eficaz (Burstone, 2002).

As mecânicas de fechamento de espaços podem ser divididas em dois tipos de sistemas: sistemas onde o atrito está atuante na interface do fio com bráquetes nos dentes posteriores, chamados de mecânicas de deslize, e sistemas sem a presença de atrito nestes mesmos pontos, chamados de sistemas de alças, onde uma alça promove a força de fechamento. É grande a variedade de desenhos disponíveis, tanto para as técnicas que fazem uso do deslize quanto àquelas que fazem uso de alças, tendo em vista que todas possuem vantagens e desvantagens.

A eficácia e o baixo risco de efeitos colaterais estão relacionados à quantidade de força utilizada para cada sistema, sendo recomendado o uso de forças leves e contínuas (Krishnan; Davidovitch, 2006). O movimento e o sistema de forças gerado pelas alças estão relacionados à sua configuração geométrica, à dimensão do fio e à liga metálica (Cotrim-Ferreira et al., 2013).

O valor de força horizontal total durante o movimento de fechamento de espaços com a retração dos seis dentes anterossuperiores (de canino a canino) é de 600 gramas e, o valor para o mesmo movimento nos dentes anteroinferiores, é de 480 gramas, sendo estes uma somatória das forças aplicadas nos dois lados do arco dentário (Shimizu, 1995).

A distribuição da força ao longo das raízes e da estrutura óssea circundante, exercida durante o movimento ortodôntico, é mais importante do que a sua intensidade ou o seu intervalo de aplicação, para que sejam evitadas futuras reabsorções radiculares (Consolaro, 2014).

Esta distribuição das tensões oriundas de uma mecânica ortodôntica pode ser estudada de forma teórica ou experimentalmente. O uso da informática para a construção de modelos teóricos tem evoluído cada vez mais. Entretanto, frente a situações de grande complexidade é indispensável que a análise teórica seja comparada a um resultado experimental (Ferreira Júnior, 2003).

O conhecimento da distribuição das tensões ao longo das raízes dentárias é fundamental durante o movimento de retração dos dentes anteriores para o fechamento de espaços. Esse conhecimento favorece na escolha da técnica que melhor resultado trará ao paciente.

Dessa forma, o objetivo dessa investigação foi analisar e comparar o comportamento e a distribuição das tensões que ocorrem ao longo das raízes dos dentes anteroinferiores, decorrentes do uso de diferentes mecânicas para o fechamento dos espaços oriundos das exodontias dos primeiros pré-molares.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi organizada em tópicos com a intenção de facilitar o entendimento do assunto.

2.1 Tratamento ortodôntico com extrações de pré-molares

Bishara et al. (1995) compararam as características dentofaciais pré-intervenção ortodôntica de 91 pacientes tratados com ou sem extrações de pré-molares. O grupo com extrações de quatro primeiros pré-molares apresentava maior discrepância de modelos nos dois arcos e protrusão dos lábios superior e inferior. Segundo os autores, a posição dos lábios foi determinante para a decisão de se fazer as quatro extrações.

Langberg e Todd (2004) descreveram um caso clínico onde a paciente apresentava perfil facial convexo, lábios superior e inferior evertidos e maloclusão de Classe I de Angle com severa protrusão dento alveolar superior e inferior. O objetivo principal do tratamento foi de reduzir a protrusão dentária, além de alinhar um leve apinhamento dentário. Foi proposta a extração de quatro pré-molares e a retração dentária anterior superior e inferior para se reduzir a projeção labial da paciente, mantendo-se a relação de molares e caninos do início do tratamento. Enfatizaram uma melhora do perfil da paciente com o tratamento, com redução da projeção labial e melhora do ângulo interincisal devido à verticalização dos incisivos após o fechamento dos espaços das extrações.

A extração dos primeiros pré-molares inferiores pode ser uma opção de tratamento ortodôntico de pacientes portadores de maloclusão de classe III de Angle de origem dentária ou em casos de camuflagem quando a mudança do crescimento crânio facial não é mais possível. Esta técnica de tratamento com extrações foi desenvolvida nas décadas de 30 e 40, quando tratamentos ortopédicos ainda eram desacreditados e as cirurgias ortognáticas mal começaram a se desenvolver. A estratégia consiste em vestibularizar os incisivos superiores e lingualizar os incisivos inferiores, visando melhorar a oclusão dentária (Profitt et al., 2007).

Janson et al., em 2014, avaliaram os prontuários de 3413 pacientes tratados no Departamento de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, para se investigar a frequência dos protocolos de extração e não-extração dentária desde 1973. Neste estudo nota-se que a frequência do protocolo onde são realizadas extrações dentárias vem diminuindo de 85,71% entre 1973 e 1977 para 45,45% entre 2003 e 2007; a frequência do protocolo onde é feita a extração de quatro pré-molares vem lentamente diminuindo com o tempo, indo de 65,72% dos casos entre 1973 e 1977 para 10,72% dos casos entre 2003 e 2007 (sendo 7,47% referente aos quatro primeiros pré-molares), enquanto a frequência do protocolo de extração de dois pré-molares maxilares manteve-se constante ao longo do período estudado.

Jackson et al. (2017) reportaram a frequência de extrações ortodônticas na Universidade da Carolina do Norte entre os anos 2000 e 2011 avaliando os prontuários de 2184 pacientes tratados neste período. Observaram que a quantidade de extrações apresentou uma tendência de queda, entretanto se estabilizou em torno de 25% dos casos; a taxa de extrações de quatro primeiro pré-molares também caiu, mas manteve-se em torno de 10% dos casos. A conclusão do estudo foi que a probabilidade de extrações aumenta com o aumento do apinhamento dentário, aumento da sobressaliência anterior, diminuição da sobremordida, e maloclusão de Classe II dentária ou esquelética.

2.2 Funcionamento geral das mecânicas de fechamento de espaço durante a retração dentária anterior

É de grande importância que o ortodontista entenda os princípios biomecânicos envolvidos durante o fechamento de espaço com a retração anterior para que sejam realizadas as corretas escolhas no plano de tratamento do paciente. Fundamentalmente, este tipo de movimento ortodôntico é determinado de acordo com as seguintes características: forças aplicadas aos dentes; nível de ancoragem relacionado ao processo; proporção momento/força (M/F), a qual determina o centro de rotação do dente e assim possibilita o controle radicular durante a movimentação dentária; força horizontal produzida durante a ativação da alça; relação

carga/deflexão (C/D), que define a quantidade de decréscimo da força a cada milímetro de desativação (Burstone, 1982; Nanda; Burstone, 1997).

As mecânicas de retração para fechamento de espaços podem ser divididas em dois tipos de sistemas: sistemas onde o atrito está atuante e sistemas sem a presença de atrito. Nas mecânicas de deslize existe atrito na interface arco/bráquete, o que impede o ortodontista de saber todas as forças atuantes sobre os dentes e desta forma aumentam as chances de perda do controle durante o movimento dentário. Nos sistemas onde não há o atrito atuante, o movimento não depende do deslizamento do arco no bráquete, pois uma alça é confeccionada para gerar as forças necessárias durante o fechamento do espaço (Kuhlberg, 1992; Nanda; Burstone, 1997; Sakima et al., 2000; Kuhlberg; Burstone, 1997; Burstone, 2002; Profitt et al., 2007).

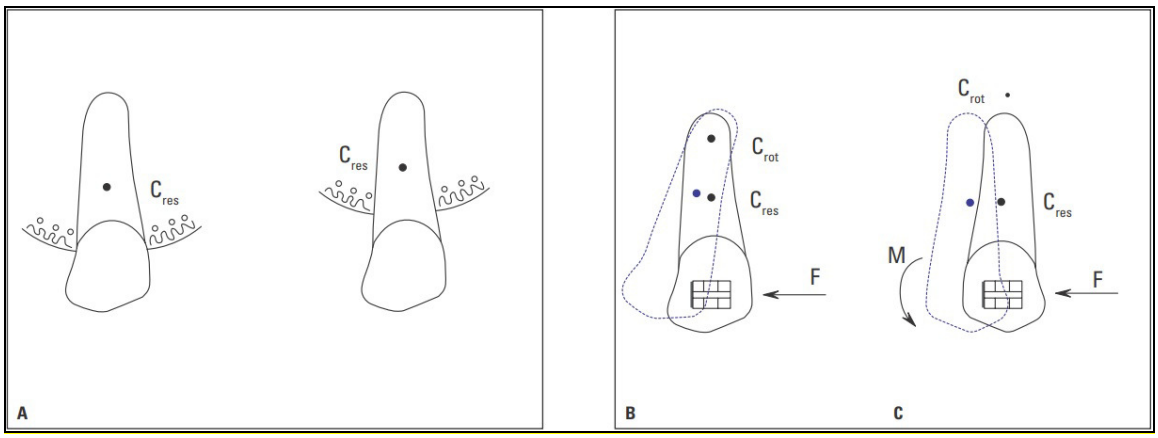
Existem duas unidades distintas durante a mecânica de fechamento de espaço: a unidade ativa, que pode ser um dente ou um grupo de dentes, a qual é afetada pela maior quantidade de movimento; e a unidade reativa ou passiva, a qual resiste ao movimento (ancoragem). É conveniente classificar o plano de tratamento de acordo com a quantidade de movimento desejada em cada uma destas unidades (Ribeiro; Jacob, 2016).

De acordo com Burstone (1962), a quantidade de ancoragem requerida durante a mecânica de retração para o fechamento de espaços pode ser classificada em três diferentes grupos: grupo A, conhecido como grupo de ancoragem máxima, onde a retração dos dentes anteriores é mais desejada - e os dentes responsáveis pela ancoragem não contribuem para o fechamento dos espaços; grupo B, no qual ocorre a combinação entre retração dos dentes anteriores e a perda de ancoragem dos dentes posteriores, chamado de grupo de ancoragem moderada; grupo C, onde o segmento anterior é mantido em posição e ocorre somente a perda de ancoragem dos dentes posteriores durante o fechamento dos espaços (ancoragem mínima) (Sakima et al., 2000). Atualmente um quarto tipo de ancoragem foi adicionado à classificação de Burstone: a ancoragem absoluta, conseguida graças aos avanços dos sistemas de ancoragem esqueléticos (Ribeiro; Jacob, 2016).

Na biomecânica do movimento dentário é importante o conhecimento do conceito de centro de resistência e centro de rotação. A definição de centro de resistência é o ponto onde a aplicação de uma força gerará apenas movimento de translação. A sua localização varia de acordo com a altura do osso alveolar, o qual

faz parte do periodonto de sustentação (Figura 2.1A) (Ferreira et al., 2008). De acordo com Burstone (2002), o centro de resistência de dentes unirradiculares está localizado a aproximadamente 66% do comprimento da raiz do ápice em direção à crista alveolar. O centro de rotação é o ponto em torno do qual o dente gira (Figura 2.1B), sendo que sua posição varia conforme o sistema de forças atuante e é determinada pela relação momento-força medida no nível do bráquete (Ferreira et al., 2008).

Figura 2.1 - A) Localização do centro de resistência (C res), que varia em função do meio circundante (osso alveolar) e posicionamento do centro de rotação (C rot). B) Quando o dente está sujeito a apenas uma força, o que provoca a sua inclinação. C) Movimento de translação pura



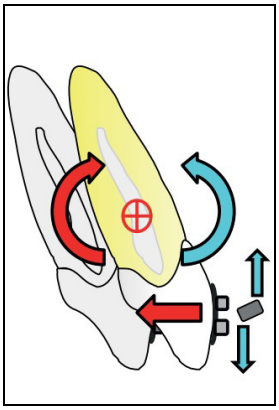
Fonte: Ferreira et al. (2008, p. 117).

A relação M/F permite estabelecer quando haverá predomínio de rotação ou translação durante a movimentação dentária, o que dependerá da intensidade da força e dos momentos aplicados, e é a mais importante característica de um arco de retração. Para que haja apenas movimento coronal, radicular, ou translação, é necessária a incorporação de um momento de binário, aplicado aos bráquetes. O movimento dentário pode ser descrito como uma combinação de translação e rotação, e o tipo de movimento produzido será definido pela relação M/F (Nanda; Burstone, 1997). Quando é aplicada uma força horizontal simples na coroa dentária, na altura do bráquete, o centro de rotação localiza-se próximo ao centro de resistência, gerando um movimento de inclinação da raiz e da coroa para direções opostas. Para que haja um movimento de translação, o centro de rotação deve estar localizado no infinito (Burstone, 2002), sendo que apenas será conseguido frente à

ação de um momento adicional à força horizontal sobre o bráquete (Kuhlberg; Burstone, 1997).

Uma força horizontal simples aplicada ao bráquete gera um momento em relação ao centro de resistência do dente. Para contrabalancear esse efeito é necessária a aplicação de um momento contrário, obtendo-se assim um movimento de translação (Figura 2.2) (Ferreira et al., 2008; Ribeiro; Jacob, 2016).

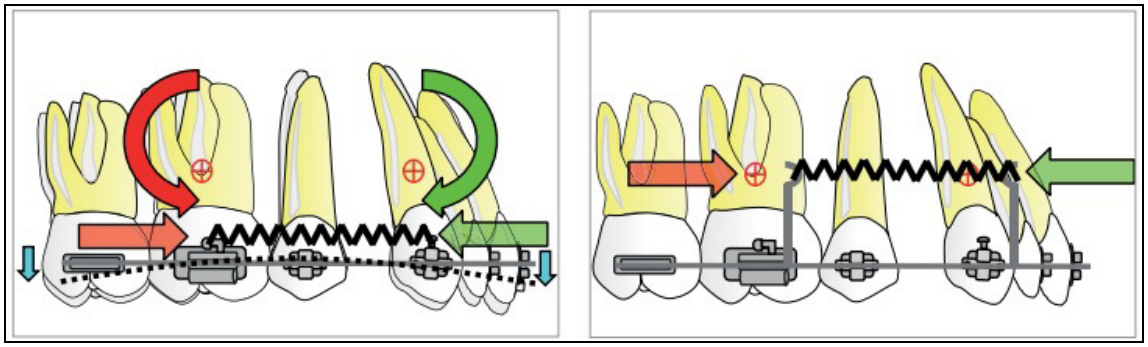
Figura 2.2 - Movimento de translação. A seta vermelha representa a força aplicada ao dente e o momento de força, a seta azul representa a forçado do fio no interior do bráquete e o momento contrário



Fonte: Ribeiro e Jacob (2016, p 118).

Durante o uso de uma mecânica de deslize para o fechamento de espaço, é essencial que seja realizado o controle vertical do segmento anterior. Caso a linha de força passe abaixo do centro de resistência dos dentes, será criado um momento para baixo e para trás, resultando em inclinação e extrusão dos dentes. A adição de ganchos ao fio no segmento anterior, onde será feita a ativação da mecânica, gera melhor controle vertical deste segmento, sendo que o uso de ganchos mais longos provê menor rotação de toda a dentição, com a criação de um momento contrário à tendência de extrusão do segmento anterior (Figura 2.3) (Kusy; Whitley, 1997; Song et al., 2016; Ribeiro; Jacob, 2016).

Figura 2.3 - À esquerda: sistema de forças gerado por uma força aplicada abaixo do centro de resistência dos dentes. À direita: o sistema de forças gerado por uma força aplicada ao nível do centro de resistência dos dentes



Fonte: Ribeiro e Jacob (2016, p 119).

Quando é utilizada uma mecânica onde o atrito não está presente, toda a força gerada pelo tracionamento da alça é diretamente transmitida para os dentes anteriores, além do potencial de se gerar uma relação M/F de maneira mais precisa, tornando a movimentação dentária mais previsível (Nanda; Burstone, 1997; Profitt et al., 2007). As principais características das alças são determinadas pelo material com o qual é confeccionada, espessura do fio utilizado, distância inter-bráquetes, desenho e sua disposição (Siatkowski, 1997; Articolo; Kusy, 1999).

A alça pode gerar um momento contrário à tendência de extrusão dos dentes anteriores, e a relação M/F determinará o tipo de movimento (translação, inclinação controlada ou sem controle, inclinação de raiz). Uma segunda dobra pode ser adicionada à alça, chamada de efeito Gable, quando se busca um sistema de forças para se aumentar o controle sobre as raízes. Esta dobra é um método comum para ajustar a relação M/F na direção anteroposterior, evitando-se a extrusão dos dentes durante o fechamento do espaço (Kuzy; Tulloch, 1986; Tanne et al., 1988; Braun; Gaecia, 2002; Chiang et al., 2015; Ribeiro; Jacob, 2016). Uma vez que esta segunda dobra é incorporada à alça, forças verticais tornam-se presentes mesmo quando não há a presença de forças horizontais, ou seja, mesmo quando a alça ainda não está distendida. A utilização do efeito Gable deve ser feita com parcimônia, pois esta dobra pode gerar forças excessivas (Tanne et al., 1988; Braun; Gaecia, 2002; Chiang et al., 2015).

2.3 Tipos de mecânica de retração avaliados no estudo

No presente estudo foram avaliados quatro tipos de mecânica de retração, os quais estão dispostos a seguir.

2.3.1 Mecânica de deslize

Durante o uso da mecânica de deslize para a retração do segmento anterior, preconiza-se o uso de arco confeccionado em aço na espessura de 0,019”x0,025”, por permitir maior controle de torque e da curva de Spee. Dentre as vantagens do uso deste tipo de mecânica estão menor tempo de cadeira no consultório, pois dispensa a confecção de alças (Bennett; McLaughlin, 1990; McLaughlin; Bennett, 2015).

A ativação durante a mecânica de deslize ocorre por meio de tiebacks confeccionados entre o gancho do tubo do primeiro molar e um gancho soldado no fio entre o incisivo lateral e o canino, devendo ser trocados a cada 4 a 6 semanas (Bennett; McLaughlin, 1990; McLaughlin, 2001). A força preconizada para a retração dos dentes anteriores pode variar de 150 a 300cN de cada lado, a qual é suficiente para o fechamento de 0,5 a 1,0 milímetro de espaço por mês (McLaughlin, 2001; McLaughlin; Bennett, 2015).

A principal desvantagem deste tipo de mecânica é o atrito gerado entre o bráquete e o fio, devido à parte da força gerada ser perdida para vencê-lo. Dentre os fatores que influenciam neste atrito gerado estão: a dimensão do slot do bráquete, o material do qual o bráquete é fabricado, a espessura do fio, a composição do fio, o método de ligação do fio ao slot do bráquete, a distância inter-bráquetes e o eventual desnivelamento dentário (Kuhlberg; Burstone, 1997; Nanda; Burstone, 1997; Cotrim-Ferreira et al., 2013).

2.3.2 Alça de Bull modificada

Originalmente a alça de Bull foi descrita por Harry L. Bull em 1951 especificamente para o tratamento de pacientes portadores da maloclusão de classe II, divisão 1, que necessitavam extrações de pré-molares, visando também o equilíbrio na estética facial. Tratava-se de uma alça fechada situada no meio do espaço originado da extração (Bull, 1951).

Em 1966 Tweed desenvolveu a alça de Bull modificada, sendo mais larga na proximidade do ápice e fechada na base, com um formato semelhante a uma gota invertida. Este novo desenho, mais arredondado, diminui as tensões na área mais próxima ao ápice, não as concentrando em um único ponto, como observado nas alças verticais fechadas. É construída em fio de aço .019"x.025" ou .021"x.025" e apresentam dimensões de 7 milímetros de altura e 3 milímetros de diâmetro externo (Scelza Neto et al.,1985; Shimizu et al., 2002).

A mecânica de fechamento de espaços que faz uso de alças de Bull modificadas é muito utilizada, entretanto ela apresenta limitações devido às características do seu sistema de forças gerado tais como alta relação Carga/Deflecção e baixa relação Momento/Força, capazes de gerar inclinação descontrolada dos dentes. No entanto ela demonstra ser eficiente quando bem indicada (Shimizu et al., 2002). Este é o desenho de alça de retração mais comum devido à sua facilidade de fabricação, entretanto pequenas ativações podem entregar forças de grandes magnitudes (Faulkner et al., 1991).

A alça de Bull modificada tem formato de gota invertida medindo 7 milímetros de altura no arco inferior, com 3 milímetros de diâmetro. Pode-se inserir efeito Gable à alça dobrando-se a sua base em até 15º para se evitar a extrusão dos incisivos (Cotrim-Ferreira et al., 2013).

2.3.3 Alça em T

A alça em T faz parte de uma técnica de fechamento de espaço proposta por Burstone em 1982. Esta técnica possui dois segmentos, um anterior e um posterior, chamados alfa e beta. Dentre as suas principais vantagens está a baixa relação L/D, devido à incorporação de um maior segmento de fio durante a confecção de sua forma, aliado ao fato de que é utilizado um fio .017”x.025” TMA. Esta alça permite trabalhar fazendo maiores ativações por períodos maiores de tempo com forças menores (Burstone, 1982; Kuhlberg; Burstone, 1997).

A proporção M/F da alça em T pode ser controlada por meio de modificações nas suas dobras pré-ativadas, resultando em um melhor controle de movimento axial e permitindo a seleção de diferentes movimentos (Kuhlberg; Burstone, 1997).

Para os casos onde se deseja obter o máximo de ancoragem durante o movimento de retração, recomenda-se confeccionar a alça em T deslocada para anterior e se fazer uma dobra em 45º próxima ao tubo do molar, sendo gerada uma geometria de “V” assimétrico. A ativação deve ser feita com uma deflecção de 4 milímetros, o que produz forças horizontais ao redor de 200 gramas (Sakima et al., 2000).

2.3.4 Arco de dupla chave

A mecânica de fechamento de espaços utilizando o arco de dupla chave faz uso de um arco com alças duplas, tipo buraco de fechadura, que pode ser utilizado para o fechamento de espaços, durante o tratamento que envolve a retração dos dentes anteriores. Com ele é possível fechar por completo estes espaços fazendo uso de apenas um jogo de arcos, com controle das inclinações radiculares durante uma mecânica de deslize, e podendo escolher entre a quantidade de retração dos dentes anteriores ou de perda de ancoragem, independente da cooperação do paciente (Roth, 1985). Este arco é construído em fio de aço inoxidável com medidas de 019”x025” ou 021”x025”, onde se observa duas alças de cada lado, com 4 milímetros de altura e 5 milímetros de largura. Quando o arco é instalado, estas

alças posicionam-se na mesial e na distal dos caninos (Roth, 1985; Suzuki; Lima, 2001; Dobranszki et al., 2009).

A sua ativação pode ser realizada de três maneiras de acordo com o controle vertical desejado no segmento anterior: ativação apenas da alça distal, ligando-a a unidade de ancoragem do sistema com o uso de amarrilho; ativação das duas alças bilateralmente com amarrilho e unindo-as à unidade de ancoragem do sistema pela alça distal; e tração do arco para distal com a ativação da alça distal, dobrando-se a extremidade do fio na distal do tubo dos segundos molares (Roth, 1985; Suzuki; Lima, 2001; Dobranszki et al., 2009).

O fato de se amarrar a alça distal à alça mesial, bilateralmente, por um fio de amarrilho, tem a finalidade de se obter um efeito semelhante ao Gable durante o movimento de retração (Roth, 1985; Suzuki; Lima, 2001; Dobranszki et al., 2009). Assim a ativação do sistema não produz um movimento de extrusão dos dentes anteriores, gerando um movimento de corpo durante retração.

Dentre as vantagens do arco de dupla chave estão a facilidade de se utilizar alças pré-fabricadas, grande variação de ativações que este tipo de arco permite e a ativação simples. Como desvantagens são encontradas: a necessidade de ajustes na formado arco; maior custo; e dificuldade na mensuração da força durante a ativação (Queiroz et al., 2011).

2.4 Metodologia fotoelástica

A fotoelasticidade é uma técnica que permite observar a distribuição de tensões ao longo de um modelo experimental frente a um carregamento mecânico; sendo possível avaliar o comportamento destas tensões e também localizá-las dentro deste modelo por meio da observação de franjas de diferentes colorações (Rubo; Souza, 2001).

A base da metodologia fotoelástica é dada frente à interação de uma luz polarizada e de um material birrefringente. Ao atravessar um modelo fotoelástico submetido a uma carga, a luz polarizada se decompõe em dois feixes de onda perpendiculares entre si e correspondentes à direção da carga à qual o modelo foi

submetido. Estes dois feixes de onda distintos propagam-se pelo modelo fotoelástico com diferentes velocidades e se exteriorizam com um atraso relativo entre os dois; este fenômeno se manifesta por meio de franjas coloridas, também chamadas de padrões de tensões ou imagem fotoelástica (Soares, 1997; Ferreira Júnior, 2003; Quinan, 2005; Schiavon, 2010; Perosa, 2013).

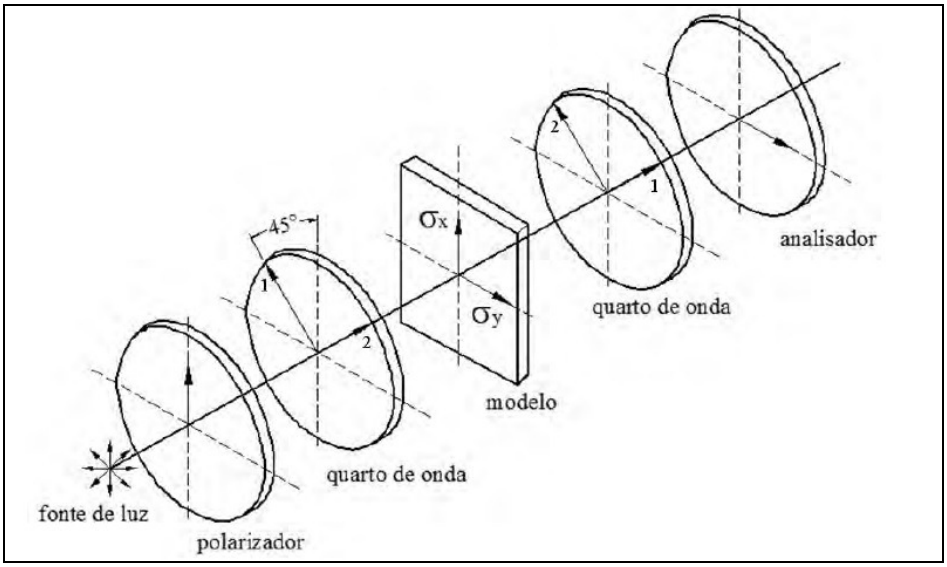
Os materiais fotoelásticos são transparentes, isotrópicos quando livres de tensão (mantêm constante o índice de refração relativo ao ar atmosférico) e homogêneos. Quando submetidos à tensão, estes materiais mostram alteração estrutural e apresentam anisotropia e birrefringência. Com o término da aplicação de tensões, caso haja a presença de tensões residuais, estas tendem a sumir com o tempo ou com tratamento térmico (Campos Júnior et al., 1985).

Dentre os materiais fotoelásticos, podemos encontrar resina epóxi, gelatina, metacrilato, borracha, vinis, celulose, vidro, nitratos e formaldeídos (Siroshi; Kothiyal[1], 1991 apud Mota, 2005).

A análise fotoelástica é realizada com o uso de um instrumento óptico chamado polariscópio, que utiliza as propriedades da luz polarizada quando esta penetra em um material fotoelástico submetido a um esforço mecânico. As suas configurações mais frequentemente utilizadas são o plano e o circular. O polariscópio circular configurado em campo escuro é composto por uma fonte luminosa e quatro componentes ópticos: o polarizador (responsável por converter a luz proveniente da fonte em luz plano-polarizada), uma placa de ¼ de comprimento de onda (utilizada para converter a polarização da luz em circular), uma segunda placa de ¼ de comprimento de onda (onde a luz circularmente polarizada novamente é transformada em plano-polarizada) e o analisador (responsável pela extinção da luz). A luz polarizada plana é desta forma transformada em polarizada circular (Figura 2.4) (Ferreira Júnior, 2003; Claro, 2008; Schiavon, 2010; Abrão, 2014).

[1] Sirochi RS, Kothiyal MP. Optical components, systems and measurement techniques. New York: Marcel Dekker; 1991. cap. 9, Photoelasticity; p. 342-61.

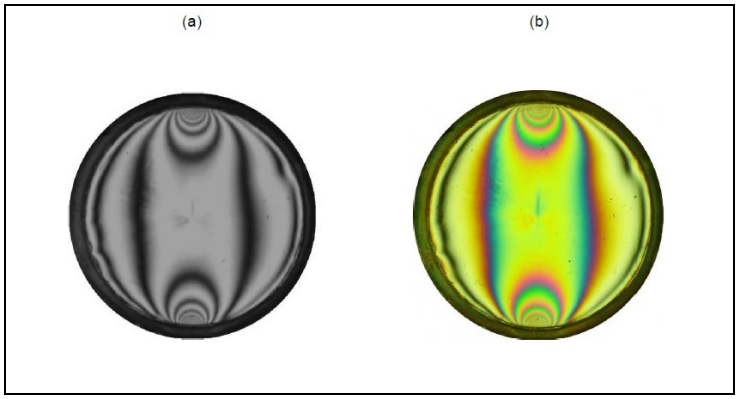
Figura 2.4 - Esquema de polariscópio circular



Fonte: Schiavon (2010, p. 24).

De acordo com a fonte de luz que alimenta o polariscópio, as franjas fotoelásticas podem apresentar diferentes características óticas. Frente a uma fonte de luz branca são formadas franjas na forma de faixas de cores diversas (isocromáticas); quando é utilizada uma fonte de luz monocromática, formam-se franjas como zonas escuras intercaladas de zonas claras (isoclínicas) (Figura 2.5). Ambos os tipos são diretamente proporcionais às cargas que incidem sobre o modelo fotoelástico, acompanham os pontos onde surge a tensão, repetem-se e nunca se interceptam (Campos Júnior et al., 1985). Altos gradientes de tensão geram um espaçamento entre as franjas delgado; e a presença de uma mesma cor em uma área significa tensão uniformemente distribuída (Soares, 1997).

Figura 2.5 - Aspectos das franjas isoclínicas (a) e isocromáticas (b)



Fonte: Schiavon (2010, p. 32).

A observação da cor, formato e espaçamento entre as franjas permite a análise qualitativa das tensões que ocorrem no modelo fotoelástico. A análise quantitativa destas tensões é feita por meio do cálculo da diferença dos valores de tensões nos pontos estudados (Campos Júnior et al., 1985; Soares, 1997; Ferreira Júnior, 2003; Quinan, 2005; Schiavon, 2010; Perosa, 2013; Abrão, 2014). Cada cor é associada a um nível de tensão, sendo que as tensões observadas no modelo fotoelástico podem ser comparadas com as tensões determinadas nos modelos numéricos ou analíticos (Schiavon, 2010).

Um programa de computador pode ser empregado durante a análise das cores das franjas fotoelásticas, desta forma eventuais dificuldades da visão humana no reconhecimento de cores são superadas. Este programa aumenta a repetitividade e a reprodutibilidade do experimento, pois permite a análise de todos os pixels da imagem e torna a análise mais rápida (Perosa, 2013).

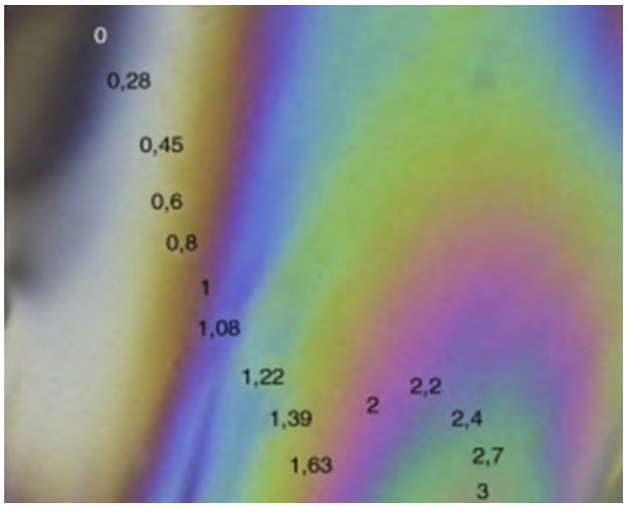
O padrão das franjas fotoelásticas foi classificado internacionalmente em números ordinais pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM), de acordo com o seu surgimento e possuem uma identidade individual denominada ordem de franja (Tabela 2.1) (Abrão, 2014). A primeira franja é classificada como ordem zero e refere-se à cor negra, em seguida as demais classificações de ordens de franjas seguem sempre um padrão e referem-se a uma cor específica (Figura 2.6).

Tabela 2.1 - Ordem de franjas isocromáticas

Cor	Ordem de franja δ/λ
Preto	**0**
Cinza	0,28
Branco	0,45
Amarelo claro	0,60
Laranja	0,79
Vermelho intenso	0,90
Transição vermelho-azul	**1,00**
Azul intenso	1,06
Azul-verde	1,20
Verde-amarelo	1,38
Laranja	1,62
Vermelho rosado	1,81
Transição vermelho-verde	**2,00**
Verde	2,33
Verde-amarelo	2,50
Vermelho	2,67
Transição vermelho-verde	**3,00**
Verde	3,10
Rosa	3,60
Transição rosa – verde	**4,00**
Verde	4,13

Fonte: ASTM D4093.

Figura 2.6 - Demonstração dos valores das franjas isocromáticas



Fonte: Cebrián-Carretero et al. (2012, p. 3).

2.4.1 Fotoelasticidade na Odontologia

A introdução do método fotoelástico na Odontologia se deu durante um estudo dos efeitos de diferentes dispositivos ortodônticos sobre as raízes dentárias e o osso alveolar, com a análise de áreas de tensão e pressão frente à aplicação de forças, em 1935. Foram utilizados dentes humanos adaptados em modelos de material fotoelástico (Zak, 1935).

O modelo fotoelástico tem uma correlação positiva com a avaliação histológica de tensões, sendo um simulador das estruturas periodontais. Em modelos fotoelásticos que reproduziram estruturas biológicas, nos mesmos locais submetidos à compressão e com formação de franjas, houve reabsorção óssea nos modelos biológicos, observada após análise histológica dos tecidos. Nos locais submetidos à tração nos modelos fotoelásticos, houve deposição ou neoformação óssea nos modelos biológicos (Glickman et al., 1970).

Brodsky et al., em 1975, fizeram um estudo comparando resultados histopatológicos da maxila de gatos com os dados obtidos da aplicação da análise fotoelástica. Neste estudo foi elucidado que áreas de tensão e compressão nos ligamentos periodontais surgem frente a uma aplicação de força no dente. Foi observada uma correlação positiva entre o método histológico e o fotoelástico, onde nas áreas de tensão do modelo, o corte histológico exibiu estiramento do ligamento periodontal; nas áreas de pressão no modelo, o material histológico mostrou compressão das fibras periodontais. Ao se observar grandes concentrações de franjas no modelo fotoelástico, foram evidenciadas áreas de hialinização no material histológico.

A resposta do periodonto de sustentação foi analisada com o uso de fotoelasticidade por Rossato (1982), frente ao movimento de distalização do canino, ao se comparar o método convencional com o do braço de força (power arm). O autor variou a intensidade das forças aplicadas e as espessuras do fio retangular. Foram utilizados 15 modelos fotoelásticos reproduzindo um hemiarco inferior direito com exodontia de primeiro pré-molar. Confeccionou-se um posicionador em silicone para se padronizar o posicionamento e a inclinação dos acessórios. Para cada modelo foram confeccionados dois arcos segmentados (0,018” x 0,025” e 0,021” x 0,025”). O carregamento mecânico no modelo fotoelástico foi realizado por meio de

ativação com amarrilho 0,010", sendo a força aumentada até que surgissem franjas na raiz do canino (força mínima) e, então, o modelo era fotografado. Os modelos também foram submetidos à aplicação de força máxima, caracterizada pela acentuada deflexão do fio ou pela deformação do braço de força. O autor analisou as franjas fotoelásticas e concluiu que no método convencional o canino apresentou tendência de inclinação, sendo que ao se utilizar fios menos calibrosos ocorreu a inclinação acentuada que piorava ao seu aumentar a força de ativação; já o método com o braço de força apresentou tendência de movimento de corpo, sem alteração do tipo de movimento com o aumento da força e sem alteração na tendência do movimento de corpo com a espessura do fio.

A metodologia para aplicação da análise fotoelástica na pesquisa odontológica foi descrita por Campos Júnior et al. (1985). Este método possibilita a visualização direta das tensões existentes internamente no modelo, permitindo a sua aferição e fotografia; sem a necessidade de gráficos e esquemas de distribuição de forças criados a partir de dados numéricos. A fotoelasticidade manifesta-se pelo surgimento de faixas coloridas correspondentes às áreas de concentrações de tensões no interior de materiais transparentes submetidos a esforços externos e iluminados por luz polarizada.

Em 1989, Chaconas et al. compararam por meio da fotoelasticidade a distribuição de forças em três tipos de arcos de retração: o duplo delta, o "torquing retraction" e o "contraction torquing utility". O modelo simulava um caso de extração dos primeiros pré-molares já com os caninos na posição retraída, ou seja, a retração avaliada foi apenas dos quatro incisivos. Segundo os autores, a adição de torque aos arcos de retração produz forças mais uniformes ao longo das raízes dos incisivos, o que indica uma resultante de movimento de corpo a estes dentes. Sem a adição deste torque, o arco de duplo delta e o arco "contraction torquing utility" geram uma inclinação lingual de coroa, o que aumenta a sobremordida profunda; o arco "contraction torquing" reduz a inclinação lingual das coroas dos incisivos mesmo sem a incorporação de torque adicional.

Laganá, em 1992, advertiu que não se ultrapasse o limite de resistência do material fotoelástico ao se aplicar quantidade máxima de esforços externos, para que não ocorram tensões residuais no modelo durante o experimento. Por se tratar de uma técnica indireta, os modelos devem apresentar reprodução extremamente

fiel ao original, principalmente quando se pretende realizar a análise quantitativa das tensões.

Em 1999, Clifford et al. avaliaram os efeitos da mecânica ortodôntica sobre todo o arco dentário por meio de um modelo fotoelástico dinâmico. O modelo de arco mandibular foi confeccionado em gelatina que permitia a movimentação dentária em resposta a forças ortodônticas. Foi analisada a distribuição de tensões ao redor das raízes dentárias ao se aumentar a curvatura reversa de um arco 0,018” x 0,025” de aço. A análise fotoelástica mostrou um aumento da distribuição de tensões ao redor das raízes dos incisivos e dos molares à medida que se aumentada a curvatura reversa do arco de aço.

Matsui et al. (2000) avaliaram a localização do centro de resistência do arco anterossuperior por meio de um modelo fotoelástico confeccionado em resina epóxi simulando um caso com extrações dentárias, onde os quatro incisivos foram conectados entre si e foi mantido um espaço de 6 mm entre os incisivos laterais e os caninos. Uma grande variedade de condições de carga foi testada. Os autores concluíram que quando os quatro incisivos estão conjugados, o centro de resistência localiza-se ao longo do plano sagital, 6 mm apical e 4 mm posterior à uma linha perpendicular ao plano oclusal a partir da crista alveolar do incisivo central.

Badran et al., em 2003, avaliaram o stress transmitido para as raízes dos dentes inferiores pelos arcos iniciais de alinhamento. Foram comparados seis tipos de arcos metálicos com o mesmo formato, em um modelo fotoelástico confeccionado em gelatina. Os autores concluíram que mesmo em situações onde grandes deflecções do arco inicial de alinhamento são requeridas, os arcos superelásticos não mostraram vantagens sobre os arcos multifilamentados de aço quanto ao stress transferido para as raízes dentárias.

A distribuição de forças decorrentes da intrusão dos incisivos inferiores foi estudada por Mota em 2005, por meio de modelo fotoelástico confeccionado em gelatina e glicerina. Quinze arcos de intrusão de Ricketts foram confeccionados em fio de aço 0,016” x 0,022”, com dobra posterior de 30 graus, para distribuir uma força de 50g nos incisivos inferiores. O autor concluiu que há a formação de franjas ao redor das raízes dos incisivos inferiores, concentrando-se na região apical, o que sugere força vertical intrusiva nos incisivos.

Em 2007, Nakamura et al. analisaram por meio da fotoelasticidade a distribuição de tensões durante o movimento de distalização de molares inferiores

com sistema de ancoragem esquelética. Foi testada a tração de primeiro e segundo molares isoladamente e também simultaneamente. A direção testada do tracionamento foi paralela ao plano oclusal e também em ângulo de 30 graus para baixo em relação ao plano oclusal. Durante a tração em 30 graus, os modelos apresentaram tensões ao redor dos molares, prolongando-se para baixo e para distal. Os autores concluíram que a tração simultânea dos molares é mais indicada para se prevenir a angulação distal do primeiro molar, e que quando realizada em 30 graus para baixo, é induzida a intrusão e movimento distal dos molares.

A distribuição de tensões oriundas da intrusão de incisivos inferiores foi estudada por Claro (2008) utilizando a metodologia da fotoelasticidade. Foram utilizados 4 grupos com 15 arcos de intrusão cada, onde foram avaliadas as técnicas de intrusão: arco contínuo de Burstone, arco utilitário de Ricketts, arco com dobra de ancoragem de Begg e arco com curva reversa. Os efeitos destes arcos de intrusão foram visualizados ao longo das raízes dos incisivos inferiores em um modelo fotoelástico confeccionado em resina epóxi. A conclusão foi de que o arco utilitário de Ricketts gerou maiores tensões nas regiões cervical, média e apical.

A distribuição de forças em diferentes sistemas de ativação em arcos de retração dupla chave foi estudada em modelos fotoelásticos construídos com gelatina e glicerina por Dobranszki et al. (2009). Os autores compararam três tipos de ativação: ativação da alça distal, ativação entre as alças e na alça distal e ativação com gurin; e concluíram que os três tipos de a ativação produzem movimentos de retração, sendo que a ativação entre alças e na alça distal pode apresentar um componente intrusivo, enquanto a ativação com gurin pode apresentar um componente extrusivo e a ativação apenas da alça distal não apresenta nem componente intrusivo e nem extrusivo.

Em 2011, Maia et al. compararam o sistema de forças gerado por alças de retração em T confeccionadas em fio de aço e em fio de TMA. Foram confeccionados três modelos fotoelásticos com dois dentes neles incluídos. As alças sempre tiveram a mesma pré-ativação. No grupo 1 a alça foi construída em fio de aço com duas helicoides incorporadas; no grupo 2 a alça foi construída em TMA sem a presença de helicoides. Os autores concluíram que ambas as alças possuem as mesmas características, sendo que as alças construídas em TMA mostraram menores níveis de força.

Os efeitos biomecânicos da interação entre placas de titânio, parafusos e mandíbulas fraturadas foram estudados por Cebrián-Carretero et al., em 2012, com o uso da análise fotoelástica. Uma resina epóxi flexível foi utilizada para a confecção dos modelos fotoelásticos simulando mandíbulas com diferentes métodos de osteossíntese. Os autores concluíram que os modelos construídos com este tipo de material são úteis para avaliar a distribuição de tensões.

Claro et al., em 2014, compararam as diferenças presentes durante a retração do canino quando utilizadas a ancoragem dentária e a ancoragem esquelética, por meio da análise fotoelástica. O modelo fotoelástico em resina epóxi foi confeccionado do segundo molar ao canino, com a ausência do primeiro pré-molar. A retração do canino foi simulada com corrente elástica ligada ao dente adjacente para simular a ancoragem dentária, ou ligada a um gancho para simular a ancoragem esquelética por meio de um mini-implante. A força foi reaplicada por 10 vezes e as tensões analisadas em sete regiões diferentes. Os autores concluíram que a retração do canino com o uso de ancoragem esquelética causou maiores tensões no terço apical, indicando um componente intrusivo como resultado da direção da força devido ao posicionamento do mini-implante.

Schwertner et al. (2017) avaliaram os efeitos do arco de intrusão de Connecticut com e sem dobra distal, por meio da técnica de fotoelasticidade, em um aparelho fixo 4x2 montado numa arcada superior. Foi observada a dissipação de tensões nos terços apical e médio dos dentes anteriores e primeiros molares superiores utilizando-se dois grupos com cinco modelos fotoelásticos cada, confeccionados em resina epóxi. Os autores concluíram que houve uma tendência de mesialização das raízes dos primeiros molares quando não foi realizada a dobra na extremidade distal.

Em 2018, Abrão et al. realizaram um estudo com modelos fotoelásticos onde foi avaliada a dissipação das tensões nos segundos molares inferiores mesio-inclinados geradas durante o seu movimento de verticalização. Foram comparadas quatro mecânicas: mini-implante, cantiléver, mola em “T” e mola aberta. Quatro modelos fotoelásticos foram confeccionados em resina epóxi, um para cada mecânica, as quais foram testadas com 50g, 100g, 150g, 200g, 250g e 300g de ativação. Os autores concluíram que a mecânica que faz uso de mini-implantes apresentou menores tensões dissipadas nas raízes dos segundos molares, enquanto a técnica de cantiléver apresentou maiores tensões na mesma região.

3 PROPOSIÇÃO

Utilizando diferentes mecânicas de retração dos dentes anteriores, este estudo teve como objetivo:

1. Comparar estas mecânicas quanto à magnitude das tensões ao longo das raízes dos incisivos inferiores e caninos sob as perspectivas frontal, oclusal e oblíqua;

2. Comparar se a distribuição de tensões é uniforme ao longo da raiz nas perspectivas frontal e oblíqua;

3. Comparar se a distribuição de tensões é uniforme em relação aos dentes, nas perspectivas frontal e oclusal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e equipamentos utilizados, assim como a metodologia empregada, estão descritos a seguir.

4.1 Material

Os materiais e equipamentos utilizados neste trabalho estão no quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Materiais utilizados neste trabalho

Produto	**Modelo / Marca / Distribuidor**
Amarrilho metálico 0,25 mm	Morelli, Sorocaba, Brasil
Arcos ortodônticos pré-contorneados de aço 0,019” x 0,025”, para arcada inferior	Morelli, Sorocaba, Brasil
Arco ortodôntico pré-contorneado de aço 0,021” x 0,025”, para arcada inferior	Morelli, Sorocaba, Brasil
Arcos ortodônticos pré-contorneados de aço 0,019”x 0,025” dupla chave, para arcada inferior	Aditek, Cravinhos, Brasil
Bandas para molares	Morelli, Sorocaba, Brasil
Borracha de silicone e catalisador	Redelease, São Paulo, Brasil
Bráquetes para arcada inferior monobloco prescrição Roth slot 0.022”	Abzil, São José do Rio Preto, Brasil
Cera Rosa 7	Lysanda Produtos Odontológicos Ltda, São Paulo, Brasil
Cimento de ionômero de vidro para cimentação	SS White, Rio de Janeiro, Brasil
Cola tipo cianoacrilato	Super Bonder, Loctite, Barueri, Brasil
Dentes artificiais para arcada inferior	Orto-Art, Piracicaba, Brasil
Elástico corrente curto	Morelli, Sorocaba, Brasil
Fio de beta-titânio 0,017” x 0,025” – TMA	Morelli, Sorocaba, Brasil
Gancho ortodôntico haste longa	Morelli, Sorocaba, Brasil
Lâmpada (luz branca)	Photoflood n2 / GE General Electric, Monterrey, México

continua

conclusão

Ligadura elástica ortodôntica	Morelli, Sorocaba, Brasil
Mini-implantes ortodônticos 1,5 x 10 mm	Morelli, Sorocaba, Brasil
Pote de vidro Becker 250 ml e bastão de vidro	Uniglas, Piracicaba, Brasil
Removedor de Cera	Remox, Vipi, Pirassununga, Brasil
Resina epóxi flexível e endurecedor	GII, Polipox, Cesário Lange, Brasil
Resina acrílica pó e líquido	Jet Clássico, Campo Limpo Paulista, Brasil
Tubos cruzados	Morelli, Sorocaba, Brasil
Tubos duplos de soldagem para primeiros molares inferiores prescrição Roth slot 0.022”	Morelli, Sorocaba, Brasil
Tubos simples de soldagem para segundos molares inferiores prescrição Roth slot 0.022”	Morelli, Sorocaba, Brasil
Equipamento	**Modelo / Marca / Distribuidor**
Câmara de vácuo	Fastvac JB, Santo André, Brasil
Câmera fotográfica digital Rebel T3i	Canon, Tóquio, Japão
Dinamômetro ortodôntico de 25 a 300 gf	Zeusan, Campinas, Brasil
Polariscópio Circular (2 polarizadores e 2 placas de ¼ de onda)	Eikonal Instrumentos Ópticos, São Paulo, Brasil
Tripé para máquina fotográfica WT0102	Ambico, Lake Mary, EUA

Fonte: o autor.

4.2 Métodos

O método foi organizado em tópicos para melhor entendimento do protocolo utilizado.

4.2.1 Obtenção do modelo fotoelástico

Os bráquetes foram fixados aos dentes artificiais da arcada inferior (incisivos, caninos e pré-molares), no centro do que seria a coroa clínica, utilizando-se cola tipo cianoacrilato. As bandas, com os tubos soldados, foram cimentadas nos molares

com cimento de ionômero de vidro. A colocação destes acessórios obedeceu a critérios para evitar a angulação das raízes.

Nesta montagem foi instalado um arco pré-contorneado de secção retangular 0,021”x 0,025” em aço inoxidável para arcada inferior, com o objetivo de reduzir a folga entre o fio e os acessórios. Não foram incluídos os primeiros pré-molares para que fosse simulado um caso com extração destes elementos (Figura 4.1). Uma cópia em xerox deste arco foi obtida para posteriormente servir de diagrama durante a adaptação dos arcos de ativação.

Figura 4.1 - Dentes artificiais montados em arco de aço 0.021"x0.025"

Fonte: o autor.

Os dentes presos ao arco metálico foram incluídos com cera 7, derretida em um dique confeccionado com uma chapa de alumínio calafetada em uma placa de vidro, com atenção para que fosse formado um arco de cera de igual espessura em toda a sua extensão (Figura 4.2). Não foram esculpidas caracterizações na cera para que, posteriormente, não houvesse interferência na visualização das franjas fotoelásticas.

Figura 4.2 - Arco dentário incluído em cera 7 derretida no dique

Fonte: o autor.

Este modelo foi posicionado e fixado com cola tipo cianoacrilato no interior de uma fôrma de papelão. Em seguida foi preparada a borracha de silicone, pasta base e catalizador, na proporção recomendada pelo fabricante, de maneira cuidadosa para que o resultado fosse homogêneo e sem bolhas. Esta mistura, ainda no estado líquido, foi vertida sobre o modelo que aguardava no interior da fôrma.

Após 48 horas, já com a cura total desta borracha de silicone, o molde foi removido da fôrma de papelão e, em seguida, a cera foi removida com água quente e detergente. Todos os resíduos de cera que eventualmente remanesceram no molde foram removidos com produto químico específico. O molde foi novamente lavado e seco com jato de ar (Figura 4.3).

Figura 4.3 - Molde do enceramento, já sem resíduos de cera

Fonte: o autor.

A resina fotoelástica foi espatulada na proporção preconizada pelo fabricante, num pote Becker, por 2 minutos com um bastão de vidro, cautelosamente para que não fossem incluídas bolhas de ar. Eventuais bolhas de ar residuais foram removidas ao colocar a resina, ainda no Becker, por 15 minutos no interior de câmara de vácuo, com pressão de 700 mmHg (Figura 4.4). A resina ainda na fase líquida foi vertida no interior do molde, cuidadosamente, para se evitar a inclusão de bolhas de ar. Após o molde ser preenchido pela resina, ele foi novamente colocado no interior da câmara de vácuo, para a eliminação de eventuais bolhas, agora por 30 minutos (Claro, 2008).

Figura 4.4 - Câmara de vácuo utilizada para remover as bolhas de ar da resina

Fonte: o autor.

Após a cura total da resina, 72 horas após a sua confecção, o molde em borracha de silicone foi cortado na região cervical dos dentes e removido, com cuidado para não se aplicar tensões excessivas sobre o modelo. Dessa forma foi finalizado o modelo fotoelástico (Figura 4.5).

Figura 4.5 - Modelo fotoelástico finalizado

Fonte: o autor.

4.2.2 Obtenção da base acrílica de ancoragem

Foi confeccionada uma base de resina acrílica com o intuito de simular a ancoragem absoluta no segmento posterior, para que toda a resultante da força de retração se concentrasse na região anterior do arco. Esta base foi modelada e esculpida em resina acrílica transparente com auxílio de fresas e disco rotatório. Posteriormente realizou-se o polimento de suas superfícies com pedra pomes e branco de Espanha, para que sua superfície não interferisse na avaliação das franjas fotoelásticas.

O formato englobava suavemente a base do modelo em 1 mm e, na região distal, havia um degrau onde o modelo se apoiava e, neste local, foi afixado um mini-implante de cada lado. Posteriormente, durante os testes, o mini-implante foi conjugado ao tubo do primeiro molar inferior por meio de amarrilho metálico (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Tubo do primeiro molar conjugado ao mini-implante fixado na região posterior da base acrílica

Fonte: o autor.

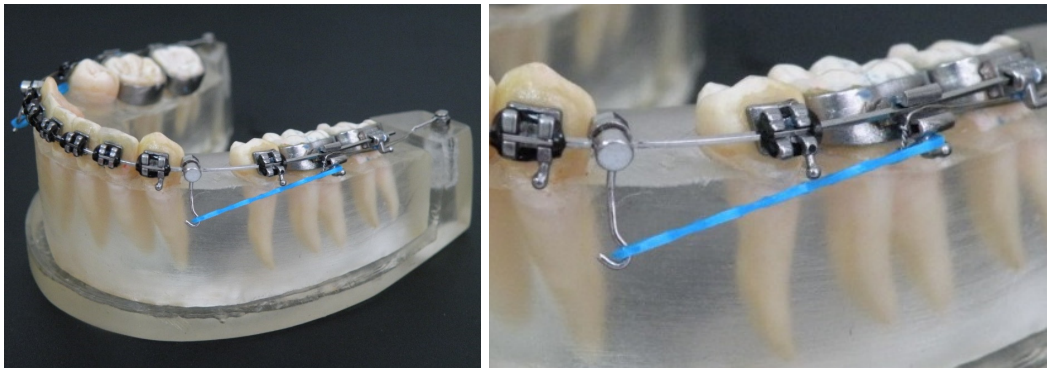
4.2.3 Obtenção dos arcos de retração

Utilizou-se 60 arcos de retração para a arcada inferior, sendo 15 para cada tipo de mecânica. Este número foi estipulado com base na amostra de Claro (2008).

Quatro grupos foram criados:

- Grupo I: 15 arcos pré-contorneados em fio 0,019” x 0,025” de aço, com ganchos ortodônticos bilaterais de haste longa, com 8 mm de altura, instalados a 2 milímetros distal ao bráquete dos caninos (Bennett; McLaughlin, 1990; McLaughlin, 2001; McLaughlin; Bennett, 2015) (Figura 4.7);

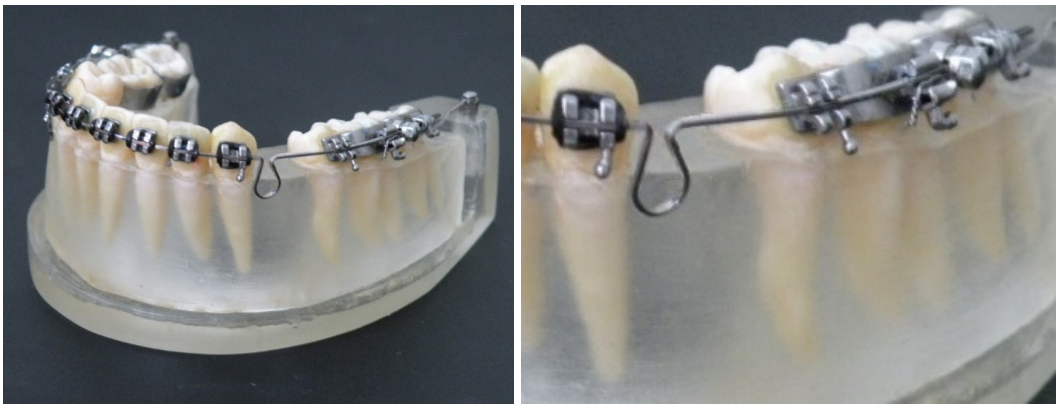
Figura 4.7 – Modelo referente à mecânica de deslize já ativado



Fonte: o autor.

- Grupo II: 15 arcos de retração confeccionados a partir de um arco pré-contorneado em fio 0,019” x 0,025” de aço, com alças de Bull modificadas, bilaterais, nas dimensões de 3 milímetros de largura por 7 milímetros de altura, 2 milímetros distal ao bráquete dos caninos, com a incorporação de efeito Gable de 15º (Shimizu et al., 2002) (Figura 4.8);

Figura 4.8 – Modelo referente à mecânica com alça de Bull modificada já ativado



Fonte: o autor.

- Grupo III: o arco de aço 0,021” x 0,025” utilizado para a montagem dos dentes, durante o processo de confecção do modelo, foi seccionado a 2 mm distalmente ao bráquete dos caninos. Desta forma, foram obtidos dois segmentos posteriores (mesial do segundo pré-molar até a distal do segundo molar) e 1 segmento anterior (distal do canino esquerdo até a distal do canino direito). Um tubo

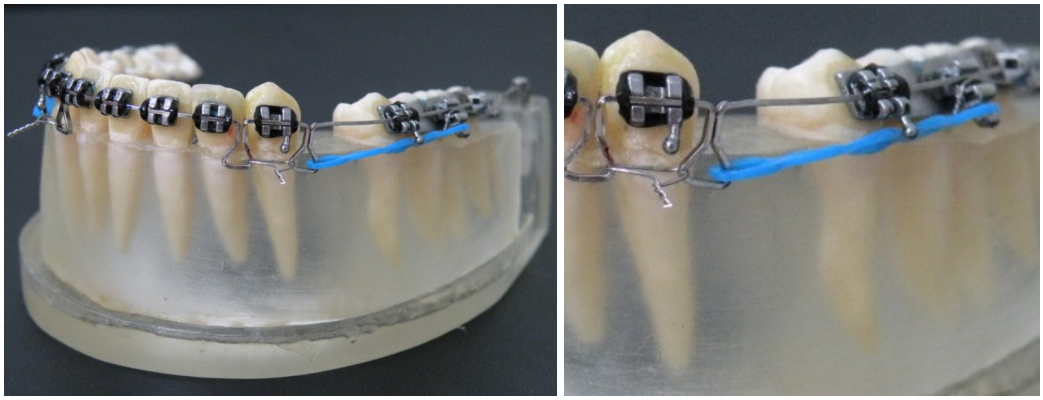
cruzado foi soldado ao fio entre o canino e o incisivo lateral, bilateralmente. 30 alças em “T” (duas para cada arco, totalizando 15 ativações) foram confeccionadas com fio 0,017” x 0,025” em TMA sobre um gabarito. Cada alça foi deslocada para a porção anterior do espaço inter-bráquetes de canino até segundo pré-molar e com uma dobra em 45º próxima ao tubo molar, conforme preconizado por Burstone (Sakima et al., 2000) (Figura 4.9);

Figura 4.9 – Modelo referente à mecânica com alça “T” já ativado

Fonte: o autor.

- Grupo IV: 15 arcos de retração pré-contorneados confeccionados com fio 0,019” x 0,025” em aço, com alças duplas com formato de fechadura (DKH ou DKL), medindo 4 milímetros de altura e 5 milímetros de largura, sendo a primeira a 1 milímetro mesial e a segunda a 1 milímetro distal do bráquete dos caninos (Figura 4.10). Bilateralmente, as alças foram unidas por meio de um fio de amarrilho até que o segmento entre alças mesiais atingisse cerca de 0,5 mm de deflexão (Suzuki; Lima, 2001).

Figura 4.10 – Modelo referente à mecânica com arco de dupla chave já ativado



Fonte: o autor.

4.2.4 Ativação dos sistemas de retração

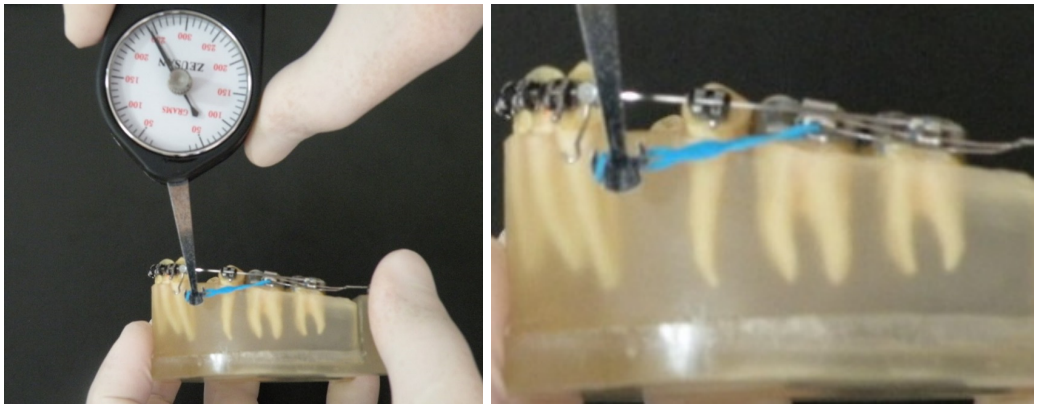
Durante a ativação do sistema de retração, a força horizontal aplicada foi padronizada em 480 gramas (240 gramas para cada hemiarco) por ser considerada uma força ótima durante a retração dos dentes anteroinferiores (Shimizu, 1995), sendo devidamente aferida com dinamômetro ortodôntico (Figura 4.11).

Figura 4.11 – Dinamômetro utilizado no estudo

Fonte: o autor.

Para os arcos da mecânica de deslize, a ativação foi realizada com o uso de cadeias elásticas unindo o gancho da distal do canino ao gancho do tubo do primeiro molar inferior, distendidas até 240 gramas de ativação (Figura 4.12).

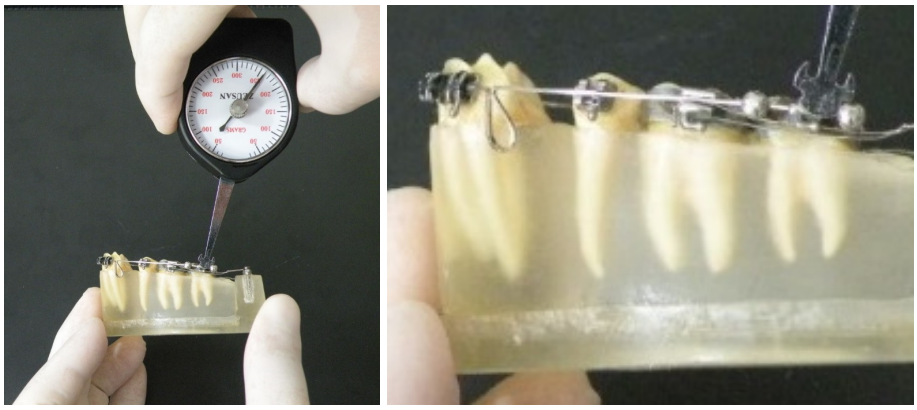
Figura 4.12 – Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica de deslize



Fonte: o autor.

Para os arcos confeccionados com alças de Bull modificadas, um primeiro gurin foi adaptado no fio entre o primeiro e o segundo molar, com a função de se fazer a futura ativação do sistema. Um segundo gurin foi temporariamente instalado na porção distal do arco de retração para que o dinamômetro pudesse ser preso ao fio durante a aferição. O primeiro gurin foi então apertado para que a ativação em 240 gramas fosse mantida (Figura 4.13).

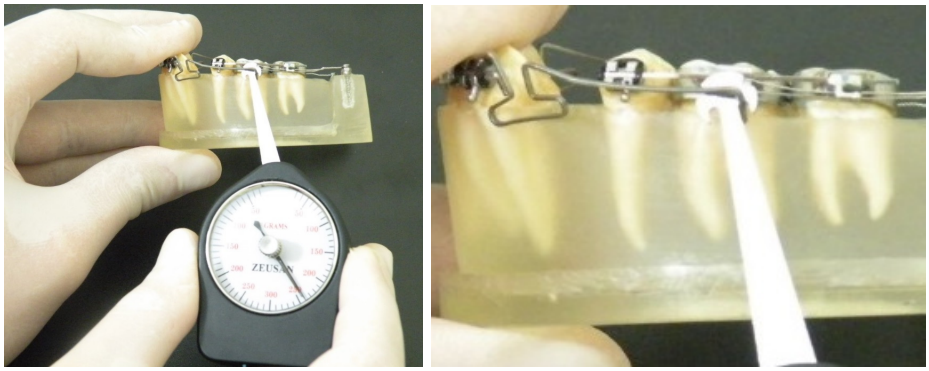
Figura 4.13 – Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica com alça de Bull modificada



Fonte: o autor.

Para a ativação das alças confeccionadas em “T”, o segmento anterior da alça foi preso por meio de dobra na canaleta do tubo cruzado fixado anteriormente ao arco. O segmento posterior da alça foi tracionado até que a alça apresentasse 240 gramas de ativação; sendo realizada uma marcação com caneta de retroprojetor no ponto do fio a ser dobrado. Assim o segmento posterior foi encaixado no segundo slot do tubo duplo do primeiro molar e dobrado nesta marcação (Figura 4.14).

Figura 4.14 – Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica com alça “T”

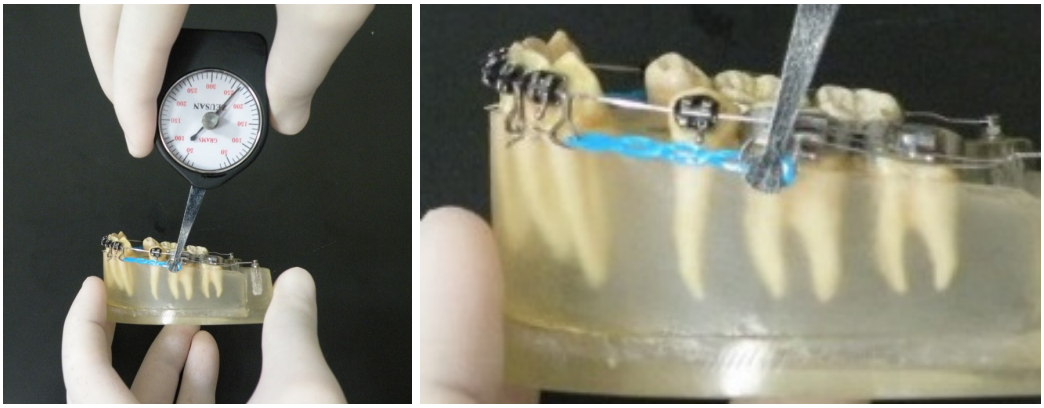


Fonte: o autor.

Para os arcos com alça em dupla chave a ativação foi realizada por meio de cadeia elástica ligando a alça distal do arco ao gancho do tubo do primeiro molar

inferior. Esta foi tracionada até que fossem atingidas 240 gramas de ativação (Figura 4.15).

Figura 4.15 – Aferição da força aplicada no modelo referente à mecânica com arco de dupla chave



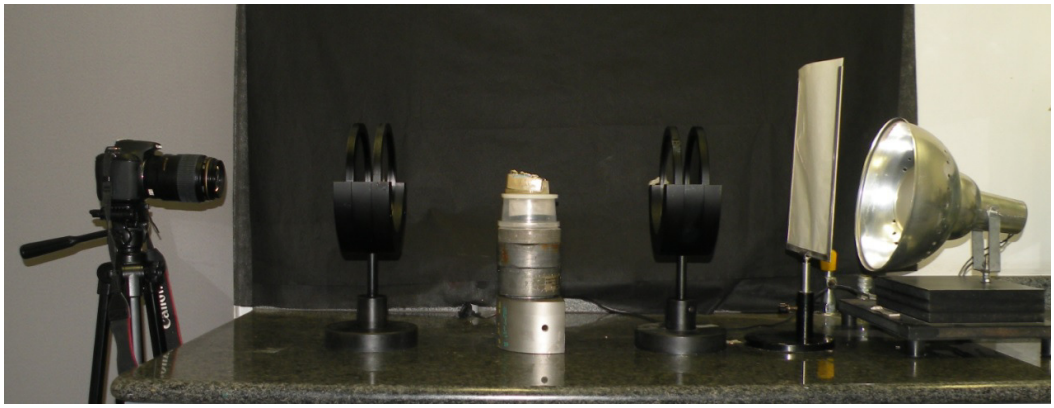
Fonte: o autor.

É importante lembrar que todas as ativações foram realizadas bilateralmente no modelo, com a mesma intensidade de força.

4.2.5 Obtenção das imagens dos modelos fotoelásticos

Os modelos foram montados em um polariscópio na seguinte ordem: fonte luminosa, difusor de luz, polarizador, placa de ¼ de onda, padrão fotoelástico, placa de ¼ de onda e analisador. A câmera fotográfica foi montada sobre um tripé e posicionada em frente ao analisador. O modelo fotoelástico foi posicionado sobre uma plataforma giratória, contendo marcações, para permitir adequado reposicionamento do modelo (Figura 4.16).

Figura 4.16 - Polariscópio circular do laboratório de pesquisa do Departamento de Prótese da FOUSP



Fonte: o autor.

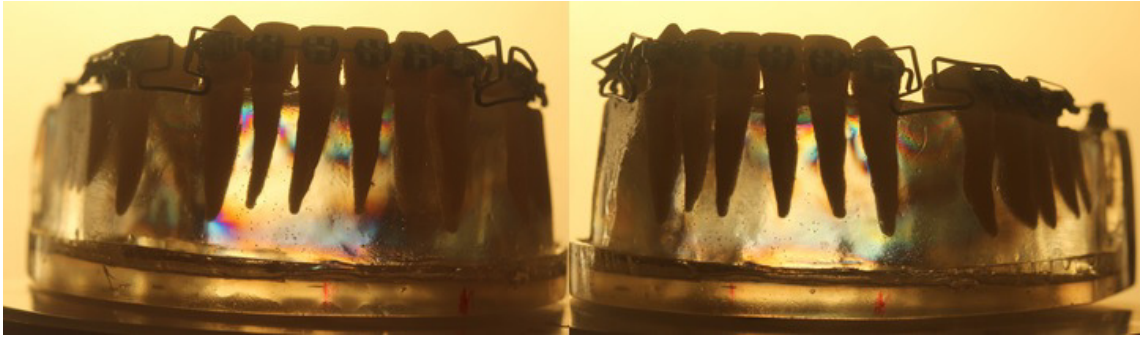
Antes da aplicação das forças, os modelos fotoelásticos foram previamente checados no polariscópio para verificação de ausência de tensões residuais no material, que poderiam interferir na formação das franjas fotoelásticas.

Uma vez que a ativação da mecânica de retração foi realizada, esperou-se dois minutos para se realizar a fotografia. Desta forma houve tempo suficiente para que as forças fossem expressas com a mesma duração sobre a resina fotoelástica. Em seguida foram realizadas as fotografias, sempre na mesma distância dos componentes do polariscópio, mesma angulação entre o modelo fotoelástico e a lente da máquina fotográfica e mesma abertura do diafragma, velocidade, enquadramento e ISO. Todas as fotografias foram feitas no mesmo local escuro, com a mesma distância entre todos os elementos do conjunto. Marcações com fitas adesivas foram realizadas para que o modelo fosse sempre apoiado da mesma forma, no mesmo local (Claro, 2008; Abrão, 2014).

Conforme previsto na proposição, foram realizadas fotografias do modelo ativado nas três perspectivas definidas: frontal, oclusal e oblíqua. Devido à curvatura do arco na região anterior, foi necessário realizar duas fotografias na perspectiva frontal para se observar a região dos incisivos, uma para o lado direito e uma para o lado esquerdo, a fim de se evitar sobreposições. Na perspectiva oclusal, o conjunto modelo/base acrílica foi posicionado em pé, com a lente da máquina a 90º em relação ao plano oclusal. Na perspectiva oblíqua, o conjunto modelo/base acrílica foi posicionado de maneira que a lente da máquina fotográfica ficasse posicionada a

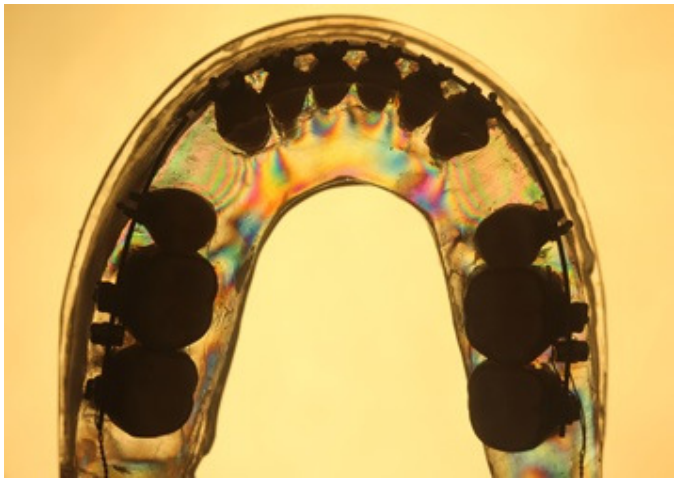
90º da face vestibular do canino, ficando o mesmo no centro da imagem; sempre se respeitando as marcações anteriormente realizadas (Figuras 4.17, 4.18 e 4.19).

Figura 4.17 - Exemplo do padrão de fotografia realizada no modelo fotoelástico na perspectiva frontal



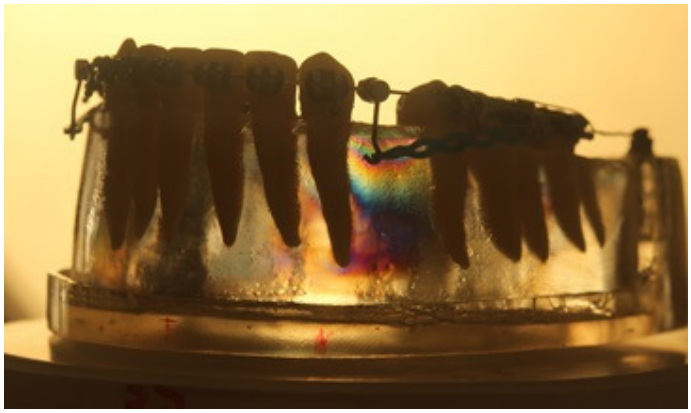
Fonte: o autor.

Figura 4.18 – Exemplo do padrão de fotografia realizada no modelo fotoelástico na perspectiva oclusal



Fonte: o autor.

Figura 4.19 - Exemplo do padrão de fotografia realizada no modelo fotoelástico na perspectiva oblíqua



Fonte: o autor.

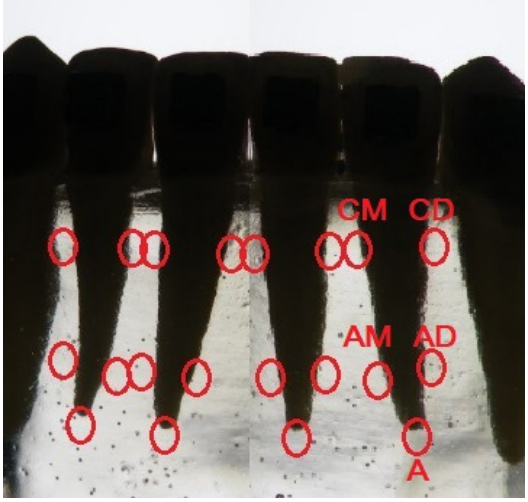
4.2.6 Análise das imagens coletadas

As imagens coletadas foram transferidas para um computador e analisadas pelo mesmo profissional. Durante a análise qualitativa, o padrão de formação das franjas fotoelásticas foi descrito de acordo com uma imagem de cada mecânica avaliada e em cada uma das perspectivas visualizadas. A análise quantitativa foi realizada utilizando a tabela da ASTM D4093 (Tabela 2.1) para a confirmação da sequência de cores e a ordem das franjas fotoelásticas. Os dados foram anotados separadamente em planilhas Excel de acordo com as perspectivas (frontal, oclusal e canino).

Foram avaliadas as seguintes regiões:

- perspectiva frontal: região cérvico-mesial (CM), região ápico-mesial (AM), região apical (A), região ápico-distal (AD) e região cérvico-distal (CD); dos dentes 32, 31, 41 e 42 (Figura 4.20);

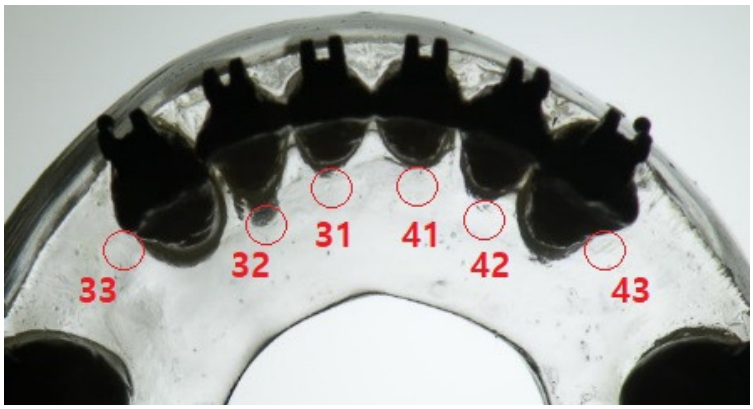
Figura 4.20 – Regiões selecionadas para análise na perspectiva frontal



Fonte: o autor.

- perspectiva oclusal: dentes 33, 32, 31, 41, 42 e 43, região lingual dos incisivos e região distal dos caninos (Figura 4.21);

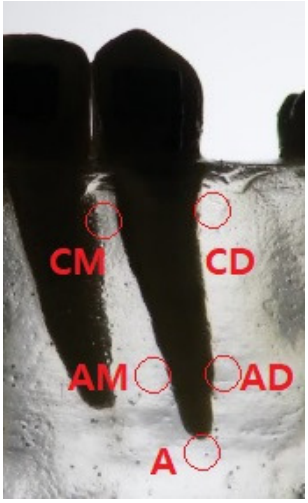
Figura 4.21 – Regiões selecionadas para análise na perspectiva oclusal



Fonte: o autor.

- perspectiva oblíqua: região cérvico-mesial (CM), região ápico-mesial (AM), região apical (A), região ápico-distal (AD) e região cérvico-distal (CD); do dente 33 (Figura 4.22).

Figura 4.22 – Regiões selecionadas para análise na perspectiva oblíqua



Fonte: o autor.

4.2.7 Análise estatística dos dados qualitativos e quantitativos

A repetibilidade do método adotado (concordância intra-observador), tanto para a análise qualitativa quanto para a quantitativa, foi verificada ao se reanalisar as regiões propostas após 15 dias pelo mesmo profissional. Os valores encontrados nas duas análises foram submetidos a uma análise estatística kappa. Este coeficiente pode variar de -1 a 1, sendo que Landis e Koch, em 1977, sugerem uma concordância kappa entre 0,40 e 1, conforme o quadro 4.2. Este cálculo foi realizado pelo software estatístico IBM SPSS Statistics®.

Quadro 4.2 - Valores de kappa segundo Landis e Koch (1977)

Valor de kappa	Concordância
0,41 a 0,60	Moderada
0,61 a 0,80	Substancial
0,81 a 1,00	Quase perfeita

Fonte: Landis e Koch (1977, p. 168).

Para a análise quantitativa, os valores encontrados na primeira análise foram submetidos ao teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov para verificar se atendem aos quesitos de homocedasticidade e normalidade. Como resultado deste teste, a amostra foi classificada como não paramétrica.

Frente ao resultado obtido no teste anterior, foi escolhido o teste Kruskal-Wallis para se realizar a comparação entre os dados obtidos, adotando-se um nível de significância de 5% ($p<0,05$). Este teste sugere diferença entre os grupos comparados e é complementado com o teste de Dunn, próprio para comparações múltiplas de dados independentes. Todos os testes estatísticos para a comparação das médias foram realizados com o software de distribuição livre BioEstat 5.0®.

5 RESULTADOS

Os dados obtidos neste estudo foram analisados sob os aspectos qualitativos e quantitativos.

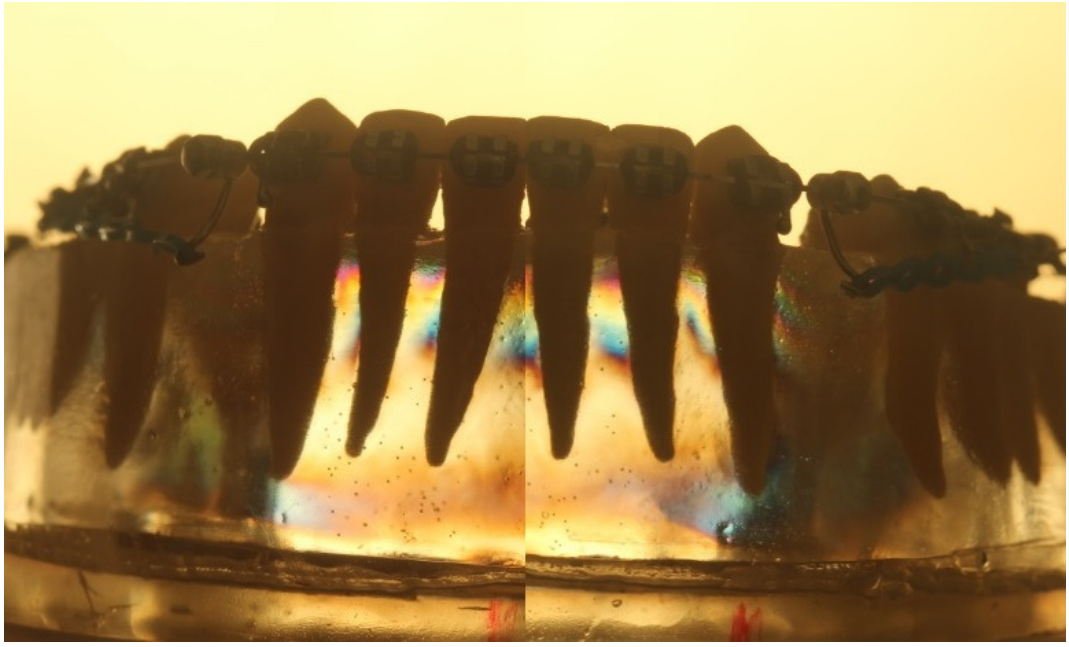
5.1 Análise Qualitativa

Os modelos fotoelásticos foram analisados nas perspectivas frontal, oclusal e oblíqua. As figuras 5.1 a 5.13 mostram as imagens do comportamento das franjas após o carregamento de 240 gramas bilateral, nas quatro mecânicas de retração ortodôntica avaliadas.

5.1.1 Perspectiva frontal utilizando mecânica de deslize (Figura 5.1)

Nas regiões ápico-mesiais, apicais e ápico-distais houve discretas alterações de coloração com ordens de franjas de 0.79. Nas regiões cérvico-mesiais e cérvico-distais observa-se um aumento de tensão com ordens de franjas de 1.62. Estes comportamentos se repetem ao longo dos quatro incisivos.

Figura 5.1 – Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica de deslize

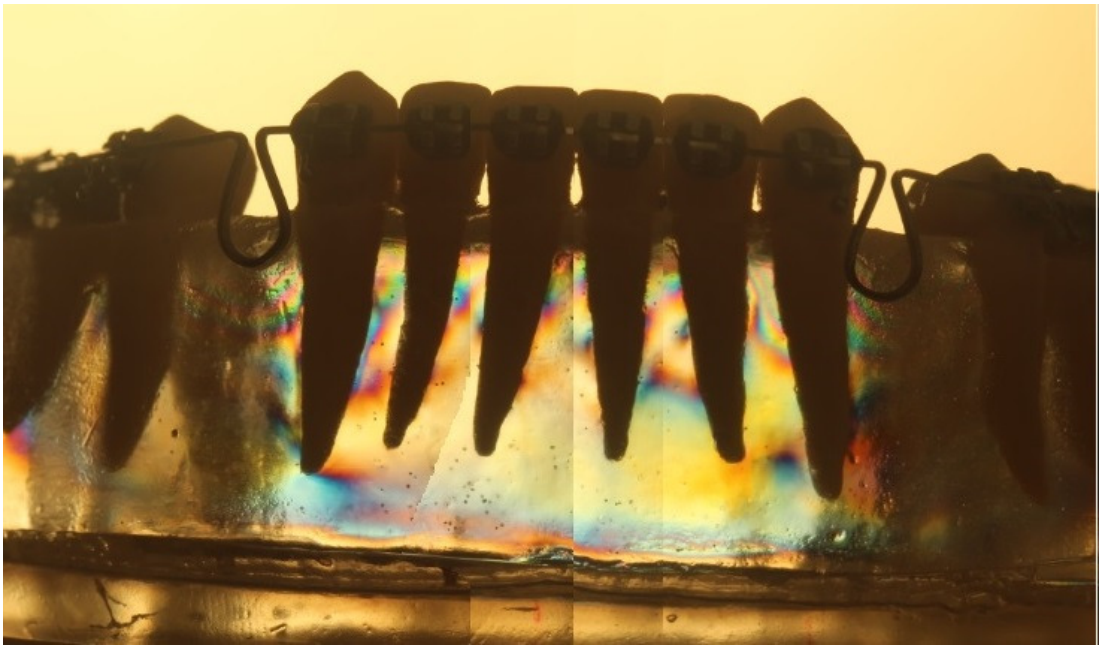


Fonte: o autor.

5.1.2 Perspectiva frontal utilizando mecânica com alça de Bull modificada (Figura 5.2)

Nas regiões ápico-mesiais, apicais e ápico-distais houve alterações de coloração um pouco mais evidentes, com ordens de franjas indo de 0.79, na região apical do dente 42, a 0.90, na região apical do dente 32. Nas regiões cérvico-mesiais e cérvico-distais observa-se um aumento de tensão também mais evidente, com ordens de franjas variando entre 1.38, na região cérvico-mesial do dente 32, e 1.62, na região cérvico-mesial do dente 42.

Figura 5.2 – Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica com alça de Bull modificada

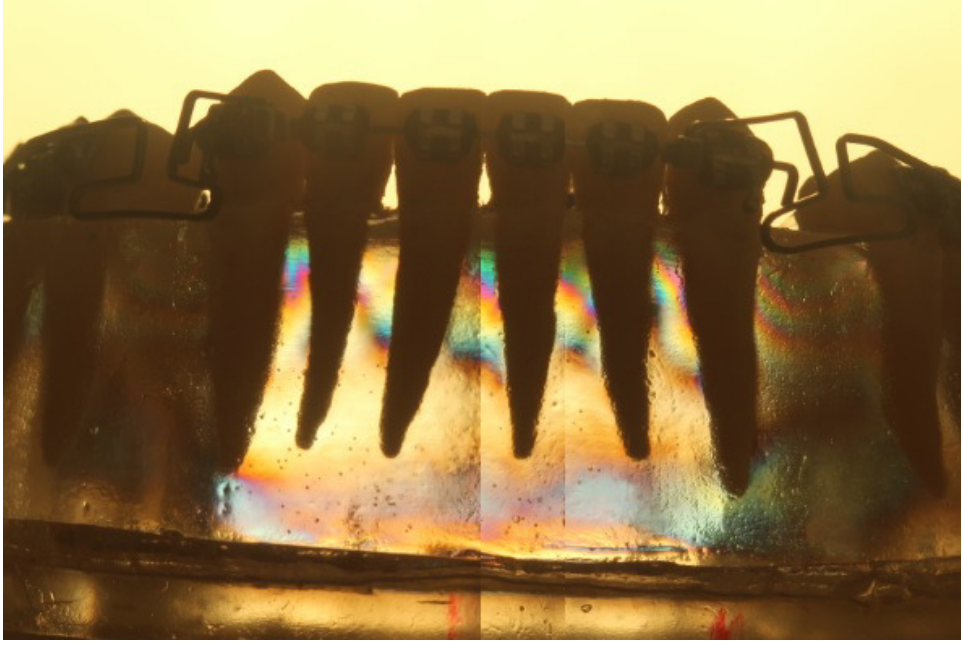


Fonte: o autor.

5.1.3 Perspectiva frontal utilizando mecânica com alça T (Figura 5.3)

Nas regiões ápico-mesiais, apicais e ápico-distais houve alterações de coloração de baixa intensidade, com ordens de franjas indo de 0.79, na região ápico-distal do dente 41, a 1.00, na região apical do dente 32. Nas regiões cérvico-mesiais e cérvico-distais observa-se um aumento de tensão também mais evidente com ordens de franjas variando entre 1.20, na região cérvico-mesial do dente 31, e 1.38, na região cérvico-distal do dente 42.

Figura 5.3 – Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica com alça T

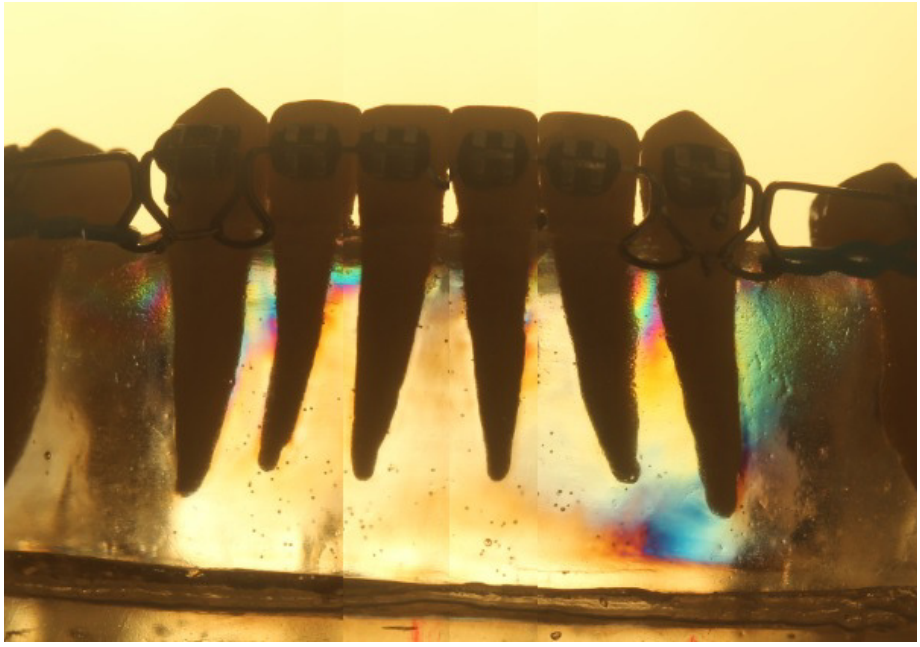


Fonte: o autor.

5.1.4 Perspectiva frontal utilizando mecânica com arco de dupla chave (Figura 5.4)

Nas regiões ápico-mesiais, apicais e ápico-distais houve suaves alterações de coloração, com ordens de franjas indo de 0.60, na região apical do dente 41, a 1.00, na região apical do dente 32. Nas regiões cérvico-mesiais e cérvico-distais observa-se um aumento de tensão mais evidente com ordens de franjas variando entre 1.38, na região cérvico-mesial do dente 42, e 1.62, na região cérvico-distal do dente 32.

Figura 5.4 – Perspectiva frontal de uma ativação feita com a mecânica com arco de dupla chave

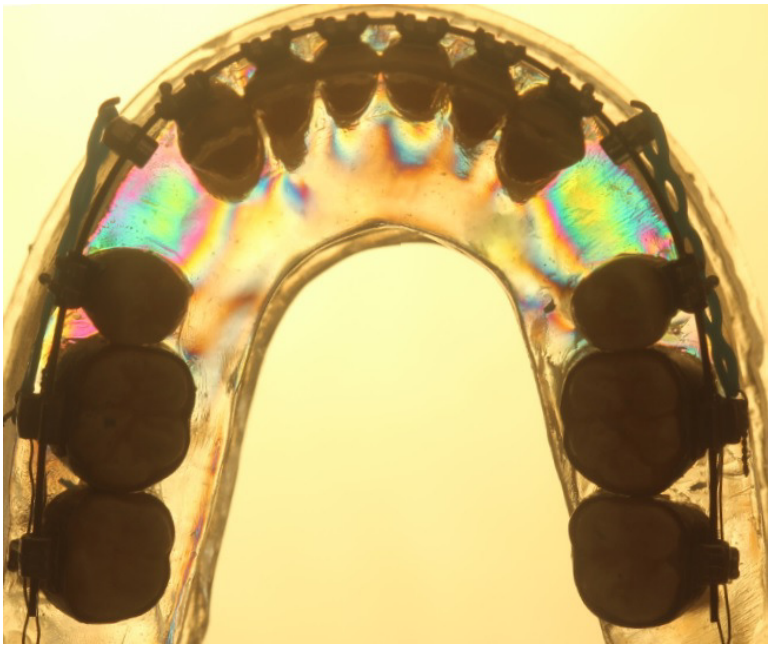


Fonte: o autor.

5.1.5 Perspectiva oclusal utilizando mecânica de deslize (Figura 5.5)

Nas regiões distais dos caninos houve alterações de coloração de média intensidade, com ordens de franjas ao redor de 1.38, bilateralmente. Nas linguais dos incisivos observam-se tensões de menor intensidade, com ordens de franjas variando entre 0.79 para o dente 32, e 1.06, para o dente 42.

Figura 5.5 – Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica de deslize

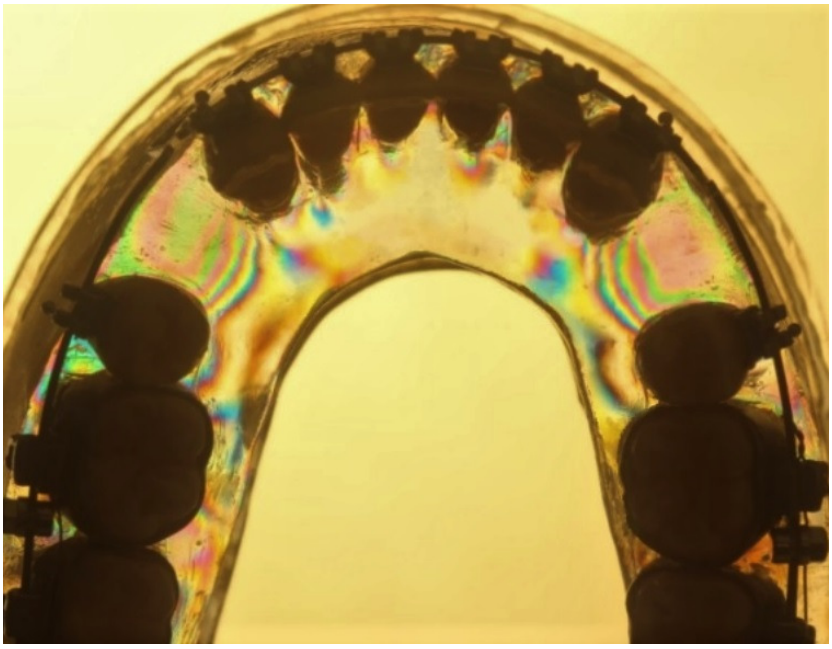


Fonte: o autor.

5.1.6 Perspectiva oclusal utilizando mecânica com alça de Bull modificada (Figura 5.6)

Nas regiões distais dos caninos houve alterações de coloração de maior intensidade, possibilitando a observação de uma sequência de cores e franjas fotoelásticas bilateralmente, com ordens de franjas de 3.10 para o dente 33. Nas linguais dos incisivos observam-se tensões de menor intensidade, com ordens de franjas variando entre 0.90 para o dente 32, e 1.20, para o dente 41.

Figura 5.6 – Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica com alça de Bull modificada

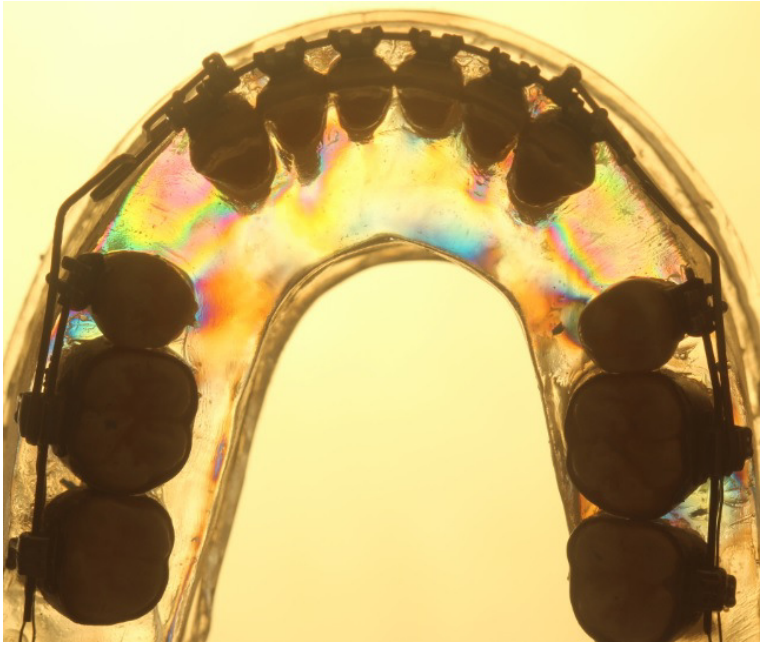


Fonte: o autor.

5.1.7 Perspectiva oclusal utilizando mecânica com alça T (Figura 5.7)

Nas regiões distais dos caninos houve alterações de coloração de maior intensidade, sem que houvesse a formação de uma sequência de cores e franjas fotoelásticas, com ordens de franjas ao redor de 1.81 bilateralmente. Nas linguais dos incisivos observam-se tensões de menor intensidade, com ordens de franjas variando entre 0.79 para o dente 31, e 1.00, para o dente 42.

Figura 5.7 – Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica com alça T

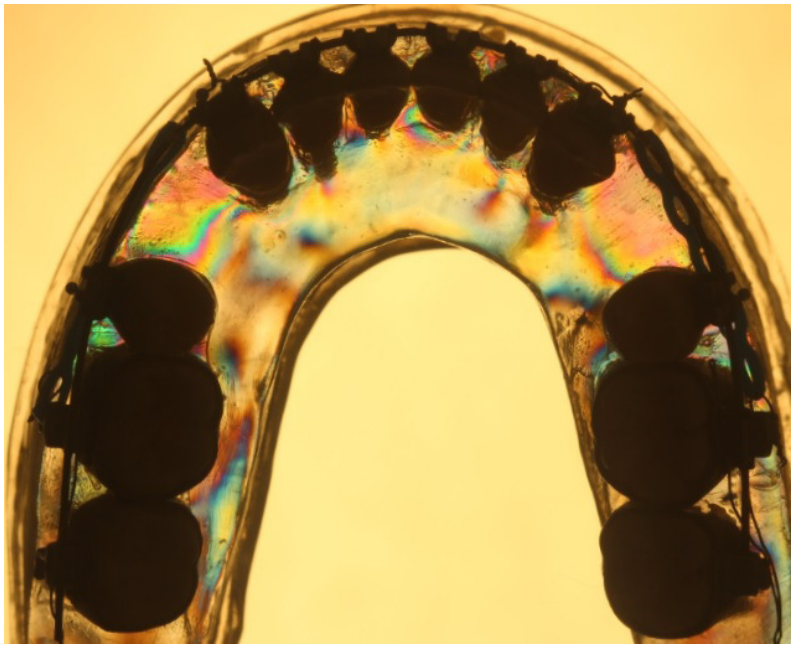


Fonte: o autor.

5.1.8 Perspectiva oclusal utilizando mecânica com arco de dupla chave (Figura 5.8)

Nas regiões distais dos caninos houve alterações de coloração de média intensidade, com ordens de franjas ao redor de 1.81, bilateralmente. Nas linguais dos incisivos observam-se tensões de menor intensidade, com ordens de franjas variando entre 0.79 para o dente 31, e 1.20, para o dente 41.

Figura 5.8 – Perspectiva oclusal de uma ativação feita com a mecânica com arco de dupla chave

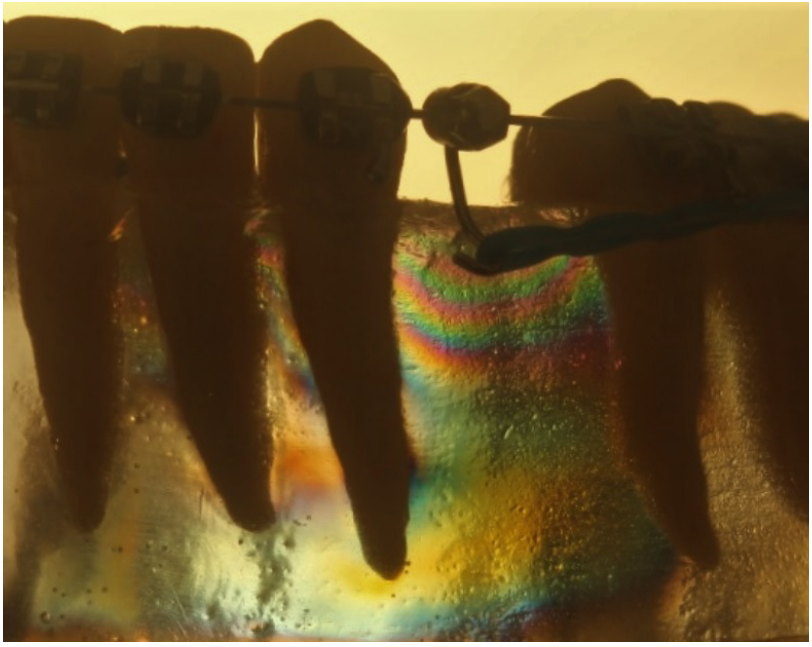


Fonte: o autor.

5.1.9 Perspectiva oblíqua utilizando mecânica de deslize (Figura 5.9)

Nas regiões ápico-mesial, apical e ápico-distal houve suaves alterações de coloração, com ordens de franjas indo de 0.60 na região ápico-mesial, a 1.06, na região ápico-distal. Nas regiões cervicais observa-se um aumento de tensão mais evidente com a formação de uma sequência de cores e franjas fotoelásticas, principalmente na região cérvico-distal com ordem de franja 2.00.

Figura 5.9 – Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica de deslize



Fonte: o autor.

5.1.10 Perspectiva oblíqua utilizando mecânica com alça de Bull modificada (Figura 5.10)

Nas regiões ápico-mesial, apical e ápico-distal houve uma alteração de coloração de maior intensidade na região ápico-distal com ordem de franja de 0.90. Nas regiões cervicais observa-se um aumento de tensão evidente com a formação de uma sequência de cores e franjas fotoelásticas, tanto na região cérvico-distal com ordem de franja 2.33, quanto na região cérvico-mesial, com ordem de franja 1.62.

Figura 5.10 – Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica com alça de Bull modificada

Fonte: o autor.

5.1.11 Perspectiva oblíqua utilizando mecânica com alça T (Figura 5.11)

Nas regiões ápico-mesial, apical e ápico-distal houve uma alteração de coloração de menor intensidade, com ordens de franjas indo de 0.60 na região ápico-mesial, a 1.00, na região ápico-distal. Nas regiões cervicais observa-se um aumento de tensão mais evidente com a formação de uma sequência de cores e franjas fotoelásticas na região cérvico-distal com ordem de franja 2.33; na região cérvico-mesial houve menor alteração de cor, com ordem de franja de 1.20.

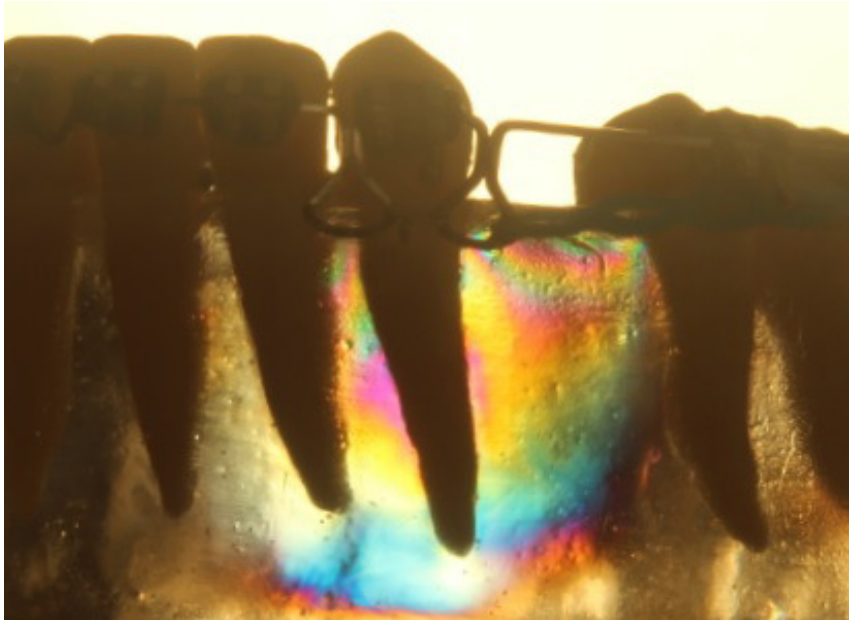
Figura 5.11 – Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica com alça T

Fonte: o autor.

5.1.12 Perspectiva oblíqua utilizando mecânica com arco de dupla chave (Figura 5.12)

Nas regiões ápico-mesial, apical e ápico-distal houve uma alteração de coloração de média intensidade, com ordens de franjas indo de 0.45 na região apical, a 1.06, na região ápico-distal. Nas regiões cervicais observa-se um aumento de tensão mais evidente com a formação de uma sequência de cores e franjas fotoelásticas na região cérvico-distal, com ordem de franja 1.81.

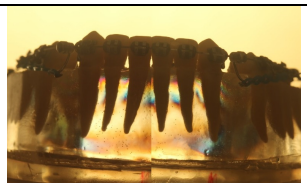
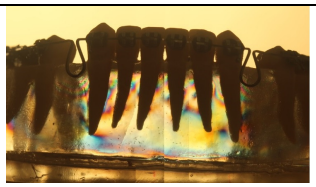
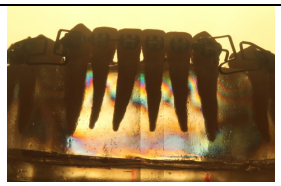
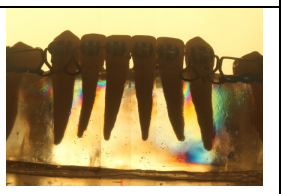
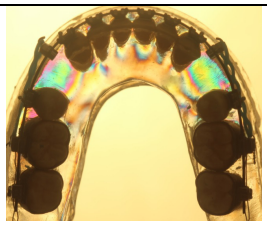
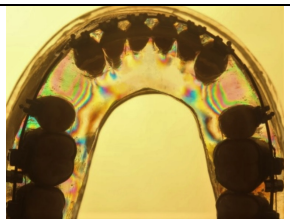
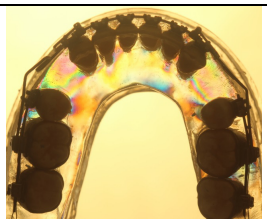
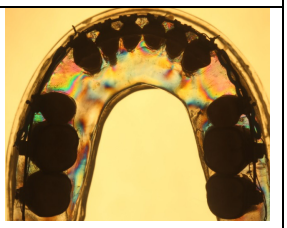
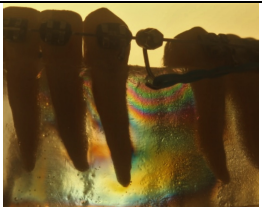
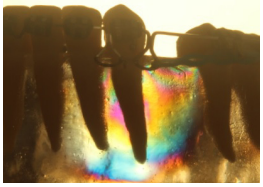
Figura 5.12 – Perspectiva oblíqua de uma ativação feita com a mecânica com arco de dupla chave



Fonte: o autor.

A figura 5.13 permite uma comparação facilitada das tensões atuantes nas raízes dos dentes anteriores, nas três perspectivas avaliadas.

Figura 5.13 – Perspectivas frontal, oclusal e oblíqua do conjunto das 4 técnicas de retração

	Mecânica de deslize	Alça de Bull modificada	Alça T	Arco de dupla chave
Perspectiva frontal				
Perspectiva oclusal				
Perspectiva oblíqua				

Fonte: o autor.

5.2 Análise Quantitativa

Na análise quantitativa foram descritos o erro do método, a estatística descritiva e todos os testes de comparação de médias utilizados neste trabalho.

5.2.1 Erro do método

Após a análise estatística dos dados da primeira e segunda observação (Apêndices A ao P) para a verificação da repetibilidade do método, foi encontrado o coeficiente kappa de 0,747, o que indica uma concordância substancial intraobservador segundo Landis e Kock (1977).

5.2.2 Estatística descritiva

A estatística descritiva foi realizada nos dados obtidos das três perspectivas avaliadas, sendo representada por meio de tabela e gráfico boxplot.

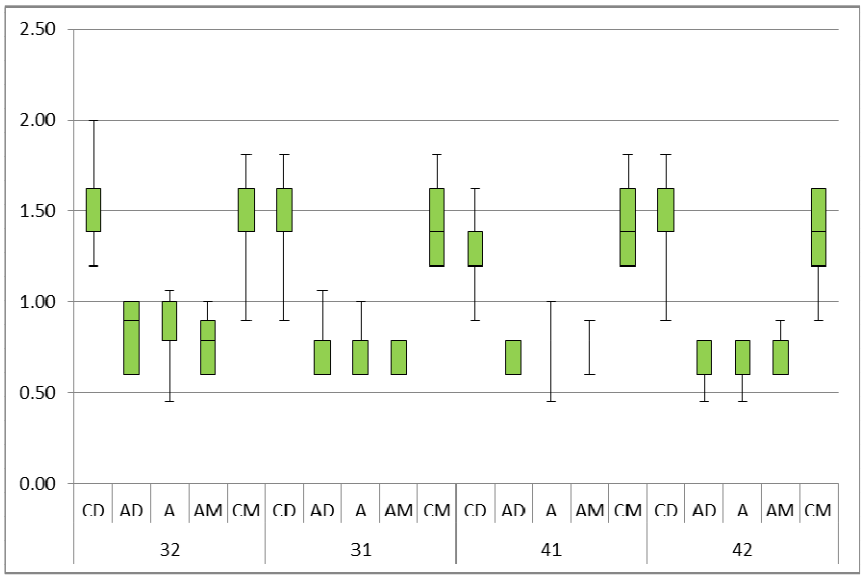
A tabela 5.1 e o gráfico 5.1 apresentam os dados da estatística descritiva referentes às ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica de deslize (Apêndice A).

Tabela 5.1 – Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica de deslize

Técnica: Deslize						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
32	CD	1.38	1.62	1.62	1.20	2.00
	AD	0.60	1.00	0.90	0.60	1.00
	A	0.79	1.00	1.00	0.45	1.06
	AM	0.60	0.90	0.79	0.60	1.00
	CM	1.38	1.62	1.62	0.90	1.81
31	CD	1.38	1.62	1.38	0.90	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	1.06
	A	0.60	0.79	0.79	0.60	1.00
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	CM	1.20	1.62	1.38	1.20	1.81
41	CD	1.20	1.38	1.38	0.90	1.62
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	A	0.79	0.79	0.79	0.45	1.00
	AM	0.79	0.79	0.79	0.60	0.90
	CM	1.20	1.62	1.38	1.20	1.81
42	CD	1.38	1.62	1.62	0.90	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.45	0.79
	A	0.60	0.79	0.79	0.45	0.79
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	0.90
	CM	1.20	1.62	1.38	0.90	1.62

Fonte: o autor.

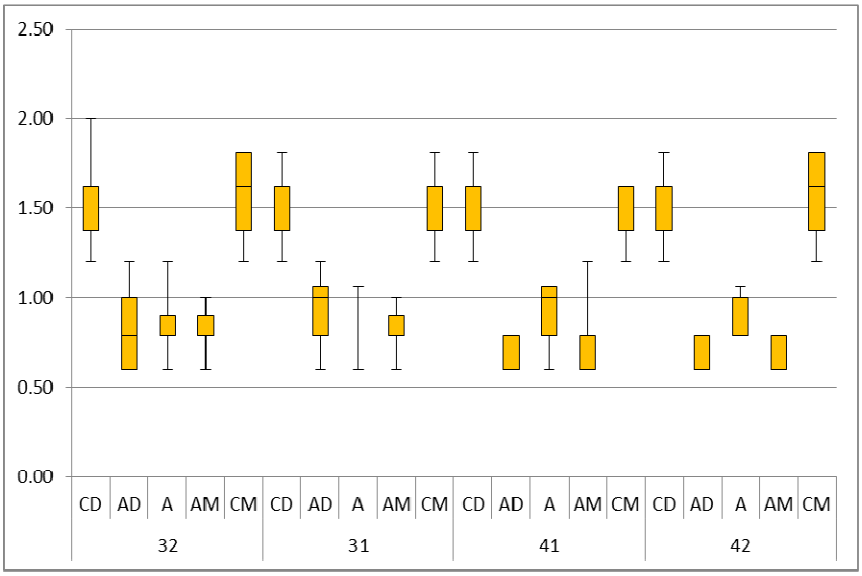
Gráfico 5.1 – Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica de deslize



Fonte: o autor.

A tabela 5.2 e o gráfico 5.2 apresentam os dados da estatística descritiva referentes às ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça de Bull modificada (Apêndice C).

Gráfico 5.2 – Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça de Bull modificada



Fonte: o autor.

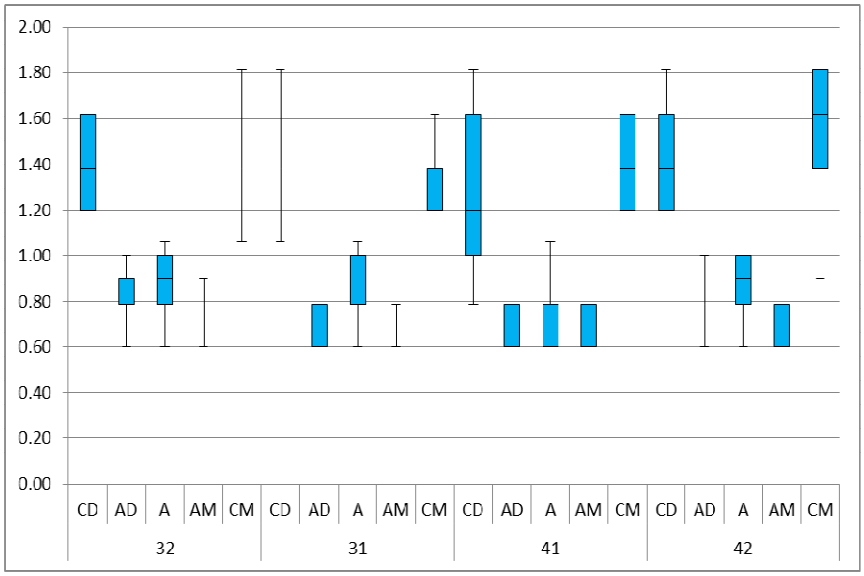
Tabela 5.2 – Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça de Bull modificada

Técnica: Alça de Bull modificada						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
32	CD	1.38	1.62	1.38	1.20	2.00
	AD	0.60	1.00	0.79	0.60	1.20
	A	0.79	0.90	0.90	0.60	1.20
	AM	0.79	0.90	0.79	0.60	1.00
	CM	1.38	1.81	1.62	1.20	1.81
31	CD	1.38	1.62	1.38	1.20	1.81
	AD	0.79	1.06	1.00	0.60	1.20
	A	1.06	1.06	1.06	0.60	1.06
	AM	0.79	0.90	0.79	0.60	1.00
	CM	1.38	1.62	1.62	1.20	1.81
41	CD	1.38	1.62	1.62	1.20	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	A	0.79	1.06	1.00	0.60	1.06
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	1.20
	CM	1.38	1.62	1.38	1.20	1.62
42	CD	1.38	1.62	1.62	1.20	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	A	0.79	1.00	0.79	0.79	1.06
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	CM	1.38	1.81	1.62	1.20	1.81

Fonte: o autor.

A tabela 5.3 e o gráfico 5.3 apresentam os dados da estatística descritiva referentes às ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça T (Apêndice E).

Gráfico 5.3 – Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça T



Fonte: o autor.

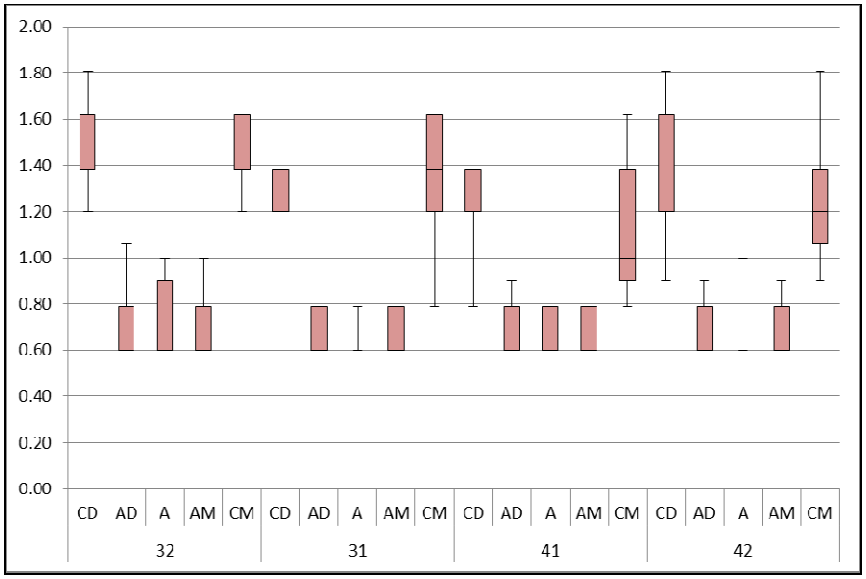
Tabela 5.3 – Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com alça T

Técnica: Alça T						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
32	CD	1.20	1.62	1.38	1.20	1.62
	AD	0.79	0.90	0.79	0.60	1.00
	A	0.79	1.00	0.90	0.60	1.06
	AM	0.79	0.79	0.79	0.60	0.90
	CM	1.38	1.38	1.38	1.06	1.81
31	CD	1.38	1.38	1.38	1.06	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	A	0.79	1.00	0.79	0.60	1.06
	AM	0.79	0.79	0.79	0.60	0.79
	CM	1.20	1.38	1.38	1.20	1.62
41	CD	1.00	1.62	1.20	0.79	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	A	0.60	0.79	0.79	0.60	1.06
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	CM	1.20	1.62	1.38	1.20	1.62
42	CD	1.20	1.62	1.38	1.20	1.81
	AD	0.79	0.79	0.79	0.60	1.00
	A	0.79	1.00	0.90	0.60	1.00
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	CM	1.38	1.81	1.62	0.90	1.81

Fonte: o autor.

A tabela 5.4 e o gráfico 5.4 apresentam os dados da estatística descritiva referentes às ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com arco de dupla chave (Apêndice G).

Gráfico 5.4 – Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com arco de dupla chave



Fonte: o autor.

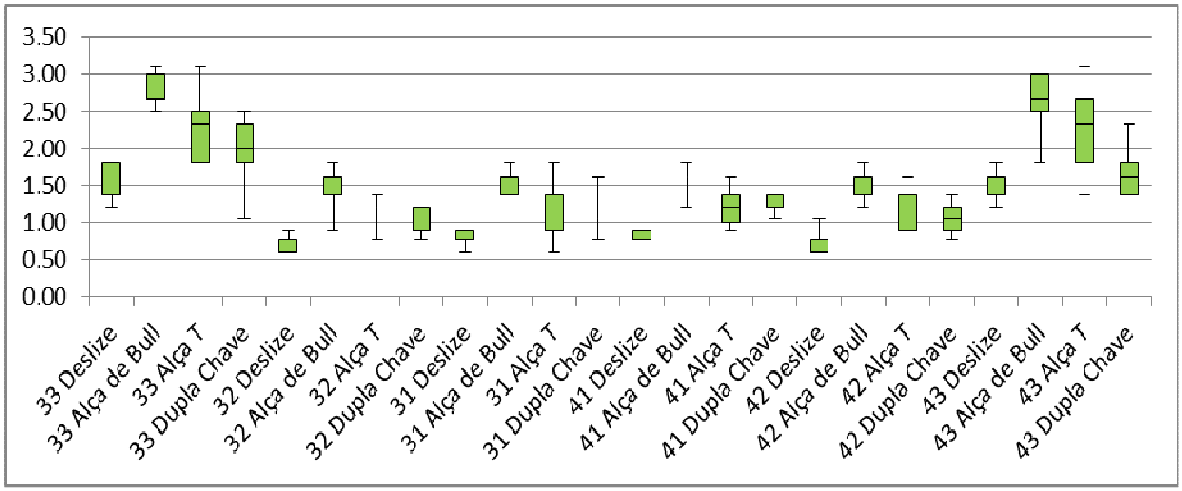
Tabela 5.4 – Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva frontal da mecânica com arco de dupla chave

Técnica: Dupla Chave						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
32	CD	1.38	1.62	1.62	1.20	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	1.06
	A	0.60	0.90	0.60	0.60	1.00
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	1.00
	CM	1.38	1.62	1.38	1.20	1.62
31	CD	1.20	1.38	1.38	1.20	1.38
	AD	0.60	0.79	0.60	0.60	0.79
	A	0.79	0.79	0.79	0.60	0.79
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	0.79
	CM	1.20	1.62	1.38	0.79	1.62
41	CD	1.20	1.38	1.20	0.79	1.38
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	0.90
	A	0.60	0.79	0.60	0.60	0.79
	AM	0.60	0.79	0.60	0.60	0.79
	CM	0.90	1.38	1.00	0.79	1.62
42	CD	1.20	1.62	1.62	0.90	1.81
	AD	0.60	0.79	0.79	0.60	0.90
	A	0.79	0.79	0.79	0.60	1.00
	AM	0.60	0.79	0.79	0.60	0.90
	CM	1.06	1.38	1.20	0.90	1.81

Fonte: o autor.

A tabela 5.5 e o gráfico 5.5 apresentam os dados da estatística descritiva referentes às ordens de franjas observadas na perspectiva oclusal das quatro mecânicas estudadas (Apêndices I, J, K e L).

Gráfico 5.5 – Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva oclusal das quatro mecânicas estudadas



Fonte: o autor.

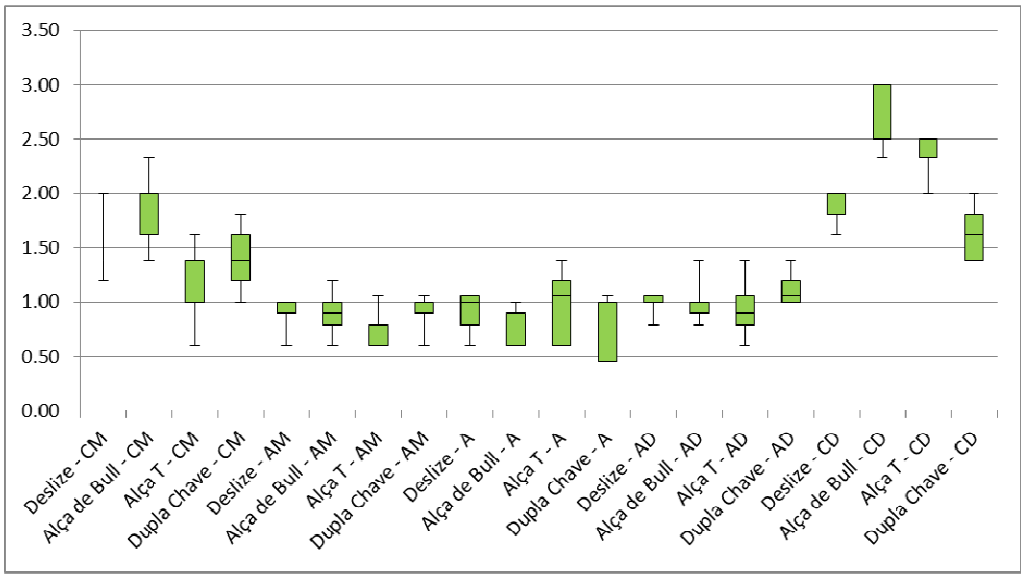
Tabela 5.5 – Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva oclusal das quatro mecânicas estudadas

Técnica: Deslize					
Dente	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
33	1.38	1.81	1.38	1.20	1.81
32	0.60	0.79	0.79	0.60	0.90
31	0.79	0.90	0.79	0.60	0.90
41	0.79	0.90	0.90	0.79	0.90
42	0.60	0.79	0.79	0.60	1.06
43	1.38	1.62	1.38	1.20	1.81
Técnica: Alça de Bull modificada					
Dente	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
33	2.67	3.00	3.00	2.50	3.10
32	1.38	1.62	1.38	0.90	1.81
31	1.38	1.62	1.38	1.38	1.81
41	1.62	1.62	1.62	1.20	1.81
42	1.38	1.62	1.62	1.20	1.81
43	2.50	3.00	2.67	1.81	3.00
Técnica: Alça T					
Dente	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
33	1.81	2.50	2.33	1.81	3.10
32	1.20	1.20	1.20	0.79	1.38
31	0.90	1.38	1.38	0.60	1.81
41	1.00	1.38	1.20	0.90	1.62
42	0.90	1.38	0.90	0.90	1.62
43	1.81	2.67	2.33	1.38	3.10
Técnica: Dupla Chave					
Dente	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
33	1.81	2.33	2.00	1.06	2.50
32	0.90	1.20	0.90	0.79	1.20
31	1.06	1.06	1.06	0.79	1.62
41	1.20	1.38	1.20	1.06	1.38
42	0.90	1.20	1.06	0.79	1.38
43	1.38	1.81	1.62	1.38	2.33

Fonte: o autor.

A tabela 5.6 e o gráfico 5.6 apresentam os dados da estatística descritiva referentes às ordens de franjas observadas na perspectiva oblíqua nas quatro mecânicas estudadas (Apêndices M, N, O e P).

Gráfico 5.6 – Representação da estatística descritiva das ordens de franjas observadas na perspectiva oblíqua nas quatro mecânicas estudadas



Fonte: o autor.

Tabela 5.6 – Estatística descritiva (primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), Mediana, valores mínimo e máximo) das ordens de franjas observadas na perspectiva oblíqua nas quatro mecânicas estudadas

Técnica: Deslize						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
	CD	1.81	2.00	2.00	1.62	2.00
	AD	1.00	1.06	1.06	0.79	1.06
33	A	0.79	1.06	1.00	0.60	1.06
	AM	0.90	1.00	0.90	0.60	1.00
	CM	1.38	1.38	1.38	1.20	2.00
Técnica: Alça de Bull modificada						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
	CD	2.50	3.00	2.50	2.33	3.00
	AD	0.90	1.00	0.90	0.79	1.38
33	A	0.60	0.90	0.60	0.60	1.00
	AM	0.79	1.00	0.90	0.60	1.20
	CM	1.62	2.00	1.62	1.38	2.33
Técnica: Alça T						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
	CD	2.33	2.50	2.33	2.00	2.50
	AD	0.79	1.06	0.90	0.60	1.38
33	A	0.60	1.20	1.06	0.60	1.38
	AM	0.60	0.79	0.60	0.60	1.06
	CM	1.00	1.38	1.38	0.60	1.62
Técnica: Dupla Chave						
Dente	Região	Q_1	Q_3	Mediana	Mínimo	Máximo
	CD	1.38	1.81	1.62	1.38	2.00
	AD	1.00	1.20	1.06	1.00	1.38
33	A	0.45	1.00	0.45	0.45	1.06
	AM	0.90	1.00	0.90	0.60	1.06
	CM	1.20	1.62	1.38	1.00	1.81

Fonte: o autor.

5.2.3 Verificação da uniformidade da distribuição das tensões (ordens de franjas) entre os incisivos, na perspectiva frontal, na mesma mecânica de retração

As tabelas 5.7 e 5.8 mostram como as tensões se distribuem ao longo dos incisivos quando comparados na mesma mecânica.

O teste comparativo de Kruskal-Wallis foi realizado para identificar se havia diferença entre as ordens de franjas; este teste foi complementado pelo teste de comparação múltipla de Dunn.

Na tabela 5.7 identificam-se diferenças nas magnitudes de tensões ao longo dos incisivos, na mecânica de deslize e na mecânica com alça de Bull modificada, nas regiões apical e ápico-distal; na mecânica com alça T esta diferença é identificada nas regiões ápico-mesial e ápico-distal, enquanto na mecânica com arco de dupla chave, esta diferença é identificada nas regiões cérvico-mesial, apical e cérvico-distal.

Na tabela 5.8 observam-se diferenças nas concentrações de tensões apenas na região apical, entre os dentes 32 e 42 na mecânica de deslize; na região apical entre, os dentes 31 e 42, e na região ápico-distal, entre os dentes 31 e 41, na mecânica com alça de Bull modificada; e na região cérvico-distal, entre os dentes 32 e 41 e também 41 e 42, na mecânica com arco de dupla chave.

Tabela 5.7 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre os dentes, nas mesmas regiões, na perspectiva frontal

Região	Região	p-value	32 mediana	31 mediana	41 mediana	42 mediana	S/NS
Deslize	CM	0.2898	1.62	1.38	1.38	1.38	NS
	AM	0.6321	0.79	0.79	0.79	0.79	NS
	A	0.0164	1.00	0.79	0.79	0.79	S*
	AD	0.0491	0.90	0.79	0.79	0.79	S*
	CD	0.0565	1.62	1.38	1.38	1.62	NS
Alça de Bull	CM	0.145	1.62	1.62	1.38	1.62	NS
	AM	0.1716	0.79	0.79	0.79	0.79	NS
	A	0.0164	0.90	1.06	1.00	0.79	S*
	AD	0.0081	0.79	1.00	0.79	0.79	S**
	CD	0.9339	1.38	1.38	1.62	1.62	NS
Alça T	CM	0.2704	1.38	1.38	1.38	1.62	NS
	AM	0.0228	0.79	0.79	0.79	0.79	S*
	A	0.2285	0.90	0.79	0.79	0.90	NS
	AD	0.0127	0.79	0.79	0.79	0.79	S*
	CD	0.518	1.38	1.38	1.20	1.38	NS
Dupla Chave	CM	0.0407	1.38	1.38	1.00	1.20	S*
	AM	0.1456	0.79	0.79	0.60	0.79	NS
	A	0.0157	0.60	0.79	0.60	0.79	S*
	AD	0.1293	0.79	0.60	0.79	0.79	NS
	CD	0.0019	1.62	1.38	1.20	1.62	S*

S* = $p<0.05$ S** = $p<0.01$ NS = não significante

Fonte: o autor.

Tabela 5.8 - Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre os dentes, nas mesmas regiões, na perspectiva frontal

Região	Variáveis	CM	AM	A	AD	CD
Deslize	32 x 31	NS	NS	NS	NS	NS
	32 x 41	NS	NS	NS	NS	NS
	32 x 42	NS	NS	S (p< 0,05)	NS	NS
	31 x 41	NS	NS	NS	NS	NS
	31 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
	41 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
Alça de Bull	32 x 31	NS	NS	NS	NS	NS
	32 x 41	NS	NS	NS	NS	NS
	32 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
	31 x 41	NS	NS	NS	S (p< 0,05)	NS
	31 x 42	NS	NS	S (p< 0,05)	NS	NS
	41 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
Alça T	32 x 31	NS	NS	NS	NS	NS
	32 x 41	NS	NS	NS	NS	NS
	32 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
	31 x 41	NS	NS	NS	NS	NS
	31 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
	41 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
Dupla Chave	32 x 31	NS	NS	NS	NS	NS
	32 x 41	NS	NS	NS	NS	S (p< 0,05)
	32 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
	31 x 41	NS	NS	NS	NS	NS
	31 x 42	NS	NS	NS	NS	NS
	41 x 42	NS	NS	NS	NS	S (p< 0,05)

S = significante NS = não significante

Fonte: o autor.

5.2.4 Verificação da uniformidade da distribuição das tensões (ordens de franjas) entre os terços radiculares dos incisivos, na perspectiva frontal, na mesma mecânica de retração

As tabelas 5.9 e 5.10 mostram os resultados dos testes para responder se a distribuição de tensões é uniforme ao longo da raiz dos incisivos, na perspectiva frontal, verificando em cada dente se existe diferença de tensões nas regiões apical, média e cervical, dentro da mesma mecânica de retração.

Na tabela 5.9 identificam-se diferenças significativas nas magnitudes de tensões ao longo das raízes dos incisivos, na perspectiva frontal, ao longo de todos os dentes e em todas as mecânicas de retração avaliadas.

Na tabela 5.10 observa-se que as diferenças de tensões são encontradas significativamente quando comparadas as regiões cervicais com as regiões apicais. Não há diferenças significantes quando comparadas as regiões apicais entre si e nem quando comparadas as regiões cervicais entre si.

Tabela 5.9 – Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre as diferentes regiões dos incisivos, em uma mesma mecânica, na perspectiva frontal

Região	Dente	p-value	CM mediana	AM mediana	A mediana	AD mediana	CD mediana	S/NS
Deslize	32	< 0.0001	1.62	0.79	1.00	0.90	1.62	S
	31	< 0.0001	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	S
	41	< 0.0001	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	S
	42	< 0.0001	1.38	0.79	0.79	0.79	1.62	S
Alça de Bull	32	< 0.0001	1.62	0.79	0.90	0.79	1.38	S
	31	< 0.0001	1.62	0.79	1.06	1.00	1.38	S
	41	< 0.0001	1.38	0.79	1.00	0.79	1.62	S
	42	< 0.0001	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62	S
Alça T	32	< 0.0001	1.38	0.79	0.90	0.79	1.38	S
	31	< 0.0001	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	S
	41	< 0.0001	1.38	0.79	0.79	0.79	1.20	S
	42	< 0.0001	1.62	0.79	0.90	0.79	1.38	S
Dupla Chave	32	< 0.0001	1.38	0.79	0.60	0.79	1.62	S
	31	< 0.0001	1.38	0.79	0.79	0.60	1.38	S
	41	< 0.0001	1.00	0.60	0.60	0.79	1.20	S
	42	< 0.0001	1.20	0.79	0.79	0.79	1.62	S

S = p<0.0001 NS = não significante

Fonte: o autor.

Tabela 5.10 – Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre as diferentes regiões dos incisivos, em uma mesma mecânica, na perspectiva frontal

Região	Variáveis	32	31	41	42
Deslize	CM x AM	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x A	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x AD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x CD	NS	NS	NS	NS
	AM x A	NS	NS	NS	NS
	AM x AD	NS	NS	NS	NS
	AM x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	A x AD	NS	NS	NS	NS
	A x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	AD x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
Alça de Bull	CM x AM	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x A	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x AD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x CD	NS	NS	NS	NS
	AM x A	NS	NS	NS	NS
	AM x AD	NS	NS	NS	NS
	AM x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	A x AD	NS	NS	NS	NS
	A x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	AD x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
Alça T	CM x AM	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x A	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x AD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x CD	NS	NS	NS	NS
	AM x A	NS	NS	NS	NS
	AM x AD	NS	NS	NS	NS
	AM x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	A x AD	NS	NS	NS	NS
	A x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	AD x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
Dupla Chave	CM x AM	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x A	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x AD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	CM x CD	NS	NS	NS	NS
	AM x A	NS	NS	NS	NS
	AM x AD	NS	NS	NS	NS
	AM x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	A x AD	NS	NS	NS	NS
	A x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
	AD x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)

S = significante NS = não significante

Fonte: o autor.

5.2.5 Verificação da distribuição das tensões (ordens de franjas) entre as mecânicas de retração, na perspectiva frontal

As tabelas 5.11 e 5.12 mostram os resultados dos testes durante a comparação entre as mecânicas de retração, das magnitudes de tensão (ordens de franja isocromáticas) dissipadas ao longo das raízes dos incisivos, na perspectiva frontal.

Na tabela 5.11 são observadas diferenças estatisticamente significantes quando avaliados: os dentes 32, 41 e 42 na região cérvico-mesial; todos os dentes na região apical; o dente 31 na região ápico-distal; e os dentes 31 e 41 na região cérvico-distal.

Na tabela 5.12 são identificadas diferenças estatisticamente significantes na região cérvico-mesial, quando comparada a alça de Bull modificada com a alça T no dente 32, e quando comparada a alça de Bull modificada com o arco de dupla chave no dente 42; na região apical quando comparada a alça de Bull modificada com a mecânica de deslize nos dentes 31 e 42, quando comparada a alça de Bull modificada com a alça T no dente 31, e quando comparada a alça de Bull modificada com o arco de dupla chave nos dentes 31 e 41; na região ápico-distal quando comparada a alça de Bull modificada com o arco de dupla chave no dente 31; e na região cérvico-distal quando comparada a alça de Bull modificada com o arco de dupla chave no dente 41.

Tabela 5.11 – Resultados das análises de Kruskal-Wallis entre os tipos de mecânicas, para as ordens de franjas nas regiões dos incisivos, na perspectiva frontal

Região	Dente	p-value	Deslize mediana	Alça de Bull mediana	Alça T mediana	Dupla Chave mediana	S/NS
CM	32	0.0211	1.62	1.62	1.38	1.38	S*
	31	0.1179	1.38	1.62	1.38	1.38	NS
	41	0.0313	1.38	1.38	1.38	1.00	S*
	42	0.0083	1.38	1.62	1.62	1.20	S**
AM	32	0.8744	0.79	0.79	0.79	0.79	NS
	31	0.0861	0.79	0.79	0.79	0.79	NS
	41	0.0858	0.79	0.79	0.79	0.60	NS
	42	0.4752	0.79	0.79	0.79	0.79	NS
A	32	0.0325	1.00	0.90	0.90	0.60	S*
	31	< 0.0001	0.79	1.06	0.79	0.79	S***
	41	0.0038	0.79	1.00	0.79	0.60	S**
	42	0.0045	0.79	0.79	0.90	0.79	S**
AD	32	0.1332	0.90	0.79	0.79	0.79	NS
	31	0.0009	0.79	1.00	0.79	0.60	S***
	41	0.6252	0.79	0.79	0.79	0.79	NS
	42	0.2743	0.79	0.79	0.79	0.79	NS
CD	32	0.3599	1.62	1.38	1.38	1.62	NS
	31	0.047	1.38	1.38	1.38	1.38	S*
	41	0.0241	1.38	1.62	1.20	1.20	S*
	42	0.7722	1.62	1.62	1.38	1.62	NS

S* = p<0.05 S** = p<0.01 S*** = p<0.001 NS = não significante

Fonte: o autor.

Tabela 5.12 – Resultados das análises de Dunn entre os tipos de mecânicas, para as ordens de franjas nas regiões dos incisivos, na perspectiva frontal

Região	Variáveis	32	31	41	42
CM	Deslize x Alça de Bull	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Alça T	S (p<0.05)	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Dupla Chave	NS	NS	NS	S (p<0.05)
	Alça T x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
AM	Deslize x Alça de Bull	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
	Alça T x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
A	Deslize x Alça de Bull	NS	S (p<0.05)	NS	S (p<0.05)
	Deslize x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Alça T	NS	S (p<0.05)	NS	NS
	Alça de Bull x Dupla Chave	NS	S (p<0.05)	S (p<0.05)	NS
	Alça T x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
AD	Deslize x Alça de Bull	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Dupla Chave	NS	S (p<0.05)	NS	NS
	Alça T x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
CD	Deslize x Alça de Bull	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Deslize x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Alça T	NS	NS	NS	NS
	Alça de Bull x Dupla Chave	NS	NS	S (p<0.05)	NS
	Alça T x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS

S = significante NS = não significante

Fonte: o autor.

5.2.6 Verificação da uniformidade da distribuição das tensões (ordens de franjas) entre os dentes anteriores, na perspectiva oclusal, na mesma mecânica de retração

As tabelas 5.13 e 5.14 mostram os resultados dos testes para responder se a distribuição de tensões é uniforme ao longo dos dentes anteriores, na perspectiva oclusal.

Na tabela 5.13 é identificada diferença estatisticamente significante nas magnitudes de tensões ao longo dos dentes anteriores, na perspectiva oclusal, em todas as mecânicas de retração avaliadas.

Na tabela 5.14 pode-se observar em todas as mecânicas uma diferença estatisticamente significante quando comparados os caninos com os incisivos. Ao se comparar os incisivos entre si e os caninos entre si, não é observada diferença significante. A exceção foi observada quando comparados os dentes 41 e 43 na mecânica do arco de dupla chave, que não apresentaram diferenças significantes.

Tabela 5.13 – Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre os dentes, na mesma mecânica de retração na perspectiva oclusal

Região	p-value	33 mediana	32 mediana	31 mediana	41 mediana	42 mediana	43 mediana	S/NS
Deslize	< 0.0001	1.38	0.79	0.79	0.90	0.79	1.38	S
Alça de Bull	< 0.0001	3.00	1.38	1.38	1.62	1.62	2.67	S
Alça T	< 0.0001	2.33	1.20	1.38	1.20	0.90	2.33	S
Dupla Chave	< 0.0001	2.00	0.90	1.06	1.20	1.06	1.62	S

S = p<0.001 NS = não significante

Fonte: o autor.

Tabela 5.14 – Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre os dentes, na mesma mecânica de retração, na perspectiva oclusal

Variáveis	Deslize	Alça de Bull	Alça T	Dupla Chave
33 x 32	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
33 x 31	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
33 x 41	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
33 x 42	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
33 x 43	NS	NS	NS	NS
32 x 31	NS	NS	NS	NS
32 x 41	NS	NS	NS	NS
32 x 42	NS	NS	NS	NS
32 x 43	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
31 x 41	NS	NS	NS	NS
31 x 42	NS	NS	NS	NS
31 x 43	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
41 x 42	NS	NS	NS	NS
41 x 43	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	NS
42 x 43	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)

S = significante NS = não significante

Fonte: o autor.

5.2.7 Verificação da distribuição das tensões (ordens de franjas) entre as mecânicas de retração, na perspectiva oclusal

As tabelas 5.15 e 5.16 mostram os resultados dos testes durante a comparação entre as mecânicas de retração, nas magnitudes de tensão (ordens de franja isocromáticas) dissipadas ao longo dos dentes anteriores, na perspectiva oclusal.

Na tabela 5.15 é identificada diferença estatisticamente significante entre as quatro mecânicas de retração em todos os dentes avaliados.

Na tabela 5.16 é possível observar diferenças significantes entre a mecânica de deslize e a alça de Bull modificada em todos os dentes avaliados; entre a mecânica de deslize e a alça T em todos os dentes avaliados; entre a alça de Bull modificada e o arco de dupla chave em todos os dentes avaliados; entre a mecânica de deslize e o arco de dupla chave nos incisivos; e entre a alça de Bull modificada e alça T nos dentes 31, 41 e 42. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre a alça T e o arco de dupla chave.

Tabela 5.15 – Resultados das análises de Kruskal-Wallis entre os tipos de mecânicas de retração, para as ordens de franjas nos dentes anteriores na perspectiva oclusal

Dente	p-value	Deslize mediana	Alça de Bull mediana	Alça T mediana	Dupla Chave mediana	S/NS
33	<0.0001	1.38	3.00	2.33	2.00	S
32	< 0.0001	0.79	1.38	1.20	0.90	S
31	< 0.0001	0.79	1.38	1.38	1.06	S
41	< 0.0001	0.90	1.62	1.20	1.20	S
42	< 0.0001	0.79	1.62	0.90	1.06	S
43	< 0.0001	1.38	2.67	2.33	1.62	S

S = p<0.001 NS = não significante

Fonte: o autor.

Tabela 5.16 – Resultados das análises de Dunn entre os tipos de mecânicas de retração, para as ordens de franjas em todos os dentes anteriores na perspectiva oclusal

Variáveis	33	32	31	41	42	43
Deslize x Alça de Bull	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
Deslize x Alça T	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
Deslize x Dupla Chave	NS	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	NS
Alça de Bull x Alça T	NS	NS	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	NS
Alça de Bull x Dupla Chave	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
Alça T x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS	NS	NS

S = significante NS = não significante

Fonte: o autor.

5.2.8 Verificação da uniformidade da distribuição das tensões (ordens de franjas) entre os terços radiculares do canino, na perspectiva oblíqua, na mesma mecânica de retração

As tabelas 5.17 e 5.18 mostram os resultados dos testes para responder se a distribuição de tensões é uniforme ao longo da raiz do canino, na perspectiva oblíqua, verificando se existe diferença de tensões nas regiões apical, média e cervical.

Na tabela 5.17 identificam-se diferenças estatisticamente significantes entre todas as regiões nas quatro mecânicas estudadas.

Na tabela 5.18 são observadas diferenças significantes entre as regiões cervicais e apicais na mecânica de deslize, na alça de Bull modificada e no arco de dupla chave. Na alça T observam-se diferenças entre os pontos CM e AM, CM e CD, CD e AM, CD e A, e CD e AD.

Tabela 5.17 – Resultados das análises de Kruskal-Wallis para as ordens de franjas entre as diferentes regiões do canino (33), na mesma mecânica de retração, na perspectiva oblíqua

Mecânica	p-value	CM mediana	AM mediana	A mediana	AD mediana	CD mediana	S/NS
Deslize	< 0.0001	1.38	0.90	1.00	1.06	2.00	S
Alça de Bull	< 0.0001	1.62	0.90	0.60	0.90	2.50	S
Alça T	< 0.0001	1.38	0.60	1.06	0.90	2.33	S
Dupla Chave	< 0.0001	1.38	0.90	0.45	1.06	1.62	S

S = p<0.001 NS = não significante

Fonte: o autor.

Tabela 5.18 – Resultados das análises de Dunn para as ordens de franjas entre as diferentes regiões do canino (33), na mesma mecânica de retração, na perspectiva oblíqua

Variáveis	Deslize	Alça de Bull	Alça T	Dupla Chave
CM x AM	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
CM x A	S (p<0.05)	S (p<0.05)	NS	S (p<0.05)
CM x AD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	NS	NS
CM x CD	NS	NS	S (p<0.05)	NS
AM x A	NS	NS	NS	NS
AM x AD	NS	NS	NS	NS
AM x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
A x AD	NS	NS	NS	NS
A x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)
AD x CD	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)	S (p<0.05)

S = significante NS = não significante

Fonte: o autor.

5.2.9 Verificação da distribuição das tensões (ordens de franjas) entre as mecânicas de retração, na perspectiva oblíqua

As tabelas 5.19 e 5.20 mostram os resultados dos testes durante a comparação entre as mecânicas de retração, das magnitudes de tensão (ordens de franja isocromáticas) dissipadas ao longo da raiz do canino, na perspectiva oblíqua.

Na tabela 5.19 são identificadas diferenças significantes nas regiões avaliadas entre as quatro mecânicas de retração deste estudo.

Na tabela 5.20 podemos observar diferenças significantes entre a alça de Bull modificada e a mecânica de deslize nos pontos CM e CD; entre a alça de Bull modificada e a alça T no ponto CM; entre a alça de Bull modificada e o arco de dupla chave nos pontos CM e CD; entre a alça T e a mecânica de deslize nos pontos AM e CD; e entre a alça T e o arco de dupla chave nos pontos AM, A e CD. Quando comparadas a mecânica de deslize e o arco de dupla chave não foram observadas diferenças significantes.

Tabela 5.19 – Resultados das análises de Kruskal-Wallis entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas na região do canino (33), na perspectiva oblíqua

Região	p-value	Deslize mediana	Alça de Bull mediana	Alça T mediana	Dupla Chave mediana	S/NS
CM	< 0.0001	1.38	1.62	1.38	1.38	S***
AM	0.0004	0.90	0.90	0.60	0.90	S***
AM	0.0022	1.00	0.60	1.06	0.45	S**
AD	0.0162	1.06	0.90	0.90	1.06	S*
CD	< 0.0001	2.00	2.50	2.33	1.62	S***

S* = p<0.05 S** = p<0.01 S*** = p<0.001 NS = não significante

Fonte: o autor.

Tabela 5.20 – Resultados das análises de Dunn entre os tipos de mecânica de retração, para as ordens de franjas na região do canino (33), na perspectiva oblíqua

Mecânica	CM	AM	A	AD	CD
Deslize x Alça de Bull	S ($p<0.05$)	NS	NS	NS	S ($p<0.05$)
Deslize x Alça T	NS	S ($p<0.05$)	NS	NS	S ($p<0.05$)
Deslize x Dupla Chave	NS	NS	NS	NS	NS
Alça de Bull x Alça T	S ($p<0.05$)	NS	NS	NS	NS
Alça de Bull x Dupla Chave	S ($p<0.05$)	NS	NS	NS	S ($p<0.05$)
Alça T x Dupla Chave	NS	S ($p<0.05$)	S ($p<0.05$)	NS	S ($p<0.05$)

S = significante NS = não significante

Fonte: o autor.

6 DISCUSSÃO

A análise fotoelástica das quatro técnicas de retração avaliadas neste estudo trouxe à luz resultados interessantes para a compreensão do comportamento das tensões geradas durante a correção de maloclusões onde é indicada a retração ortodôntica dos dentes anteriores. A motivação para a realização desta investigação deve-se ao fato de que este procedimento apresenta grande abordagem na Ortodontia (Rossato, 1982; Scelza Neto et al., 1985; Kusy; Tulloch, 1986; Tanne et al., 1988; Chaconas et al., 1989; Bennett; McLaughlin, 1990; Bishara et al., 1995; Shimizu et al., 1995; Kuhlberg; Burstone, 1997; Kusy; Whitley, 1997; Melsen; Bosch, 1997; Articolo; Kusy, 1999; Matsui et al., 2000; Sakima et al., 2000; Suzuki; Lima, 2001; Langberg; Todd, 2004; Dobranszki et al., 2009; Queiroz et al., 2011; Cotrim-Ferreira et al., 2013; Claro et al., 2014; Chiang et al. 2015; Janson et al., 2016; Ribeiro; Jacob, 2016).

O método fotoelástico escolhido nessa investigação permite que o modelo reproduza a mandíbula à semelhança do caso a ser estudado, e também é amplamente comprovado por trabalhos destacados e aceito como um dos melhores métodos para estudo das tensões atuantes nos corpos de interesse (Zak, 1935; Glickman et al., 1970; Brodsky, 1975; Rossato, 1982; Campos Júnior et al., 1985; Chaconas et al., 1989; Laganá, 1992; Clifford et al., 1999; Matsui et al., 2000; Badran et al., 2003; Mota, 2005; Nakamura et al., 2007; Claro, 2008; Dobranszki et al., 2009; Maia et al., 2011; Cebrián-Carretero et al., 2012; Claro et al., 2014; Schwertner et al., 2017; Abrão et al., 2018).

Considerando a proposição desta pesquisa de comparar a distribuição e a magnitude das tensões ao longo das raízes dos incisivos inferiores e caninos nas regiões cervical, média e apical, de acordo com diferentes mecânicas de retração, e analisando-as sob as perspectivas frontal, oclusal e oblíqua, observou-se que na perspectiva frontal as maiores tensões surgiram de maneira semelhante nos quatro incisivos, concentrando-se nas regiões cervicais em todas mecânicas avaliadas, e que não existem diferenças estatisticamente significantes quanto à tensão gerada pelas quatro mecânicas, embora a que faz uso de alça de Bull modificada apresente discreta tendência em apresentar maiores tensões. Na perspectiva oclusal, nas quatro mecânicas, as tensões concentraram-se com maior magnitude nos caninos,

sendo que a mecânica de retração que faz uso da alça de Bull modificada gera maiores tensões, seguida das mecânicas com alça T, arco de dupla chave e deslize. Quanto à perspectiva oblíqua, no canino há a formação de maiores magnitudes de tensões nas regiões cervicais, região na qual a alça de Bull modificada gera maiores tensões quando comparadas as quatro mecânicas; já nas regiões apicais não há diferenças quanto à magnitude das tensões entre as quatro. A figura 5.13 mostra uma compilação de imagens das quatro mecânicas nas três perspectivas avaliadas, permitindo uma visualização geral das tensões que atuam nas raízes dos dentes.

O movimento de retração dos dentes anteriores é indicado para os casos de pacientes que apresentam a vestibularização excessiva dos incisivos, o que pode comprometer a estética facial devido à protrusão dos lábios e eventual exposição dos dentes em repouso (Bishara et al., 1995; Profitt et al., 2007; Janson et al., 2016). Dentre as maloclusões que possuem estas características estão a Classe I de Angle com biprotrusão, Classe II de Angle divisão 1ª (Burstone, 1982; Nanda; Burstone, 1997; Burstone, 2002; Langberg; Todd, 2004; Janson et al., 2016) e Classe III de Angle de origem dentária (Profitt et al., 2007).

Para que seja realizado este tipo de movimento, um dos planos de tratamento indicados é que sejam extraídos os primeiros pré-molares do arco a ser trabalhado (Burstone, 1982; Melsen; Bosch, 1997; Nanda; Burstone, 1997; Burstone, 2002; Langberg; Todd, 2004; Janson et al., 2016). Embora os avanços observados na Ortodontia tenham diminuído a necessidade deste tipo de exodontia, atualmente ainda se observa esta indicação em uma taxa ao redor de 10% dos casos (Janson et al., 2014; Jackson et al., 2017).

A quantidade de força aplicada aos dentes anteriores é essencial para que a sua retração apresente resultados. Na literatura encontram-se valores de 70 g por dente anterior para que ocorra a sua translação durante o movimento, portanto 210 g de ativação para cada lado (Profitt, 2007); 200 g de cada lado (Sakima et al., 2000; Song et al., 2016); 240 g de cada lado para a retração anteroinferior (Shimizu, 1995); 150 g a 300 g para um fechamento do espaço de 0,5 a 1 mm ao mês (McLaughlin, 2001; McLaughlin; Bennett, 2015). Esta grande variedade de forças se deve à variedade de técnicas propostas para tal movimento. No presente estudo optou-se por utilizar 240 g de força de retração por estar inserido no que a literatura indica (Shimizu, 1995). Também é prudente se utilizar forças de baixa magnitude para que

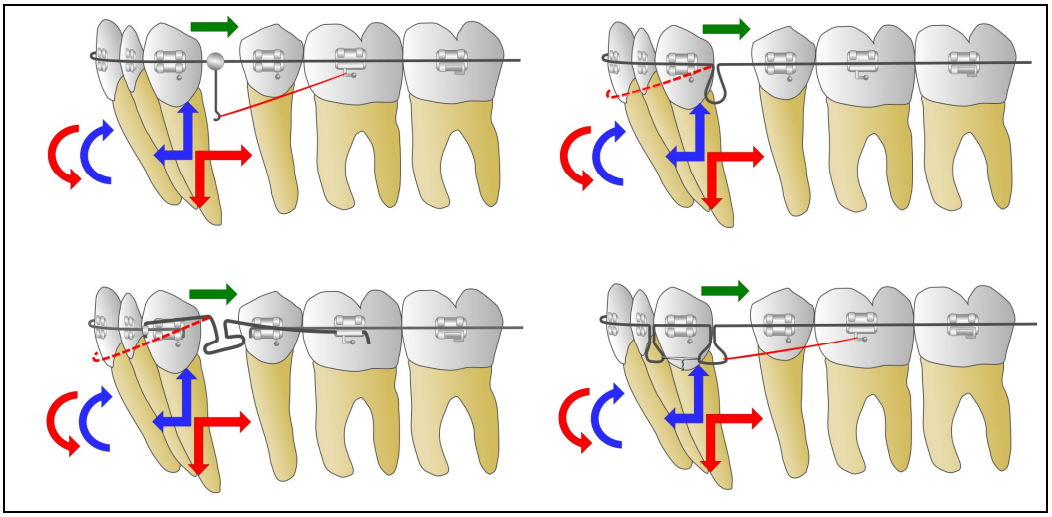
não se ultrapasse o limite elástico do modelo fotoelástico, o que pode causar a deformação permanente do mesmo devido aos ensaios (Laganá, 1992; Claro, 2008).

Durante a movimentação dentária, o movimento de corpo é considerado preferencial quando comparado ao movimento de inclinação do ponto de vista de distribuição de forças ao longo o ligamento periodontal. A força ortodôntica aplicada ao dente visando um movimento de corpo acaba distribuindo as tensões de maneira mais difusa nos tecidos alveolares, o que faz com que os riscos de morte celular e hialinização da matriz extracelular sejam prevenidos (Consolaro, 2014).

Foi escolhida a ativação da retração dos incisivos inferiores buscando um conjunto de vetores de forças capazes de promover um controle vertical destes dentes de tal maneira que a resultante final objetivasse uma movimentação de corpo de todo o segmento. Para que ocorra este tipo de movimento é preciso que seja aplicada uma força vertical adicional visando gerar um momento de intrusão contrário, que anule o momento de extrusão gerado pela força de retração em relação ao centro de resistência do dente (Burstone, 1982; Kuhlberg, 1992; Kuhlberg; Burstone, 1997; Nanda; Burstone, 1997; Sakima et al., 2000; Burstone, 2002; Profitt et al., 2007; Ferreira et al., 2008; Ribeiro; Jacob, 2016). Por este motivo, na mecânica de deslize, foram adicionados ao arco, a dois milímetros na distal dos caninos, ganchos longos para uma ativação do sistema mais próxima ao centro de resistência dos dentes (Kuzy; Whitley, 1997; McLaughlin, 2001; McLaughlin; Bennett, 2015; Ribeiro; Jacob, 2016). Nas mecânicas com uso de alças avaliadas neste estudo (alça de Bull modificada e alça T), foi incorporada às respectivas alças uma dobra secundária para gerar o efeito Gable, buscando anular o momento de extrusão dos dentes anteriores durante a ativação de retração (Kuzy; Tulloch, 1986; Tanne et al., 1988; Braun; Gaecia, 2002; Nanda; Burstone, 1997; Profitt et al., 2007; Chiang et al., 2015). Na mecânica avaliada que fez uso do arco de dupla chave, bilateralmente, as chaves foram amarradas por meio de amarrilho para que houvesse a deflecção do segmento anterior do arco, o que gera o momento necessário para se evitar a extrusão dos dentes anteriores durante a retração (Roth, 1985; Suzuki; Lima, 2001; Dobranszki et al., 2009). A figura 6.1 mostra os vetores de forças atuantes sobre os dentes nas quatro mecânicas de retração avaliadas, onde os vetores em vermelho referem-se à força aplicada aos dentes anteriores, gerando um momento de rotação intrusivo que anula o momento de rotação extrusivo, gerado pela força de resistência ao movimento de retração, representado em azul. O vetor

horizontal em verde é a força resultante final, visando um movimento de corpo sem que haja nem intrusão nem extrusão do segmento anterior.

Figura 6.1 – Esquema de forças atuantes sobre os dentes nas quatro mecânicas avaliadas



Fonte: o autor.

A resultante final da força que incide sobre os dentes anteriores nas mecânicas com alças é obtida da somatória da força de retração gerada pela alça com a força de intrusão gerada pelo efeito Gable incorporado (Kuzy; Tulloch, 1986; Tanne et al., 1988; Nanda; Burstone, 1997; Siatkowski, 1997; Articolo; Kuzy, 1999; Braun; Gaecia, 2002; Burstone, 2002; Profitt et al., 2007; Chiang et al., 2015). Nas mecânicas que fizeram o uso do deslize, a ativação foi realizada pelo uso de cadeias elásticas distendidas, desta forma a resultante final das forças atuantes é decomposta em um vetor relacionado à força de retração propriamente dita e em um vetor responsável por gerar o momento de intrusão dos dentes anteriores (Kuzy; Whitley, 1997; McLaughlin, 2001; Ferreira et al., 2008; McLaughlin; Bennett, 2015; Ribeiro; Jacob, 2016). Em outras palavras, nas mecânicas avaliadas que fizeram uso de alças de retração um efeito Gable foi adicionado à força de retração aferida nas alças; enquanto que nas mecânicas que fizeram uso do deslize a força aferida nas cadeias elásticas foi decomposta em duas outras forças: uma para a retração e uma para a intrusão do segmento anterior.

Estudos fotoelásticos futuros seriam de grande interesse ao se avaliar a distribuição das tensões nos dentes anteriores quando existe no arco o efeito Gable sem a ativação da alça de retração e com a alça ativada, nas mecânicas com alças.

Cada perspectiva estudada das ativações proporcionou avaliações particulares devido às estruturas de possível observação, portanto alguns pontos serão discutidos separadamente.

6.1 Perspectiva frontal

A avaliação da região dos incisivos inferiores na perspectiva frontal, com o uso da metodologia fotoelástica, já foi realizada por outros autores que estudaram forças de intrusão neste setor (Clifford et al., 1999; Mota, 2005; Claro, 2008), porém não foi encontrado estudo similar de distribuição de tensões nos seis dentes anteroinferiores decorrente do movimento de retração com o uso de fotoelasticidade.

Quando comparadas entre os quatro incisivos as mesmas regiões de uma mesma mecânica de retração, não foram notadas diferenças estatisticamente significantes de maneira geral, conforme visto nas tabelas 5.7 e 5.8. Isso mostra uma homogeneidade na distribuição das tensões ao longo das raízes destes quatro dentes durante o estudo, também observada por Mota, em 2005. Apenas cinco comparações pontuais, de um total de cento e vinte, apresentaram diferenças significantes, mostrando que pequenas diferenças anatômicas entre as raízes, ou até mesmo ligeiras diferenças de angulações dos bráquetes durante as colagens, podem influenciar na distribuição de tensões, o que também foi observado anteriormente na literatura (Claro, 2008).

A análise da distribuição das franjas fotoelásticas ao longo das raízes dos quatro incisivos, em uma mesma mecânica de retração, mostra que nas regiões cervicais surgem mais tensões quando comparadas às regiões apicais, conforme visto nas tabelas 5.9 e 5.10, fato também observado por Claro, em 2008. As figuras 5.1 a 5.4 também mostram maiores tensões nos terços radiculares médio e cervical, quando comparados ao terço apical. Uma possível explicação para este apontamento é o fato de que, na ativação buscando o movimento de corpo do segmento anterior, as forças verticais resultantes, que gerariam um componente de

intrusão ou de extrusão, tendem a ser quase nulas, portanto as tensões nas regiões apicais são menores quando comparadas às tensões das regiões cervicais.

Ao se comparar as quatro mecânicas de retração entre si em uma mesma região, conforme visto nas tabelas 5.11 e 5.12, a mecânica que faz uso da alça de Bull modificada demonstra uma discreta tendência em apresentar maiores tensões nas raízes dos incisivos, especialmente quando comparada com as mecânicas que fazem uso de deslize, visto que as suas médias são maiores do que a dos outros grupos e que houve significância estatística em nove das sessenta comparações onde esta mecânica esteve envolvida.

6.2 Perspectiva oclusal

Durante a revisão da literatura não foram encontrados trabalhos com fotoelasticidade que fizeram uso desta perspectiva para avaliar a dissipação de tensões ao longo das raízes dos dentes anteriores, portanto a sua comparação com estudos anteriores fica dificultada.

Nesta perspectiva, não se avalia especificamente a distribuição de tensões, mas sim a todas as tensões ocorrentes ao longo da raiz de um dente em um ponto de avaliação, devido ao fato desta ser observada longitudinalmente.

Ao se comparar as tensões entre os seis dentes anteriores em uma mesma mecânica, segundo as tabelas 5.13 e 5.14, observam-se diferenças estatisticamente significantes entre os caninos e os incisivos, com maiores dissipações de tensões nos caninos. Este comportamento também pode ser notado nas figuras 5.5 a 5.8, com a visualização da formação de maiores sequências de franjas fotoelásticas na região distal dos caninos. Provavelmente isso se deve ao fato destes serem os dentes mais próximos do ponto de realização da força de retração, o que levaria à incidência de maiores tensões sobre eles.

Quando comparadas as quatro mecânicas entre si, conforme visto nas tabelas 5.15 e 5.16, as mecânicas de deslize apresentam menores dissipações de tensões em todos os dentes quando comparadas às mecânicas que fizeram uso de alças, possivelmente pelo fato do vetor relativo à retração no deslizamento ter sido de menor magnitude quando comparado ao vetor de retração das mecânicas com

alças, conforme já discutido anteriormente. Não houve diferença estatística na região dos caninos quando comparadas as duas mecânicas de deslizamento e as duas mecânicas com alças entre si, provavelmente pelo fato das ativações possuírem um mecanismo semelhante de transmissão de força aos dentes.

6.3 Perspectiva oblíqua

O estudo com fotoelasticidade da dissipação de tensões ao longo da raiz do canino durante mecânicas de retração tem despertado o interesse de pesquisadores (Rossato, 1982; Dobranszki et al., 2009; Claro et al., 2014), entretanto, especificamente durante a retração dos seis dentes anteriores, não foram identificados estudos fazendo uso de fotoelasticidade durante esta avaliação.

Nas quatro mecânicas de retração estudadas observaram-se maiores dissipações de tensões nas regiões cervicais, quando comparadas as regiões dentro de uma mesma mecânica, conforme notado nas tabelas 5.17 e 5.18, com exceção na mecânica que fez uso da alça em T, que apresentou menores tensões na região cérvico-mesial, quando comparada à região cérvico-distal. Estes são dados semelhantes aos encontrados por Claro et al., em 2014, onde houve maiores dissipações de tensões na região cérvico-distal do canino, quando avaliada a ancoragem dentária na sua retração unitária. Entretanto, os dados encontrados na mecânica que fez uso do arco de dupla chave estão em discordância em relação aos dados encontrados por Dobranszki et al., em 2009, pois este autor encontrou um componente de intrusão no canino, que não foi aqui observado. É importante salientar que este autor usou gelatina como suporte dos dentes artificiais e aplicou uma força de retração baixa, o que não teria gerado um momento de extrusão suficiente para que a ativação das duas alças o anulasse, portanto o momento resultante no estudo deste autor seria de intrusão. Nas figuras 5.9 a 5.12 é possível visualizar maior formação de sequências de franjas fotoelásticas na região cérvico-distal do canino.

Ao se comparar as quatro mecânicas de retração entre si, conforme notado nas tabelas 5.19 e 5.20, a mecânica que fez uso da alça de Bull modificada apresentou maiores dissipações de tensões nas regiões cervicais, em relação à

mecânica de deslize e ao arco de dupla chave; e, em relação à alça T, apenas na região CM. Mais uma vez a resposta para este acontecimento provavelmente se dá devido ao fato de que o vetor relativo à retração no deslizamento ter sido de menor magnitude, quando comparado ao vetor de retração das mecânicas com alças.

6.4 Considerações quanto à metodologia

A escolha da fotoelasticidade se deu por ser uma metodologia comprovada e aceita como uma das melhores para a avaliação das tensões sobre os corpos estudados (Zak, 1935; Glickman et al., 1970; Brodsky et al., 1975; Rossato, 1982; Campos Júnior et al., 1985; Chaconas et al., 1989; Laganá, 1992; Clifford et al., 1999; Matsui et al., 2000; Badran et al., 2003; Mota, 2005; Nakamura et al., 2007; Claro, 2008; Dobranszki et al., 2009; Maia et al., 2011; Cebrián-Carretero et al., 2012; Claro et al., 2014; Schwertner et al., 2017; Abrão et al., 2018). Este método permite a observação direta das tensões existentes quando um modelo fotoelástico é submetido ao carregamento, podendo ser fotografado e avaliado quanto às diferenças de tensão de franjas (Campos Júnior et al., 1985). Em Odontologia foi comprovada uma correlação positiva entre a fotoelasticidade e cortes histológicos, o que validou a fotoelasticidade como um simulador de estruturas periodontais (Glickman et al., 1970; Brodsky et al., 1975); é possível encontrar um grande número de estudos odontológicos que fazem uso da fotoelasticidade (Zak, 1935; Glickman et al., 1970; Brodsky et al., 1975; Rossato, 1982; Campos Júnior et al., 1985; Chaconas et al., 1989; Laganá, 1992; Clifford et al., 1999; Matsui et al., 2000; Badran et al., 2003; Mota, 2005; Nakamura et al., 2007; Claro, 2008; Dobranszki et al., 2009; Maia et al., 2011; Cebrián-Carretero et al., 2012; Claro et al., 2014; Schwertner et al., 2017; Abrão et al., 2018).

Quanto ao material utilizado na fotoelasticidade, os estudos ou fazem uso de resina fotoelástica (Brodsky et al., 1975; Chaconas et al., 1989; Laganá, 1992; Matsui et al., 2000; Nakamura et al., 2007; Claro, 2008; Maia et al., 2011; Cebrián-Carretero et al., 2012; Claro et al., 2014; Schwertner et al., 2017; Abrão, 2018) ou de gelatina (Clifford et al., 1999; Badran et al., 2003; Mota, 2005; Dobranszki et al., 2009; Schiavon, 2010). Este é um aspecto de grande importância, pois o material

deve suprir as necessidades dos pesquisadores, não apresentar tensões residuais e ser de baixo custo (Schiavon, 2010). No presente estudo foi utilizada a resina epóxi flexível devido à sua característica de resistir a maiores cargas de carregamento quanto à deformação, aderir às raízes dos dentes artificiais e permitir um maior número de carregamentos sem apresentar tensões residuais (Laganá, 1992; Claro, 2008; Abrão, 2014).

Foram utilizadas as análises qualitativa e quantitativa para se comparar a distribuição e intensidade das tensões observadas. Tais análises também foram utilizadas em outros estudos fotoelásticos (Ferreira Júnior, 2003; Claro, 2008; Schiavon, 2010; Claro et al., 2014; Abrão, 2014). Na análise quantitativa, as ordens de franjas fotoelásticas foram visualmente classificadas por uma sequência de cores de acordo com os valores encontrados na tabela 2.1 (ASTM D4093) (Claro, 2008; Claro, 2014; Abrão, 2014). Alguns trabalhos alegam possível falta de acurácia na visão humana para reconhecimento de cores e até mesmo a possibilidade de vieses, podendo prejudicar a reprodutibilidade e repetibilidade, e indicam a classificação da sequência de cores por meio de softwares específicos (Ferreira Júnior et al., 2003; Perosa, 2013). Entretanto, estes programas são de difícil aquisição e com pouca validação por outros autores na literatura odontológica. Para se verificar a repetibilidade do método adotado (concordância intra-observador), adotou-se a análise estatística kappa (Landis; Koch, 1977), onde se obteve um valor de kappa de 0,747, que indica concordância substancial intra-observador, indicando esta ser uma metodologia reproduzível.

O número de carregamentos mecânicos foi estipulado de acordo com a metodologia de Claro (2008), onde todos os valores obtidos frente à análise visual das ordens de franjas fotoelásticas foram anotados em planilhas e posteriormente avaliados estatisticamente. Assim como em outros trabalhos (Mota, 2005; Claro, 2008; Claro et al., 2014; Abrão, 2014; Abrão et al., 2018), os dados obtidos na amostra apresentaram um padrão não-paramétrico. Como foi quatro o número de grupos avaliados neste estudo, o teste estatístico de comparação de médias escolhido foi o teste de Kruskal-Wallis, complementado pelo teste de Dunn.

Os incisivos não foram conjugados por meio de amarrilho metálico durante este estudo, pois esta amarração poderia gerar tensões que certamente se mostrariam na forma de franjas no material fotoelástico, o que dificultaria a observação das tensões oriundas apenas das mecânicas de retração anterior.

Outros trabalhos que também fizeram uso da fotoelasticidade e avaliaram a região anterior não fizeram uso de conjugado nos incisivos (Chaconas et al., 1989; Clifford et al., 1999; Mota, 2005; Claro, 2008; Dobranszk et al., 2009).

6.5 Considerações finais

A metodologia adotada neste estudo viabilizou que as ordens de franjas fotoelásticas fossem identificadas em todos os pontos radiculares propostos, propiciando as análises qualitativa e quantitativa dos dados por meio de testes estatísticos (Claro, 2008; Claro et al., 2014; Abrão, 2014; Abrão et al., 2018). No geral, a interpretação das franjas é feita de forma qualitativa em um corpo de prova único.

Poucos trabalhos foram encontrados avaliando o movimento de retração com fotoelasticidade (Chaconas et al., 1989; Rossato, 1982; Dobraszki et al., 2009; Claro et al., 2014), sendo o trabalho de Dobranzski et al., em 2009, o que teve uma metodologia de ativação mais semelhante a deste estudo. A originalidade do presente trabalho, quanto à visualização das tensões na perspectiva oclusal, levou à dificuldade de comparação com outras pesquisas.

A visualização das tensões originadas do movimento de corpo em diversas mecânicas de retração foi realizada no presente estudo, entretanto os dados obtidos devem ser analisados com cuidado devido à sua originalidade e a sua comparação clínica feita com seriedade, porque a fotoelasticidade é um método *in vitro*, portanto não reproduz perfeitamente o papel do ligamento periodontal (Campos Júnior et al., 1985; Claro, 2008). Mesmo assim, é um dado a mais para que o ortodontista possa levar em consideração quando realizar o planejamento de seus casos clínicos.

7 CONCLUSÕES

Considerando as condições de realização deste estudo e a análise dos dados obtidos, conclui-se que:

1. Quanto à comparação das tensões decorrentes de diferentes mecânicas de retração:

a. Perspectiva frontal - não existem diferenças estatisticamente significantes entre as quatro mecânicas de retração avaliadas quanto à tensão distribuída ao longo das raízes dos incisivos, entretanto, a mecânica que faz uso de alça de Bull modificada apresenta discreta tendência em gerar maiores tensões.

b. Perspectiva oclusal - a mecânica de retração que faz uso da alça de Bull modificada gera maiores tensões, seguida da mecânica com alça T, arco dupla chave e deslize.

c. Perspectiva oblíqua - a alça de Bull modificada gera maiores tensões nas regiões cervicais do canino. Nas regiões apicais não há diferenças quanto à distribuição das tensões entre as quatro mecânicas.

2. Quanto à distribuição de tensões ao longo da raiz:

a. Perspectiva frontal - nas quatro mecânicas de retração avaliadas, as maiores tensões concentram-se nas regiões cervicais.

b. Perspectiva oblíqua - há a formação de maiores magnitudes de tensões nas regiões cervicais do canino.

3. Quanto à distribuição de tensões entre os dentes:

a. Perspectiva frontal - as tensões se distribuem de maneira homogênea ao longo dos quatro incisivos.

b. Perspectiva oclusal - as tensões concentram-se com maior magnitude nos caninos em relação aos incisivos.

REFERÊNCIAS[2]

Abrão AF. Análise fotoelástica da distribuição de tensões nos segundos molares inferiores geradas por diferentes mecânicas de verticalização [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia, 2014.

Abrão AF, Domingos RG, de Paiva JB, Laganá DC, Abrão J. Photoelastic analysis of stress distribution in mandibular second molar roots caused by several uprighting mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018 Mar;153(3):415-21. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.07.023

Articolo LC, Kusy RP. Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliance. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999 Jan;115(1):39-51.

Badran SA, Orr JF, Stevenson M, Burden DJ. Photo-elastic stress analysis of initial alignment archwires. Eur J Orthod. 2003 Apr;25(2):117-25.

Bennett JC, Mclaughlin RP. Controlled space closure with preadjusted appliance system. J Clin Orthod 1990 Apr;24(4):251-60.

Bishara SE, Cummins DM, Jakobsen JR, Zaher AR. Dentofacial and soft tissue changes in Class II division 1 cases treated with and without extractions. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1995 Jan;107(1):28–37.

Braun S, Gaecia JL. The gable bend revisited. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002 Nov;122(5):523-7.

Brodsky JF, Caputo AA, Furstman LL. Root tipping: a photoelastic-histopathologic correlation. Am J Orthod. 1975 Jan;67(1):1-10.

Bull HL. Obtaining facial balance in the treatment of class II, division 1. Angle Orthod. 1951 Jul;21(3):139-49.

Burstone CJ. Rationale of the segmented arch. Am J Orthod. 1962 Nov;48:805-22.

[2] De acordo com Estilo Vancouver.

Burstone CJ. The segmented arch approach to space closure. Am J Orthod. 1982 Nov;82(5):361-78.

Burstone CJ. Aplicação da bioengenharia na ortodontia clínica. In: Gaber TM, Vanarsdall RL. Ortodontia: princípios e técnicas atuais. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002. p. 228-57.

Campos Júnior A, Passanezi E, Nahas D, Janson WA. Bases teóricas fundamentais para a utilização da fotoelasticidade como método de estudo de distribuição de forças. Estomat Cult.1985;15(1):21-4.

Cebrián-Carretero JL,Sánchez-Burgos R, Carrascal-Morillo MT, Vicent-Fraile G, de Artiñano FO,Burgueño-Garcia M. Comparación biomecánica entre los sistemas convencionales y uni-lock em osteosíntesis del ángulo mandibular. Estudio fotoelástico. Rev Esp Cir Oral Maxilofac. 2012;34(1):1-7.

Claro CAA. Análise da distribuição de tensões, em modelo fotoelástico, decorrente de diferentes arcos de intrusão de incisivos inferiores [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia, 2008.

Claro CAA, Chagas RV, Neves ACEC, Silva-Concílio LR. Comparative photoelastic study of dental and skeletal anchorages in the canine retraction. Dent Press J Orthod. 2014 Jan-Feb;19(1):100-5. doi: http://dx.doi.org/10.1590/2176-451.19.1.100-105.oar

Chaconas SJ, Caupto AA, Miyashita K. Force distribution comparisons of various retraction archwires. Angle Orthod. 1989 Spring;59(1):25-30.

Chiang PG, Koga Y, Tominaga J, Ozaki H, Hamanaka R, Sumi M, et al. Effect of gable bend incorporated into loop mechanics on anterior tooth movement: comparative study between en masse retraction and two-step retraction. Orthod Waves. 2015 Sep;74(3):55-61. doi: https://doi.org/10.1016/j.odw.2015.02.002.

Clifford PM, Orr JF, Burden DJ. The effects of increasing the reverse curve of Spee in a lower archwire examined using a dynamic photo-elastic gelatine model. Eur J Orthod. 1999 Jun;21(3):213-22.

Consolaro A. Force distribution is more important than its intensity. Dent Press J Orthod. 2014 Jan-Feb;19(1):5-7.

Cotrim-Ferreira FA, Siqueira DF, Fuziy A. Fechamento de espaços. In: Vellini-Ferreira F, Cotrim-Ferreira FA, Cotrim-Ferreira A. Ortodontia clínica: tratamento com aparelhos fixos. São Paulo: Artes Médicas; 2013, Cap. 15, p. 513-46.

Dobranszki A, Vuolo JH, Levy Neto F, Suzuki H, Barbosa JA, Dobranszki NPDC. Estudo fotoelástico do controle vertical com o arco de dupla chave na técnica Straight wire. Rev Dent Press Ortod Ortop Facial. 2009;14(4):123-8.

Faulkner MG, Lipsett AW, el-Rayes K, Haberstock DL. On the use of vertical loops in retraction systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1991 Apr;99(4):328-36.

Ferreira MA, Borges PC, Luersen MA. Alguns aspectos da mecânica das alças de retração ortodôntica. Rev Dent Press Ortod Ortop Facial. 2008;13(3):112-23.

Ferreira Júnior AFG. Desenvolvimento de um sistema para análise automática do padrão de franjas fotoelásticas isocromáticas [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica; 2003.

Glickman I, Roeber FW, Brion M, Pameijer JH. Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontium created by oclusal forces. J Periodontol. 1970 Jan;41(1):30-5.

Jackson TH, Guez C, Lin FC, Profitt WR, Ko CC. Extraction frequencies at a university orthodontic clinic in the 21st century: demographic and diagnostic factors affecting the likelihood of extraction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2017 Mar;151(3):456-62. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.08.021.

Janson G, Maria FR, Bombonatti R. Frequency evaluation of different extraction protocols in orthodontic treatment during 35 years. Prog Orthod. 2014;15:51. doi: 10.1186/s40510-014-0051-z.

Janson G, Mendes LM, Junqueira CH, Garib DG. Soft-tissue changes in Class II malocclusion patients treated with extractions: a systematic review. Eur J Orthod. 2016 Dec;38(6):631-7. doi: https://doi.org/10.1093/ejo/cjv083.

Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue level reactions to orthodontic force. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006 Apr;129(4):469.e1-32.

Kuhlberg AJ. Force systems from T-Loop orthodontic space closure springs: the effects of asymmetric placement and angulation on the Alpha-Beta moment differential [thesis] [Internet]. SoDM Masters Theses; 1992. Paper 73. [citado em 20 jan 2018]. Disponível em: http://digitalcommons.uconn.edu/sodm_masters/73

Kuhlberg AJ, Burstone CJ. T-loop position and anchorage control. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997 Jul;112(1):12-8.

Kusy RP, Tulloch JF. Analysis of moment/force ratio in the mechanics of tooth movement. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1986 Aug;90(2):127-31.

Kusy RP, Whitley JQ. Friction between different wire-bracket configurations and materials. Semin Orthod. 1997;3(3):166-77.

Laganá DC. Estudo comparativo do comportamento biomecânico das próteses parciais removíveis de extremidades livre e das próteses parciais fixas em cantiléver. Análise fotoelástica das reações das estruturas de suporte [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 1992.

Landis JR, Koch GG. The measurements of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977 Mar;33(1):159-74.

Langberg BJ, Todd A. Treatment of a Class I malocclusion with severe bimaxillary protrusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004 Dec;126(6):739-46.

Maia LG, de Moraes Maia ML, da Costa Monini A, Vianna AP, Gandini LG Jr. Photoelastic analysis of forces generated by T-loop springs made with stainless steel or titanium-molybdenum alloy. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011 Sep;140(3):e123-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.03.020

Matsui S, Caputo AA, Chaconas SJ, Kiyomura H. Center of resistance of anterior arch segment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2000 Aug;118(2):171-8.

McLaughlin RP. Mecânica sistematizada de tratamento ortodôntico. São Paulo: Artes Médicas; 2001.

McLaughlin RP, Bennett JC. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: a 40-year perspective. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015 Jun;147(6):654-62. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.03.012

Melsen B, Bosch C. Different approaches to Anchorage: a survey and an evaluation. Angle Orthod. 1997;67(1):23-30.

Mota LM. Estudo fotoelástico da intrusão de dentes anteriores na técnica do arco segmentado [dissertação]. Campinas: Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic; 2005.

Nakamura A, Teratani T, Itoh H, Sugawara J, Ishikawa H. Photoelastic analysis of mandibular distally with skeletal Anchorage system. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007 Nov;132(5):624-9.

Nanda R, Burstone CJ. Biomechanics in clinical orthodontics. Philadelphia: Saunders; 1997.

Perosa E. Desenvolvimento de um programa computacional visando o aprimoramento do uso da técnica da fotoelasticidade [dissertação]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2013.

Profitt WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. 4th ed., St Louis: Mosby; 2007.

Queiroz KL, Guimarães MAC, Moraes SCB. Versatilidade do uso do arco DKL para fechamento dos espaços. Orthod Sci Pract. 2011;4(14):523-30.

Quinan MAD. Uma metodologia para a determinação do fator de intensidade de tensões causado por tensões térmicas utilizando a fotoelasticidade [tese]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 2005.

Ribeiro GLU, Jacob HB. Understanding the basis of space closure in Orthodontics for a more efficient orthodontic treatment. Dent Press J Orthod. 2016 Mar-Apr;21(2): 115–25.

Rossato C. Estudo fotoelástico das áreas de pressão produzidas no periodonto, por forças ortodônticas, na distalização de canino, pelos métodos convencional e com “power arm” [dissertação]. Bauru: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru; 1982.

Roth RH. Treatment mechanics for the straight wire appliance. In: Graber TM, Swain BF. Orthodontics: current principles and techniques. St Louis: Mosby; 1985. p. 665-716.

Rubo JH, Souza EAC. Métodos computacionais aplicados à bioengenharia: solução de problemas de carregamento em próteses sobre implantes. Rev FOB. 2001:9(3/4):97-103.

Sakima MT, Sakima PRT, Sakima T, Gandini Jr LG, Pinto AS. Técnica do arco segmentado de Burstone. Rev Dent Press Ortod Ortop Facial. 2000;5(2),91-115.

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 Nov/Dez;42(6):22-9.

Schiavon JA. Aplicação da técnica da fotoelasticidade na análise de fundações por estacas helicoidais [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos; 2010.

Schwertner A, Almeida RR, Gonini A Jr, Almeida MR. Photoelastic analysis of stress generated by Connecticut Intrusion Arch (CIA). Dental Press J Orthod. 2017;22(1):57-64.

Shimizu RH. Fechamento de espaços após exodontias de primeiros prémolares [dissertação]. Araraquara: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; 1995.

Shimizu HS, 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 Ortod Ortop Facial. 2002;7(2):13-24.

Siatkowski RE. Continuous arch wire closing loop design, optimization, and verification. Part I. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997 Oct;112(4):393-402.

Soares WA. Determinação de parâmetros da mecânica de fratura a partir de imagens fotoelásticas, usando em processamento digital [tese]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; 1997.

Song JW, Lim JK, Lee KJ, Sung SJ, Chun YS, Mo SS. Finite element analysis of maxillary incisor displacement during en-masse retraction according to orthodontic mini-implant position. Korean J Orthod. 2016 Jul;46(4):242-52. doi: 10.4041/kjod.2016.46.4.242.

Suzuki H, Lima RS. Arco de retração anterior dupla chave (DKH – Parker). Ortodontia. 2001;34(1):73-8.

Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ. Moment to force ratios and the center of rotation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988 Nov;94(5):426-31.

Zak B. Photoelastiche analyse in der orthodontischen mechanik. Z Stomatol. 1935;33:22-37.

APÊNDICE A – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica de deslize

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.62	0.6	0.79	0.6	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.38	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62
1.62	0.6	0.79	0.6	1.38	0.9	0.79	0.79	0.79	1.38	1.2	0.79	0.79	0.79	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.2
1.38	0.6	0.45	0.79	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.2	1.38	0.6	0.6	0.79	1.2	1.38	0.6	0.79	0.6	1.62
1.62	0.79	0.79	0.6	1.81	1.81	0.79	0.79	0.79	1.62	1.2	0.6	0.79	0.6	1.62	1.81	0.6	0.79	0.79	1.2
1.38	1	1	0.79	1.38	1.38	0.79	1	0.79	1.2	1.2	0.79	0.79	0.79	1.2	1.62	0.79	0.79	0.79	1.2
1.2	0.79	1	0.79	1.62	1.62	0.6	0.79	0.6	1.62	0.9	0.79	0.79	0.6	1.62	0.9	0.45	0.79	0.79	0.9
1.62	1	1.06	0.6	1.38	1.38	0.6	0.6	0.6	1.2	1.38	0.79	0.45	0.6	1.2	1.38	0.45	0.45	0.79	1.38
1.38	1	1	0.79	1.62	1.38	0.6	0.6	0.6	1.62	1.38	0.6	0.79	0.79	1.81	1.38	0.6	0.6	0.6	1.2
1.62	1	1	0.79	1.62	1.2	0.79	1	0.79	1.2	1.38	0.6	1	0.79	1.2	1	0.6	0.6	0.6	1.38
1.62	0.79	0.9	0.79	0.9	0.9	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.79	0.6	0.79	1.62	1.38	0.79	0.79	0.6	1.2
1.2	0.6	0.9	0.79	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.81	1.2	0.79	0.79	0.79	1.62	1.62	0.79	0.79	0.6	1.2
1.38	1	1.06	1	1.62	1.62	1.06	1	0.79	1.2	1.38	0.79	1	0.9	1.62	1.62	0.79	0.79	0.9	1.38
1.62	1	0.45	1	1.62	1.62	0.6	0.6	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.9	1.38	1.62	0.79	0.79	0.9	1.38
1.62	1	1	1	0.9	1.38	0.6	0.6	0.79	1.2	1.38	0.79	1	0.79	1.38	1.62	0.79	0.6	0.79	1.62
2	0.9	1	1	1.62	1.38	0.6	0.6	0.79	1.38	1.62	0.79	0.79	0.79	1.2	1.62	0.79	0.6	0.79	1.62

Fonte: o autor.

APÊNDICE B – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na segunda observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica de deslize

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.62	0.6	0.79	0.6	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62	1.81	0.79	0.79	0.79	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62
1.38	0.6	1	0.6	1.38	0.9	0.79	0.79	0.79	1.62	1.2	0.79	0.79	0.79	1.81	1.81	0.79	0.79	0.79	1.81
1.38	0.6	0.79	0.79	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.2	1.38	0.6	0.6	0.79	1.2	1.38	0.6	0.6	0.6	1.38
1.81	0.45	0.79	0.45	1.81	1.81	0.45	0.6	0.45	1.62	1.2	0.45	0.79	0.45	1.62	1.81	0.45	0.79	0.6	1.2
1.38	1	1	1	1.38	1.38	0.79	1	0.79	1.2	1.2	0.79	0.79	0.79	1.2	1.62	0.79	0.79	0.79	1.2
1.2	0.79	1	0.79	1.81	1.81	0.6	0.79	0.6	1.62	0.9	0.45	0.79	0.6	0.79	0.9	0.79	0.79	0.79	0.9
1.38	1	1.06	0.6	1.38	1.38	0.6	0.6	0.6	1.38	1.2	0.45	0.79	0.6	1.2	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38
1.38	1	1	0.79	1.62	1.38	0.6	0.79	0.6	1.62	1.2	0.45	0.79	0.45	1.81	1.38	0.45	0.6	0.45	1.2
1.62	1	1	0.9	1.62	1.2	0.79	1	0.79	1.2	1.38	0.45	0.6	0.45	1.2	1	0.45	0.6	0.45	1.38
1.62	0.79	0.9	0.79	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	1.62	1.2	0.79	0.79	0.79	0.9	1.38	0.79	0.79	0.6	1.38
1.2	1	0.9	0.79	1.62	1.38	0.6	0.79	0.79	1.81	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.81	0.79	0.79	0.6	1.38
1.38	1	1.06	1	1.38	1.38	1.06	1.06	0.79	1.2	1.38	0.79	1	0.9	1.62	1.81	0.79	0.79	0.9	1.38
1.81	1	0.45	1	1.38	1.38	1.06	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.9	1.38	1.81	0.79	0.79	0.6	1.38
1.62	1	1	1	0.9	1.38	1	0.6	0.79	1.2	1.38	0.79	1	0.79	1.38	1.62	0.79	0.6	0.79	1.62
1.38	1	1	1	1.81	1.38	0.6	0.6	0.6	1.38	1.62	0.79	0.79	0.79	1.2	1.62	0.79	0.6	0.79	1.62

Fonte: o autor.

APÊNDICE C – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica com alça de Bull modificada

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.2	1	1.06	0.79	1.62	1.38	0.79	1.06	0.79	1.2	1.2	0.79	0.79	0.79	1.2	1.2	0.79	0.79	0.79	1.2
1.38	1	1.2	0.79	1.81	1.62	0.6	1.06	0.6	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.62	0.79	0.79	0.79	1.38
1.38	0.6	0.9	0.6	1.81	1.62	0.6	0.6	0.6	1.81	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38
1.62	0.6	0.6	0.79	1.81	1.62	1.06	1	0.9	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.2	1.62	0.79	0.79	0.79	1.38
1.62	1.06	1.2	0.9	1.81	1.81	0.79	1.06	0.79	1.381	1.2	0.79	1	0.79	1.38	1.2	0.79	1	0.79	1.2
1.38	0.6	0.79	1	1.38	1.62	1	1.06	0.79	1.62	1.38	0.79	1	0.79	1.38	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62
2	0.79	0.79	1	1.38	1.38	1.06	1.06	0.79	1.62	1.2	0.79	1.06	0.79	1.38	1.2	0.79	1.06	0.79	1.2
1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.62	1	1.06	1	1.62	1.81	0.6	1.06	0.6	1.62	1.62	0.6	1	0.6	1.81
1.38	0.79	0.6	0.6	1.62	1.38	1.06	1.06	0.9	1.62	1.62	0.79	1	0.79	1.38	1.62	0.79	1	0.79	1.81
1.38	0.79	0.9	0.79	1.62	1.38	0.79	1.06	1	1.81	1.81	0.6	1.06	0.6	1.38	1.81	0.6	0.79	0.6	1.81
1.38	1	0.9	0.79	1.81	1.38	1.2	1.06	1	1.62	1.81	0.6	1.06	1.2	1.38	1.62	0.6	1	0.6	1.62
1.38	1.2	0.9	1	1.38	1.2	1.06	1.06	0.79	1.38	1.62	0.6	1	0.6	1.62	1.81	0.79	1	0.79	1.81
1.62	0.79	0.9	0.79	1.81	1.62	1.2	1.06	0.79	1.81	1.62	0.6	0.6	0.6	1.62	1.62	0.6	0.79	0.6	1.81
2	0.6	0.9	0.6	1.2	1.38	0.6	0.6	0.6	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62
1.62	1.2	0.79	0.79	1.38	1.38	1.06	1.06	0.79	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	1.62

Fonte: o autor.

APÊNDICE D – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na segunda observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica com alça de Bull modificada

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.06	1	1.06	0.79	1.62	1.38	0.79	1.06	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.38	1.2	0.79	0.6	0.79	1.2
1.38	1	1.2	0.79	1.62	1.81	0.6	1.06	0.6	1.38	1.2	0.79	0.6	0.79	1.38	1.38	0.79	0.6	0.79	1.2
1.38	0.6	0.9	0.6	1.81	1.62	0.6	0.6	0.6	1.81	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38
1.62	0.6	0.79	0.79	1.81	1.62	1.06	1	0.79	1.2	1.2	0.79	1	0.79	1.38	1.62	0.79	0.79	0.79	1.38
1.62	1.06	1.2	0.79	1.81	1.81	0.79	1.06	0.6	1.38	1.2	0.79	1	0.79	1.2	1.2	0.79	1	0.79	1.38
1.38	0.79	0.79	1.06	1.38	1.62	1	1.06	0.79	1.62	1.38	0.79	1	0.79	1.38	1.62	0.79	0.79	0.79	1.62
2	0.79	0.79	1	1.38	1.38	1.06	1.06	0.79	1.62	1.2	0.79	1.06	0.79	1.38	1.2	0.79	1.06	0.79	1.38
1.38	0.6	0.79	0.9	1.62	1.38	1.06	1.06	1	1.38	1.81	0.6	1.06	0.6	1.62	1.81	0.6	1	0.6	1.62
1.38	0.79	0.79	1.2	1.81	1.81	1.06	1.2	0.9	1.81	1.62	0.79	1	0.79	1.38	1.81	0.6	1	0.79	1.81
1.62	0.79	0.9	0.79	1.81	1.38	0.79	1.06	1	1.81	1.81	0.6	1.2	0.6	1.38	1.81	0.6	0.79	0.6	1.81
1.38	1	0.9	0.79	1.81	1.81	1.2	1.06	1	1.62	1.62	0.6	1.06	1.38	1.38	1.62	0.6	1	0.6	1.62
1.38	0.79	0.9	1	1.38	1.2	1.2	1.06	0.79	1.38	1.62	0.6	1	0.6	1.62	1.81	0.79	1	0.79	1.81
1.38	1	0.9	0.79	1.62	1.62	1.2	1.2	0.79	1.81	1.81	0.6	0.6	0.6	1.62	1.62	0.6	0.79	0.6	1.81
2	0.6	0.79	0.6	1.2	1.38	0.6	0.6	0.6	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.62	1.81	0.79	0.6	0.79	1.62
1.62	1.2	0.9	0.79	1.2	1.38	1.2	1.06	0.79	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.62	1.38	0.79	0.6	0.79	1.62

Fonte: o autor.

APÊNDICE E – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica com alça T

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.38	0.9	0.79	0.79	1.2	1.2	0.79	0.79	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.2	1.2	0.79	1	0.79	1.2
1.2	0.9	0.9	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.2	1.38	0.79	1	0.6	1.38
1.38	0.79	0.79	0.6	1.38	1.38	0.6	0.6	0.6	1.38	1.06	0.6	0.6	0.6	1.2	1.38	1	1	0.6	1.06
1.38	1	0.79	0.79	1.06	1.06	0.79	0.6	0.79	1.2	1.06	0.79	0.6	0.79	1.2	1.38	1	1	0.6	1.38
1.2	0.79	1	0.79	1.38	1.38	0.79	1	0.6	1.38	0.9	0.79	0.79	0.79	1.38	1.2	0.79	0.6	0.6	1.62
1.38	0.79	1	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	0.9	0.79	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	0.9
1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	0.79	0.79	0.79	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.38
1.62	0.79	1.06	0.9	1.62	1.62	0.79	1	0.79	1.62	1	0.79	0.79	0.79	1.38	1.81	0.79	0.9	0.79	1.62
1.62	0.9	1	0.79	1.62	1.62	0.6	0.79	0.79	1.38	1.62	0.79	1	0.79	1.62	1.62	0.79	0.9	0.79	1.62
1.62	0.79	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.2	1.81	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.79	0.9	0.79	1.81
1.2	0.79	1	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.62	0.6	0.79	0.6	1.62	1.62	0.6	0.9	0.6	1.62
1.2	1	0.9	0.79	1.38	1.38	0.6	0.79	0.79	1.62	1.38	0.6	0.79	0.6	1.62	1.2	0.6	0.79	0.6	1.62
1.62	0.6	1	0.79	1.38	1.38	0.6	1	0.79	1.38	1.81	0.6	0.79	0.6	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.81
1.2	0.79	1	0.79	1.38	1.38	0.79	1	0.79	1.38	1.81	0.79	1	0.79	1.62	1.62	0.79	0.79	0.79	1.81
1.62	1	0.6	0.9	1.81	1.81	0.6	1.06	0.79	1.62	1.38	0.79	1.06	0.79	1.62	1.81	0.79	1	0.79	1.81

Fonte: o autor.

APÊNDICE F – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na segunda observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica com alça T

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.38	0.79	0.79	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.2	1.38	0.79	1	1	1.2
1.2	0.9	0.9	0.79	1.2	1.2	0.6	0.6	0.9	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.2	1.38	0.6	1	0.6	1.38
1.38	0.9	0.79	0.6	1.38	1.38	0.6	0.6	0.79	1.38	1.06	0.6	0.6	0.6	1.2	1.38	1	0.79	0.6	1.06
1.38	1	0.79	0.79	1.06	1.06	0.6	0.6	0.9	1.2	1.06	0.79	0.6	0.79	1.06	1.38	1	1	0.6	1.2
1.2	0.79	1	0.79	1.2	1.2	0.79	1	0.79	1.38	0.9	0.79	0.79	0.79	1.38	1.2	0.79	0.6	0.79	1.62
1.38	0.79	1	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.6	1.38	0.9	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	0.9
1.2	0.79	0.79	0.79	1.2	1.2	0.79	0.79	0.79	1.38	0.79	0.79	0.79	0.79	1.2	1.2	0.79	0.6	0.79	1.38
1.62	0.9	1.06	0.9	1.62	1.62	0.79	1	0.79	1.2	1	0.79	1	0.79	1.2	1.81	0.79	0.9	0.79	1.62
1.38	0.9	1.06	1	1.62	1.62	0.6	0.79	0.79	1.2	1.81	0.79	1	0.79	1.62	1.62	0.79	0.9	0.79	1.81
1.62	0.79	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.2	1.81	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.79	1	0.79	1.81
1.2	0.79	1	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1.62	0.6	0.79	0.6	1.38	1.62	0.79	0.9	0.79	1.62
1.2	1	0.9	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.2	1.62	0.6	0.79	0.6	1.38	1.62	0.6	0.79	0.6	1.62
1.62	0.79	1.06	1	1.38	1.38	0.6	1	0.79	1.2	1.62	0.6	0.79	0.6	1.38	1.62	0.6	0.6	0.6	1.62
1.2	0.79	1	1	1.38	1.38	0.6	1	0.79	1.2	1.81	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	1.81
1.62	1	0.6	0.9	1.62	1.62	0.6	1.06	0.79	1.62	1.62	0.79	1.06	0.79	1.62	1.81	0.79	1	0.79	1.81

Fonte: o autor.

APÊNDICE G – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica com arco de dupla chave

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.38	0.79	0.6	0.79	1.38	1.38	0.6	0.79	0.6	1.38	1.2	0.79	0.6	0.6	0.9	1.62	0.6	0.79	0.9	1.2
1.38	0.79	0.6	0.79	1.2	1.2	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.6	0.6	0.6	0.9	1.62	0.79	0.79	0.79	1.38
1.62	0.79	0.6	0.79	1.38	1.38	0.6	0.79	0.79	1.2	1.06	0.79	0.6	0.6	1.2	1.62	0.6	0.79	0.79	1.06
1.2	0.79	1	0.79	1.38	1.38	0.6	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.6	0.6	0.79	1.62	0.79	0.79	0.79	1.2
1.38	0.6	1	0.79	1.38	1.2	0.6	0.79	0.79	0.79	1.38	0.6	0.6	0.79	0.79	1.2	0.6	0.6	0.6	1.38
1.2	0.6	0.79	1	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.6	0.79	0.79	1.62	0.9	0.6	0.79	0.6	1.06
1.62	0.6	0.6	0.6	1.38	1.38	0.6	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.6	0.79	1.38	1.2	0.6	0.79	0.6	1.81
1.62	0.79	0.6	0.6	1.62	1.38	0.6	0.79	0.6	1.38	1.2	0.79	0.79	0.6	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38
1.62	0.6	0.9	1	1.38	1.38	0.6	0.79	0.79	1.38	1.2	0.79	0.6	0.79	1.38	1.2	0.79	0.79	0.79	0.9
1.62	0.6	0.79	0.79	1.38	1.38	0.6	0.6	0.79	1.62	1.38	0.6	0.6	0.6	1.62	1.38	0.79	0.6	0.6	1.38
1.62	0.6	0.79	0.79	1.38	1.2	0.6	0.79	0.6	0.9	0.9	0.79	0.79	0.79	0.9	1.62	0.79	0.79	0.79	0.9
1.38	0.79	0.9	1	1.38	1.2	0.6	0.79	0.6	1.62	1.38	0.79	0.6	0.6	1.62	1.62	0.79	1	0.79	1.2
1.81	0.79	0.6	0.6	1.38	1.38	0.79	0.79	0.6	1.38	1.2	0.79	0.6	0.6	0.9	1.62	0.6	0.79	0.79	1.38
1.2	0.79	0.6	0.6	1.62	1.38	0.6	0.79	0.6	1	0.79	0.9	0.79	0.6	0.79	1.62	0.6	1	0.9	0.9
1.62	1.06	0.6	0.6	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1	0.6	0.79	0.79	1	1.81	0.9	0.6	0.79	1.62

Fonte: o autor.

APÊNDICE H – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na segunda observação da perspectiva frontal dos incisivos, na mecânica com arco de dupla chave

32CD	32AD	32A	32AM	32CM	31CD	31AD	31A	31AM	31CM	41CD	41AD	41A	41AM	41CM	42CD	42AD	42A	42AM	42CM
1.2	0.6	0.6	0.6	1.2	1.2	0.6	0.6	0.6	1.38	1	0.79	0.6	0.6	0.9	1.62	0.6	0.79	0.9	1.2
1.38	0.79	0.6	0.79	1.2	1.2	0.6	0.6	0.6	1.62	1.38	0.6	0.6	0.6	0.9	1.62	0.6	0.79	0.79	1.2
1.62	0.6	0.6	0.79	1.2	1.2	0.6	0.79	0.79	1.2	1.06	0.79	0.6	0.6	1.2	1.2	0.6	0.79	0.79	1.06
1.2	0.79	1.06	0.79	1.38	1.38	0.6	0.6	0.6	1.2	1.38	0.79	0.6	0.6	0.79	1.62	0.6	0.6	0.79	1.2
1.38	0.6	1	0.79	1.38	1.2	0.6	0.79	0.79	0.79	0.6	0.6	0.6	0.79	0.79	1.38	0.6	0.6	0.6	1.2
1.38	0.6	0.79	1	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.6	0.79	0.79	1.62	0.9	0.6	0.79	0.6	0.9
1.62	0.79	0.6	0.6	1.38	1.38	0.6	0.79	0.79	1.38	1.06	0.79	0.6	0.79	1.38	1.38	0.79	0.6	0.6	1.81
1.62	0.79	0.6	0.6	1.62	1.38	0.6	0.79	0.6	1.38	1.2	0.79	0.6	0.6	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38
1.62	0.6	0.9	1	1.38	1.38	0.79	0.9	0.9	0.9	1.2	0.79	0.79	0.79	1.38	1.2	0.79	0.79	0.79	0.9
1.62	0.6	0.79	0.79	1.38	1.38	0.79	0.79	0.79	1.62	1.38	0.6	0.6	0.79	0.9	1.62	0.6	0.6	0.6	1.38
1.62	0.79	0.79	0.79	1.38	1.2	0.6	0.6	0.6	0.9	0.9	0.79	0.6	0.6	0.9	1.62	0.79	0.79	0.79	0.9
1.38	0.79	1	1	1.38	1.2	0.79	0.79	0.6	1.62	1.2	0.79	0.6	0.6	1.38	1.62	0.79	0.9	0.79	1.2
1.81	1.06	1	0.6	1.38	1.38	0.6	0.79	0.79	1.38	1.2	0.79	0.6	0.6	0.9	1.62	0.6	0.79	0.79	1.38
1.81	0.79	0.6	0.6	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	1	0.79	0.79	0.79	0.6	0.79	1.62	0.6	1	1	0.9
1.62	1.06	0.6	0.6	1.62	1.38	0.79	0.79	0.79	1.38	1	0.6	0.79	0.79	1.38	1.81	0.9	0.6	0.6	1

Fonte: o autor.

APÊNDICE I – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) na perspectiva oclusal, na mecânica de deslize

33	32	31	41	42	43
1.38	0.6	0.79	0.79	0.79	1.38
1.38	0.6	0.79	0.79	0.79	1.2
1.81	0.6	0.9	0.9	1.06	1.81
1.38	0.79	0.6	0.79	1.06	1.38
1.38	0.79	0.79	0.79	1.06	1.38
1.38	0.79	0.6	0.79	0.6	1.38
1.2	0.79	0.6	0.79	0.6	1.38
1.81	0.79	0.79	0.79	0.6	1.38
1.38	0.79	0.79	0.9	0.79	1.62
1.62	0.9	0.79	0.9	0.79	1.38
1.81	0.6	0.9	0.9	0.6	1.81
1.81	0.79	0.9	0.9	0.79	1.81
1.81	0.6	0.9	0.9	0.79	1.38
1.81	0.6	0.9	0.9	0.79	1.38
1.38	0.79	0.9	0.9	0.79	1.62

33	32	31	41	42	43
1.38	0.6	0.79	0.79	0.79	1.38
1.38	0.6	0.79	0.79	0.79	1.2
1.62	0.79	0.9	0.9	1.2	1.81
1.38	0.79	0.79	0.79	1.06	1.38
1.38	0.6	0.79	1.2	1.06	1.38
1.38	0.6	0.79	0.79	0.79	1.38
1.2	0.79	0.6	0.79	0.6	1.38
1.81	0.79	0.79	0.79	0.79	1.38
1.38	0.79	0.79	0.9	0.79	1.38
1.62	0.79	0.79	0.9	0.79	1.38
1.81	1.06	0.9	0.9	0.79	1.62
1.81	0.79	1.06	0.9	0.9	1.81
1.81	0.6	0.9	0.9	0.79	1.38
1.81	0.6	0.9	0.9	0.79	1.38
1.38	0.79	0.9	0.9	0.9	1.62

Fonte: o autor.

APÊNDICE J – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) na perspectiva por oclusal, na mecânica com alça de Bull modificada

33	32	31	41	42	43
2.5	1.81	1.81	1.81	1.38	3
3	1.38	1.81	1.62	1.62	1.81
3	1.38	1.38	1.2	1.81	3
2.67	1.62	1.38	1.62	1.2	2.5
3	1.62	1.62	1.62	1.38	2.5
2.5	1.62	1.62	1.38	1.62	2.5
2.67	1.62	1.38	1.81	1.38	2.5
3	1.38	1.38	1.62	1.62	2.5
3	1.38	1.62	1.62	1.38	2.5
2.67	1.62	1.38	1.38	1.62	3
2.67	1.62	1.62	1.81	1.38	2.67
3.1	1.38	1.38	1.62	1.62	3
3	1.38	1.62	1.62	1.62	3
3	0.9	1.38	1.62	1.62	3
3.1	0.9	1.38	1.62	1.38	3

33	32	31	41	42	43
2.5	1.81	1.81	1.81	1.38	2.5
3	1.38	1.2	1.62	1.81	1.81
3	1.38	1.38	1.2	1.81	3
2.67	1.62	1.38	1.62	1.2	2.5
3	1.62	1.62	1.62	1.38	2.5
2.5	1.38	1.62	1.38	1.62	2.5
2.67	1.62	1.38	1.81	1.62	2.5
3	1.38	1.38	1.62	1.38	4
3	1.38	1.62	1.62	1.38	2.5
2.67	1.62	1.38	1.38	1.81	4
2.67	1.62	1.62	1.81	1.38	4
2.5	1.62	1.38	1.81	1.81	3.6
3	1.38	1.38	1.62	1.62	3
3	1.2	1.38	1.62	1.62	3
3.1	1.62	1.38	1.62	1.38	3

Fonte: o autor.

APÊNDICE K – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) da perspectiva por oclusal, na mecânica com alça T

33	32	31	41	42	43
1.81	0.9	0.6	1.06	0.9	1.81
1.81	0.9	0.79	1.06	0.9	1.81
1.81	1.2	0.9	1.2	1.2	1.38
1.81	1.2	0.79	1.06	1.38	1.38
2.33	1.2	1.38	1.62	1.62	1.38
2.5	1.2	1.06	1.38	0.9	2.33
2.5	1.38	1.38	0.9	0.9	2.33
2.5	1.38	1.38	1.2	1.38	2.5
1.81	0.79	0.79	0.9	0.9	3
1.81	1.2	1.2	0.9	1.38	3
2.33	1.2	1.38	1.2	0.9	3
2.33	1.06	1.38	1.38	1.38	2.33
3	1.2	1.38	1.38	0.9	2.5
3.1	1.2	1.38	0.9	0.9	3.1
3	1.38	1.81	1.38	1.38	2.33

33	32	31	41	42	43
1.81	1.81	0.6	1.06	0.9	1.81
1.81	1.38	0.79	1.06	0.9	1.81
1.81	1.2	0.6	1.2	1.2	1.38
1.81	1.2	0.79	1.06	1.38	1.62
2.5	1.2	1.38	1.62	1.62	1.62
2.5	1.2	1.2	1.62	1.62	2.33
2.5	1.38	1.38	0.9	0.9	2.33
2.5	1.38	1.38	1.38	1.38	2.33
1.81	0.79	1.38	0.9	0.9	3
1.81	1.38	1.38	0.9	1.38	3
2.33	1.2	1.38	1.38	0.9	3
2.33	1.06	1.38	1.38	0.9	2.5
4	1.2	1.38	1.38	0.9	2.5
3.1	1.38	1.38	1.38	0.9	2.5
4	1.38	1.81	1.62	1.38	4

Fonte: o autor.

APÊNDICE L – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) da perspectiva por oclusal, na mecânica com arco de dupla chave

33	32	31	41	42	43
1.81	0.79	1.2	1.2	0.9	1.62
2	0.9	1.06	1.2	0.9	1.62
1.81	0.9	1.06	1.06	1.06	1.81
2.33	1.2	1.06	1.38	1.38	2.33
1.38	1.2	1.62	1.38	1.38	1.38
2.33	1.2	1.2	1.2	0.9	1.38
2	0.9	1.06	1.06	0.9	2
1.81	0.9	1.06	1.38	0.79	2.33
1.81	0.9	1.06	1.38	1.06	1.62
2.33	0.9	0.9	1.38	0.79	1.62
2.33	1	1.06	1.06	1.38	1.62
2	1.2	1.06	1.2	1.2	1.38
2.5	0.9	1.06	1.38	1.2	1.38
2.33	1.2	1.06	1.38	1.2	2.33
1.06	1.06	0.79	1.2	1.38	1.38

33	32	31	41	42	43
1.81	1.2	1.2	0.9	0.9	1.62
2	1.2	1.06	1.38	0.9	1.62
1.81	0.9	1.06	1.2	1	1.81
2.33	1.2	1.2	1.38	0.79	2.33
1.38	1.2	1.62	1.38	1.2	1.38
2.33	1.2	0.79	1.38	0.9	1.38
2	1.06	1.06	1.2	0.79	2
2	0.9	1.06	1.38	0.9	2.33
1.81	0.9	1.06	1.38	1.2	1.62
2.33	0.9	0.9	1.38	0.79	1.62
2.33	1	1.06	1.38	1.38	1.62
2	1.2	1.06	1.2	1.2	1.38
1.81	0.9	1.06	1.38	1.2	1.38
2	1.2	1.06	1.38	1.2	2.33
1.06	1.06	0.79	1.2	1.38	1.38

Fonte: o autor.

APÊNDICE M – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) da perspectiva oblíqua, na mecânica de deslize

CM	AM	A	CD	AD
1.62	0.6	1	1.62	1
1.38	0.79	0.79	2	1.06
1.38	1	0.6	2	0.79
1.2	1	1.06	2	1.06
1.38	0.9	1.06	2	1.06
1.38	0.79	1	1.81	1
2	1	1.06	2	1.06
1.38	0.9	1	2	1
1.38	0.9	1.06	2	1.06
1.38	0.9	1	1.62	1
1.38	0.79	1.06	1.81	1.06
1.38	1	0.79	2	1.06
1.2	1	0.79	2	0.79
1.38	0.9	0.79	2	1.06
1.38	0.9	0.79	2	1.06

CM	AM	A	CD	AD
1.62	0.6	1	1.62	1
1.38	0.79	0.45	2	1.06
1.38	0.79	1	2	0.79
1.2	1	1.06	2	1.06
1.38	0.9	1.06	2	1.06
1.62	0.79	1	2	1
2	1	1.06	2	1.06
1.38	0.79	1.06	2.5	1
1.62	0.9	1.06	2.5	1
1.38	0.79	1	1.62	1
1.38	0.79	1.06	2	1.06
1.38	1	0.79	2	1.06
1.2	1	0.6	2	0.79
1.38	0.9	0.79	2	1.06
1.62	0.9	1.2	2	1.06

Fonte: o autor.

APÊNDICE N – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) da perspectiva oblíqua, na mecânica com alça de Bull modificada

CM	AM	A	CD	AD
1.38	1.2	0.6	2.5	0.9
2.33	1	0.79	3	0.9
2	1.06	0.9	3	1
2.33	0.79	0.6	3	0.9
2	0.9	0.6	2.5	0.9
1.62	0.6	1	3	1.38
1.81	0.9	0.6	3	0.9
1.62	0.79	0.6	2.5	0.9
1.62	0.6	0.6	3	0.79
1.62	0.79	0.9	2.5	0.9
1.81	0.9	1	2.5	1.06
1.38	0.79	0.79	2.33	0.9
1.38	0.79	1	2.5	1.38
2.33	1	0.6	3	0.9
1.62	1	0.6	2.5	0.9

CM	AM	A	CD	AD
1.38	1.2	0.6	4	0.9
1.81	1	0.79	3	0.9
2	1.06	0.9	3	1
1.81	0.79	0.6	3	0.9
2	1.2	0.6	2.5	0.9
1.38	0.6	1	3	1.38
1.81	0.45	0.6	3	0.9
1.62	1	0.6	4	0.9
1.62	0.6	0.6	3	0.9
1.62	0.79	0.9	4	1.38
1.81	1	1	2.5	1.38
1.38	0.79	0.79	4	0.9
1.38	0.79	0.9	2.5	1.38
2	1	0.6	3	0.9
1.62	1	0.6	3	0.79

Fonte: o autor.

APÊNDICE O – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) da perspectiva oblíqua, na mecânica com alça T

CM	AM	A	CD	AD
0.6	0.6	1.2	2.33	0.6
0.6	0.6	1.2	2	0.6
1	0.6	0.6	2.33	0.79
0.6	0.6	1.2	2	0.79
1.38	0.6	0.6	2.5	1.06
1.38	0.6	0.6	2.33	0.9
1.2	0.6	0.6	2.5	1.2
1.38	0.79	0.6	2.5	1
1.38	1.06	1.06	2.5	1.06
1.62	0.6	1.2	2.33	1
1	0.79	1.2	2.33	1.06
1.38	0.79	1.2	2.33	0.79
1.38	0.79	1.38	2.5	0.79
1.38	0.79	1.06	2.33	0.79
1.38	0.79	0.9	2.5	1.38

CM	AM	A	CD	AD
0.6	1.2	1.2	2.5	0.6
0.6	0.6	1.2	2	0.6
1	0.6	1.2	2.5	0.79
0.79	1.2	1.2	2	0.79
1.38	0.6	0.79	2.5	1.06
1.38	0.6	0.6	2.33	1
1.2	0.6	1.38	2.5	1.06
1.38	0.79	0.6	2.5	1.06
1.38	1.2	1.2	2.5	1.06
1.62	1.38	1.2	2.33	1
1	0.79	1.2	1.81	1.06
1.38	0.79	1.2	2.5	1.06
1.38	0.79	1.38	2.5	1.38
1.38	1.06	1.38	2.33	1.06
1.81	0.79	0.9	2.5	0.79

Fonte: o autor.

APÊNDICE P – Valores atribuídos de acordo com as ordens de franjas na primeira observação (à esquerda) e segunda observação (à direita) da perspectiva oblíqua, na mecânica com arco de dupla chave

CM	AM	A	CD	AD
1.38	0.9	0.45	1.38	1.06
1.62	0.9	0.45	1.62	1.06
1.62	1	0.45	1.81	1.2
1.62	0.9	1.06	2	1.2
1.38	1.06	0.45	1.38	1
1.62	1.06	0.6	1.81	1.38
1.62	0.79	0.45	1.38	1.06
1.38	1.06	0.45	1.38	1
1.2	0.6	1.06	1.62	1
1.38	1	1	1.62	1
1	1	1.06	1.62	1
1.81	0.9	0.45	1.38	1.2
1.2	0.9	0.45	1.38	1
1.38	0.9	1.06	2	1.06
1.2	1.06	0.6	1.62	1

CM	AM	A	CD	AD
1.38	0.9	0.45	1.2	1.06
1.38	0.9	0.45	1.62	1.06
1.2	1	0.45	1.81	1.2
1.81	0.9	0.45	2	1.2
1.38	1.06	0.45	1.38	1
1.38	1.06	0.6	1.81	1.38
1.62	0.79	0.45	1.38	1.06
1	1.06	0.45	1.38	1
1.2	0.6	1.06	1.38	0.79
1.38	1.06	1.06	1.38	1
0.9	1.06	1.06	1.38	1
1.81	0.9	1.06	1.38	1.06
1.2	0.9	0.45	1.38	1
1.38	0.9	1.06	2	1.06
1.2	1.06	0.6	1.62	0.9

Fonte: o autor.