



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

THAÍS DA SILVA ALVES SANTOS

**RESISTÊNCIA À FRATURA DE DENTES FRAGILIZADOS
UTILIZANDO REFORÇO INTRA-RADICULAR COM PINO DE
FIBRA DE VIDRO: Rebilda Post e Rebilda Post GT**

2019

THAÍS DA SILVA ALVES SANTOS

**RESISTÊNCIA À FRATURA DE DENTES FRAGILIZADOS UTILIZANDO
REFORÇO INTRA-RADICULAR COM PINO DE FIBRA DE VIDRO: Rebuilda Post e
Rebuilda Post GT**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Área: Endodontia. Linha de pesquisa: Estudos Clínicos e Laboratoriais de Materiais e Técnicas Endodônticas.

Orientadora: Prof. Dr. Cláudio Antonio Talge Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Rocha Gomes Torres

São José dos Campos

2019

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2019]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Santos, Thaís da Silva Alves

Resistência à fratura de dentes fragilizados utilizando reforço intraradicular com pino de fibra de vidro: Rebuilda Post e Rebuilda Post GT / Thaís da Silva Alves Santos. - São José dos Campos : [s.n.], 2019.
60 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2019.

Orientador: Cláudio Antonio Talge Carvalho

Coorientador: Carlos Rocha Gomes Torres

1. Resistência à fratura. 2. Pinos de fibra de vidro. 3. Raízes fragilizadas. I. Carvalho, Cláudio Antonio Talge , orient. II. Torres, Carlos Rocha Gomes, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Claudio Antonio Talge Carvalho (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dr^a. Flávia Goulart da Rosa Cardoso

Universidade do Vale do Paraíba

Campus de São José dos Campos

Prof. Assoc. César Rogério Pucci

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

São José dos Campos, 08 de Janeiro de 2019.

DEDICATÓRIA

A Deus, que iluminou meu caminho durante esta caminhada.

Aos meus pais, *Vanilda* e *Jorge*, a minha irmã *Joice*, e ao meu marido *Luiz Felipe*, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu completasse essa jornada. Certamente, sem vocês, minhas conquistas não teriam o mesmo valor.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Agradeço primeiramente **a Deus** pela sua infinita misericórdia.

À minha família, a qual permaneceu ao meu lado durante todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, **Prof. Assoc. Cláudio Antonio Talge Carvalho**, por todo ensinamento que me proporcionou durante o curso, pelo incentivo e apoio para a realização deste trabalho, fazendo-se presente em todos os momentos.

Agradeço por toda convivência saudável durante esses anos. Agradeço por ter depositado sua confiança em mim, permitindo que eu desenvolvesse este projeto e por ter me estimulado a realizar minha especialização. Além de todo conhecimento científico transmitido, agradeço pelo exemplo de profissional dedicado, respeitoso e simpático, que proporcionou durante todo o curso, um ambiente de trabalho muito agradável e estimulador.

À **Prof.^a Tit. Marcia Carneiro Valera**, por toda dedicação e conhecimento repartido comigo. Agradeço por todo profissionalismo e pelo bom exemplo de caráter e integridade ao longo desses dois anos.

Aos meus amigos e companheiros **Laís, Felipe e Ricardo**. A cada um, com suas características e qualidades específicas, agradeço pela companhia, amizade e todo apoio durante toda essa jornada. Tenho certeza que nossa parceria tornou o trabalho diário menos penoso. Vencemos mais uma etapa em nossas vidas; construímos boas lembranças e que nossa amizade se estenda por muitos anos. Vocês são especiais. Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

Ao *Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos*, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" – UNESP e ao *Programa de Pós Graduação em Odontologia Restauradora*, na pessoa do Coordenador *Prof. Alexandre Borges*. Meu muito obrigado. Sinto-me orgulhosa de fazer parte dessa instituição.

À *CAPES* pela concessão de bolsa mestrado.

Aos professores da banca:

Prof^a. Flavia Goulart da Rosa Cardoso, obrigado por aceitar fazer parte da composição de minha banca examinadora, contribuindo com seu conhecimento. Agradeço também pela amizade e convivência agradável nas clínicas durante o curso.

Prof. Assoc. Cesar Rogerio Pucci, agradeço por todo apoio e exemplo de ótimo professor que foi para mim. Agradeço por todo incentivo e confiança que depositou em mim como meu orientador na graduação. Suas ações foram extremamente importantes para minha decisão em seguir carreira acadêmica. Muito obrigada!

À professora, *Ana Paula Martins Gomes*, pelo convívio desde minha graduação e por toda contribuição em meu projeto no exame geral de qualificação. Obrigado pelo exemplo de profissional íntegra e amável.

Aos colegas e amigos, *Esteban Isai Flores Orozco , Rayana Khoury, Cassia Toia, Alessandra Manchini, Diego Rabelo, Amjad Abu Hasna, Bruna Jordão, Alessandra Manchini, Miguel Christian, Daniel Castanho e Giovanna*. Agradeço por termos dividido experiências e bons momentos.

À *Marília*, por todo apoio e amizade. Sempre ao meu lado durante o desenvolvimento deste projeto. Agradeço por toda dedicação e carinho.

Aos funcionários e amigos do Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos: Josiana Carneiro, Fernanda Brito e Liliane, do Departamento de Odontologia Restauradora; *Bruno, Ivan e Sandra*, da Secretaria de Pós-Graduação; *Carlos Guedes e Michelle*, do Escritório de Apoio à Pesquisa. Obrigado pela disponibilidade em ajudar sempre que possível.

A *todos* aqueles que direta e indiretamente auxiliaram na realização deste projeto.

"Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que a fez tão importante."

Antonie de Saint-Exupéry.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Reforço de raízes imaturas.....	15
2.2 Retentores intra-radiculares.....	20
2.3 Dentes bovinos versus dentes humanos	23
3 PROPOSIÇÃO	27
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1 Delineamento experimental e divisão dos grupos	28
4.1.1 Preparo dos dentes	29
4.1.2 Preparo para fragilização.....	30
4.1.3 Obturação dos canais radiculares	31
4.1.4 Preparo dos corpos de prova.....	31
4.1.5 Reforço intra-radicular	32
4.1.6 Teste de resistência à compressão	36
4.1.7 Análise estatística	37
5 RESULTADOS.....	38
6 DISCUSSÃO	43
7 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
°	Grau
°C	Graus Celsius
ANOVA	Análise de variância
Kg	Kilograma
Kgf	Kilograma-força
mA	Miliamperes
MD	Mésio-distal
mm	Milímetros
mm/min	Milímetros por minutos
MTA	Agregado de Trióxido Mineral
N	Newton
PVC	Policloreto de vinila
Rpm	Rotação por minuto
VL	Vestíbulo-lingual

Santos TSA. Resistência à fratura de dentes fragilizados utilizando reforço intra-radicular com pino de fibra de vidro: Rebuilda Post e Rebuilda Post GT [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2019.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar, *in vitro*, pelo teste de compressão, a resistência à fratura de dentes fragilizados que receberam como reforço intra-radicular sistema de pino de fibra de vidro. Foram utilizados 80 dentes bovinos divididos de acordo com o tipo de reforço intra-radicular e com a presença ou não de preparos para simular fragilidade radicular (n=10): SF/SR - sem fragilização e sem reforço intra-radicular; F/SR - com fragilização e sem reforço intra-radicular; SF/GT - sem fragilização e com reforço intra-radicular Rebuilda Post GT; F/GT - com fragilização e com reforço intra-radicular Rebuilda Post GT; SF/RP - sem fragilização e com reforço intra-radicular Rebuilda Post; F/RP - com fragilização e com reforço intra-radicular Rebuilda Post; SF/GT+RP - sem fragilização e com reforço intra-radicular Rebuilda Post GT + Rebuilda Post; e F/GT+RP - com fragilização e com reforço intra-radicular Rebuilda Post GT + Rebuilda Post. Todos os espécimes tiveram suas coroas seccionadas, comprimento radicular padronizado em 16 mm e canais radiculares preparados endodonticamente. Para os espécimes com fragilização simulada, o desgaste radicular foi realizado até 9 mm no interior do canal e a espessura do remanescente radicular obtida foi de aproximadamente 2 mm. Exceto para o SF/SR, todos os canais radiculares foram obturados. O material obturador foi removido dos terços cervical e médio, permanecendo apenas 4 mm no terço apical. A cimentação dos pinos foi realizada seguindo o protocolo do fabricante. Apenas para os espécimes dos grupos SF/GT+RP e F/GT+RP, após a inserção do pino Rebuilda Post GT e antes da polimerização final, foi inserido no centro do conjunto o pino Rebuilda Post. Os espécimes foram submetidos ao teste de compressão à 45°. Os valores de resistência à fratura encontrados para os grupos, em ordem decrescente, foram: F/SR - 5,045 kgf, SF/SR - 9,157 kgf, SF/GT - 14,032 kgf, F/RP - 27,727 kgf, F/GT - 28,303 kgf, SF/RP - 29,986 kgf, F/GT+RP - 38,650 kgf e SF/GT+RP - 39,783 kgf. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística (ANOVA e Tukey) que demonstrou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Dessa forma observou-se que o pino único, Rebuilda Post, proporcionou maior resistência à fratura que o sistema Rebuilda Post GT e os grupos sem reforço intra-radicular, SF/SR e F/SR; e que a associação dos sistemas produziu os maiores valores de resistência à fratura do que os demais.

Palavras-chave: Resistência à fratura. Pinos de fibra de vidro. Raízes fragilizadas.

Santos TSA. Fracture resistance in fragile teeth using root reinforcements with glass fiber posts: Rebuilda Post and Rebuilda Post GT [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2019.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate, *in vitro*, by the compression test, the fracture strength of fragile teeth that received a fiberglass pin system as intra-radicular reinforcement. It was used 80 bovine teeth divided according to the type of intra-radicular reinforcement and with the presence or not of preparations to simulate root fragility ($n = 10$): SF / SR - without embrittlement and without intra-radicular reinforcement; F / SR - with embrittlement and without intra-radicular reinforcement; SF / GT - without embrittlement and with intra-radicular reinforcement Rebuilda Post GT; F / GT - with embrittlement and intra-radicular reinforcement Rebuilda Post GT; SF / RP - without embrittlement and with intra-radicular reinforcement Rebuilda Post; F / RP - with embrittlement and intra-radicular reinforcement Rebuilda Post; SF / GT + RP - without embrittlement and with intra-radicular reinforcement Rebuilda Post GT + Rebuilda Post; and F / GT + RP - with embrittlement and with intra-radicular reinforcement Rebuilda Post GT + Rebuilda Post. All specimens had their crowns sectioned, root length standardized at 16 mm and root canals prepared endodontically. For specimens with simulated embrittlement, root wear was performed up to 9 mm inside the canal and the thickness of the root remainder obtained was approximately 2 mm. Except for SF / SR, all root canals were filled. The obturator material was removed from the cervical and middle thirds, remaining only 4 mm in the apical third. Pin cementation was performed following the manufacturer's protocol. Only for the specimens of the groups SF / GT + RP and F / GT + RP, after the insertion of the Rebuilda Post GT pin and before the final polymerization, the Rebuilda Post pin was inserted in the center of the set. The specimens were submitted to the 45° compression test. The values of fracture resistance found for the groups, in descending order, were: F / SR - 5,045 kgf, SF / SR - 9,157 kgf, SF / GT - 14,032 kgf, F / RP - 27,727 kgf, F / GT - 28,303 kgf, SF / RP-29.986 kgf, F / GT + RP-38.650 kgf and SF / GT + RP-39.783 kgf. The results were submitted to statistical analysis (ANOVA and Tukey), which showed a statistically significant difference ($p < 0,05$). In this way, it was observed that the single post, Rebuilda Post, provided greater resistance to fracture than the Rebuilda Post GT system and the non-reinforced groups, SF / SR and F / SR; and that the association of the systems produced the highest values of fracture resistance than the others.

Keywords: Resistance to fracture. Fiberglass posts. Fragile roots.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de dentes jovens com paredes radiculares finas, ou seja, com raízes fragilizadas, vem sendo alvo de frequentes estudos dentro da Odontologia Restauradora (Lui, 1987; Carvalho *et al.*, 2005, Coelho *et al.*, 2009; Hemalatha *et al.*, 2009; Dikbas *et al.*, 2013). A necessidade de tratamento nestes dentes pode ser devido a um processo carioso, trauma, fratura ou devido ao processo de troca de restaurações. A preservação de um dente jovem com paredes frágeis leva, na maioria dos casos, não somente à necessidade de um tratamento endodôntico (Schwartz, Robbins, 2004), mas também a utilização de técnicas que adicionem, de alguma forma, um reforço estrutural a esta raiz.

Nos casos de necrose pulpar em dentes com rizogênese incompleta, tratamentos por meio da apicificação com utilização do hidróxido de cálcio são amplamente utilizados (Leonardo, Leal, 1998). Entretanto apesar de proporcionar a formação de uma barreira de tecido duro que possibilita a obturação do canal radicular, esta técnica aplicada de forma isolada não promove algum tipo de reforço estrutural. Andreasen *et al.* (2002), correlacionaram o uso de hidróxido de cálcio por períodos prolongados, em dentes imaturos, com altos índices de fratura. Sabe-se que isso se deve principalmente as alterações morfológicas que ocorrem na dentina em decorrência do uso do hidróxido de cálcio; onde proteínas ácidas e proteoglicanos, responsáveis pela ligação da rede de colágeno aos cristais de hidroxiapatita, são dissolvidos e desnaturados pelo hidróxido de cálcio; tornando assim a dentina mais vulnerável (Tronstad *et al.*, 1980; Nerwich *et al.*, 1993; Andreasen *et al.*, 2002).

Dessa forma modificações na morfologia e arquitetura desse elemento dentário jovem e despulpado, devido não somente ao seu desenvolvimento incompleto, mas também as conseqüências do tratamento endodôntico, tendem a tornar este, um dente mais frágil e susceptível à fratura (Sedgley, Messer, 1992).

Sendo assim um aprimoramento da terapia endodôntica associado a procedimentos restauradores, que possam reforçar raízes fragilizadas, torna-se essencial.

O uso de retentores intra-radiculares tem como indicação a necessidade de

confeção de núcleo para retenção de coroa. Assim, basicamente, a função desses retentores é promover retenção para a porção coronária do núcleo (Trope *et al.*, 1985; Mitsui *et al.*, 2004). Entretanto seu uso no intuito de aumentar a resistência em dentes jovens tratados endodonticamente e fragilizados, tem se tornado uma prática clínica cada vez mais comum (Stockton *et al.*, 1998; Qualtrough, Mannocci, 2003; Carvalho *et al.*, 2005; Siso *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2008; Yamamoto *et al.*, 2009).

A princípio os núcleos metálicos fundidos foram fortemente difundidos, contudo sua utilização foi comprometida quando estudos mostraram que, devido ao seu alto módulo de elasticidade, este tipo de pino apresentava uma distribuição de forças desfavorável ao remanescente dental, aumentando o risco de fraturas radiculares (Xible *et al.*, 2006; Barjau-Escribano *et al.*, 2006; Yamamoto *et al.*, 2009; Coelho *et al.*, 2009;). Além disso, em casos em que a estética é primordial, os pinos metálicos novamente se mostram desfavoráveis uma vez que em decorrência das paredes finas das raízes fragilizadas ocorre uma alteração na transmissão de luz pela estrutura dentária (Kakehashi *et al.*, 1998; Stewardson, 2001; Pitel, Hicks, 2003).

A partir disso, os pinos de resina reforçados por fibras emergiram no mercado. Podendo ser reforços por fibras de carbono, de quartzo ou por fibras de vidro; esses pinos ganharam destaque no mercado uma vez que supriam as desvantagens estéticas dos núcleos metálicos fundidos (Rovatti *et al.*, 1998). Assim variando em sua forma e composição, atualmente diversos sistemas de pinos intraradiculares pré-fabricados reforçados por fibras estão disponíveis no mercado, sendo neste contexto a seleção correta do tipo de pino um fator importante (Baraban, 1958; Sorensen, Engelman, 1990; Mazaro *et al.*, 2006).

Introduzidos, mais especificamente, na década de 90, os pinos pré-fabricados reforçados por fibras de vidro evidenciaram em diversas pesquisas uma satisfatória resistência à fratura, sendo esta ratificada em estudos clínicos onde fraturas longitudinais e oblíquas, que alcançavam o terço médio e apical, foram raras (Ferrari *et al.*, 2000; Cormier *et al.*, 2001; Akkayan, Gülmez, 2002; Monticelli *et al.*, 2003; Reid *et al.*, 2003; Mitsui *et al.*, 2004; Naumann *et al.*, 2005). Ainda como vantagem os pinos de fibra de vidro possuem um baixo módulo de elasticidade, diferenciando-os dos núcleos metálicos fundidos e aproximando-os do tecido dental (Ferrari *et al.*, 2000).

A utilização de pinos reforçados por fibras reduz o risco de fratura, uma vez que a proximidade entre os módulos de elasticidade, do pino e da dentina, proporciona uma distribuição favorável das tensões; tornando assim a fratura radicular um evento incomum e raro em dentes tratados endodonticamente e restaurados com pinos de reforçados por fibra (Maccari *et al.*, 2003; Lassila *et al.*, 2004; Cagidiaco *et al.*, 2008).

A abordagem restauradora para devolver função e estética aos dentes jovens e despulpados constitui-se cada vez mais como um desafio ao clínico; uma vez constatada a direta correlação entre a espessura de parede dentinária radicular com a resistência à fratura da raiz. Assim esses dentes são caracterizados como extremamente fragilizados, visto que por não portarem de seu completo desenvolvimento radicular, possuem pouca espessura de parede dentinária radicular (Tjan, Whang, 1985).

A característica ampla dos canais de dentes permanentes com rizogênese incompleta dificulta a utilização de pinos pré-fabricados, dado que seu amplo diâmetro radicular dificulta a adaptação do pino. Dessa forma reforços adicionais devem ser utilizados, visando melhorar essa adaptação, além de diminuir o efeito cunha, comum em casos de canais amplos (Lui, 1987).

A literatura mostra que pinos cônicos parcialmente adaptados apresentam menor resistência quando comparados a pinos cônicos totalmente adaptados; o que conseqüentemente torna as técnicas restauradoras comumente utilizadas inexecutáveis (Sorensen, Engelman, 1990; Newman *et al.*, 2003).

Assim técnicas que proporcionassem uma menor camada de cimento, melhor adaptação do pino e ideal distribuição das forças, suprimindo as dificuldades encontradas em dentes com canais amplos têm sido estudadas. Dentre estas, o uso de pinos anatômicos em dentes com canais amplos faz-se como um técnica coerente por apresentar propriedades mecânicas semelhantes as da dentina e estética favorável. Ainda neste contexto, a utilização de fibras com cimento endodôntico proporcionou um aumento na resistência à fratura em modelos experimentais de dentes imaturos, bem como também a utilização de pinos de fibra de vidro e quartzo com ou sem a utilização de pinos acessórios foram igualmente eficazes no aumento da resistência à fratura de raízes fragilizadas (Clavijo *et al.*, 2006; Hemalatha *et al.*, 2009; Sharafeddin *et al.*, 2014).

Ainda tencionando suprir as necessidades presentes no mercado, um sistema de pinos de fibra de vidro foi recentemente lançado. Este sistema baseia na constituição de um pino por diversos pinos de fibra de vidro de menor diâmetro, unidos por lacre, que é removido após sua inserção no canal radicular, permitindo que estes pinos de menor diâmetro se adaptem ao canal.

Apesar do crescente desenvolvimento de pesquisas no que se diz respeito às técnicas restauradoras existentes para canais amplos; a realização de mais estudos que proponham novas opções de tratamento que acrescentem reforço estrutural a dentes jovens tratados endodonticamente, ou seja, dentes que não tiveram seu completo desenvolvimento radicular, é fundamental. Dessa forma esse estudo se justifica pela necessidade de avaliar a resistência à fratura utilizando-se um sistema de pinos de fibra de vidro em dentes com fragilização radicular simulada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Essa revisão de literatura objetiva fazer um levantamento das principais publicações relacionadas com resistência à fratura de dentes com raízes imaturas e retentores intra-radulares. Para facilitar o entendimento essa revisão foi subdividida em: Reforço de raízes imaturas, retentores intra-radulares e dentes bovinos *versus* dentes humanos.

2.1 Reforço de raízes imaturas

Carvalho *et al.* (2005) avaliaram *in vitro* eficácia da resina composta fotopolimerizável e de pinos de fibra de zircônia em dentes com fragilização simulada. Foram utilizados cinquenta e seis incisivos bovinos que tiveram suas coroas seccionadas e comprimento radicular padronizado em 30 mm. Os espécimes foram divididos em quatro grupos de acordo com simulação de dente imaturo e tipo de reforço: 1) fragilização simulada e reforço radicular com resina composta fotopolimerizável e pino do sistema Luminex; 2) fragilização simulada e reforço radicular com pino de fibra de zircônia; 3) fragilização simulada e nenhum reforço radicular; e 4) sem fragilização simulada e sem reforço radicular. A ampliação dos canais foi realizada inicialmente com a sequência de brocas Gates-Glidden, seguida da utilização de uma broca cônica arredondada, em baixa rotação. Dessa forma os 20 mm, terço cervical e terço apical, da extensão dos canais foram ampliados de maneira que a espessura remanescente das paredes dentinárias fossem de ± 2 mm. Após a cimentação todos os espécimes foram inclusos em blocos de resina acrílica para o teste de compressão, mantendo apenas 5 mm do terço cervical livres. O ligamento periodontal foi simulado com adesivo de silicone. Todos os espécimes foram submetidos ao teste de compressão com carga de 100 kg e velocidade 1 mm/min. A maior resistência (133,06 Kgf) obtida foi para o grupo 4 (controle negativo) seguido dos grupos 2 (122,38 Kgf) e grupo 1 (122,08 Kgf). O grupo 3 apresentou a menor resistência (78,28 Kgf). A análise estatística revelou que houve

diferença estatisticamente significante entre os grupos 1 e 2; entretanto os mesmos foram estatisticamente diferentes dos grupos controle 3 e 4. Com isso os autores puderam concluir que o uso de pinos de fibra de zircônia ou resina composta aumentou significativamente a resistência à fratura de dentes imaturos simulados.

Em 2006, Stuart *et al.* compararam; por meio de sessenta dentes desgastados com Peeso #5 (1,5 mm) para simular raízes imaturas; a capacidade de reforço e fortalecimento de Resilon, guta percha e resina composta autopolimerizável (Bisfil 2B), à estas raízes. Os sessenta dentes foram divididos em cinco grupos: controle negativo (sem tratamento), controle positivo (apenas barreira apical de MTA), guta-percha, Resilon e Bisfil 2B. O teste de compressão foi realizado a uma velocidade de 5 mm/min e a carga foi incidida a 130° do longo eixo do dente. Todos os espécimes apresentaram fraturas horizontais através da porção cervical da raiz. A análise estatística não revelou diferenças significativas entre os grupos. Concluiu-se que a avaliação da espessura da parede dentinária deve ser uma importante consideração durante o processo de escolha do material restaurador; onde nos casos de dentes com desenvolvimento mais completo, diâmetro do canal radicular menor que 1,5 mm, o Resilon e a guta-percha, puderam fornecer força radicular suficiente. Entretanto devido à semelhança estatística entre esses grupos e os grupos controles, pode-se afirmar que em raízes com canais radiculares com diâmetro menor que 1,5 mm, o reforço radicular parece não ser necessário. Para os casos onde o diâmetro do canal radicular é maior que 1,5 mm, mais estudos são necessários no que se diz respeito a materiais restauradores que forneçam reforço radicular.

Já em 2009, Hemalatha *et al.* demonstraram que a utilização de fitas a base de polietileno (Ribbond) associadas ao cimento Panavia F aumentaram substancialmente a resistência à fratura das raízes imaturas simuladas. Para isso os autores compararam a capacidade de reforço do Resilon, da guta percha e de Ribbond em dentes imaturos simulados. Sessenta e cinco dentes anteriores humanos extraídos tiveram seu diâmetro radicular ampliado com Peeso #6 para simular um dente imaturo. As amostras foram divididas em quatro grupos: grupo I controle, sem preenchimento, grupo II preenchido com guta-percha e cimento AH plus sealer; grupo III preenchido com Resilon e cimento Epiphany e grupo IV preenchido com fitas Ribbond e cimento Panavia F. Os espécimes foram submetidos

ao teste de resistência à fratura onde o maior valor de carga para fratura foi apresentado pelo grupo IV. O Resilon não fortaleceu as raízes e não apresentou diferença estatística significativa quando comparado ao grupo preenchido com guta-percha no reforço de dentes imaturos.

Em 2011 Schmoldt *et al.* analisaram, após um processo de termociclagem, a resistência à fratura de dentes com fragilização simulada restaurados com pino de fibra de vidro e núcleo composto, MTA, guta-percha e núcleo composto apenas. Em seguida ao processo de restauração todos os dentes foram termocicladados com 500 ciclos a 5°C e 55°C, com um tempo de espera de 30 s e um tempo de transferência de 5 s. Os espécimes foram inclusos em resina acrílica para o teste de compressão. A velocidade utilizada foi de 5 mm/min. Os resultados obtidos demonstraram que os dentes imaturos com paredes dentinárias finas podem ser melhor reforçados pela restauração com um pino de fibra e núcleo composto. Os dentes neste estudo que foram restaurados dessa maneira foram significativamente mais resistentes à fratura do que os dentes restaurados com MTA, guta-percha ou composto isoladamente.

Tanalp *et al.* (2012) compararam as resistências à fratura em dentes imaturos simulados tratados com diferentes materiais de preenchimento. Os materiais testados foram AHPlus + guta percha, MetaSEAL + guta percha, seladores MTA Fillapex + guta-percha e pinos de fibra de quartzo Unicore + PermaFlo DC, que formaram, junto com o grupo controle (sem preenchimento), cinco grupos para o estudo. Cinquenta dentes unirradiculares tiveram seu comprimento radicular padronizado em 13 mm e suas raízes desgastadas e ampliadas com brocas Peeso #6 e foram distribuídos aleatoriamente nos cinco grupos (n=10). Todos os espécimes foram sujeitos ao teste de compressão, sendo antes inclusos em cilindros com resina acrílica, permanecendo apenas 2 mm, da junção cimento-esmalte até a base da resina, livres. A força foi aplicada em um ângulo de 45° com velocidade de 1 mm/m. Os resultados demonstraram que o maior valor médio de resistência à fratura foi obtido com o grupo reforçado com pinos de fibra de quartzo cimentados PermaFlo DC; e o menor valor médio de resistência à fratura foi obtido com grupo preenchido com MTAfillapex e guta-percha. Pode-se assim concluir que a cimentação de e pinos de fibra de quartzo Unicore com PermaFlo DC apresenta-se como uma metodologia vantajosa para casos de dentes com raízes imaturas, suscetíveis a fraturas devido às suas paredes dentinárias excessivamente fracas.

Em 2013, Dikbas *et al.* demonstraram que o reforço com pinos de fibra de quartzo, fibra de vidro e zircônia foram capazes de exercer um efeito de reforço nos dentes imaturos simulados, quando comparados com o preenchimento normal dos canais radiculares utilizando AHPlus e guta percha. Para isso os autores distribuíram aleatoriamente quarenta e oito dentes anteriores, com comprimento padronizado e o diâmetro do canal radicular ampliado, em quatro grupos: um grupo controle, preenchido com AHPlus e guta-percha; um grupo reforçado com pinos de fibra de vidro e cimento resinoso autoadesivo; um grupo reforçado com pinos de fibra quartzo e cimento resinoso autoadesivo; e um grupo reforçado com pinos de zircônia e cimento resinoso autoadesivo. O menor valor médio de resistência à fratura obtido foi pelo grupo controle e entre os grupos de pinos de fibra de vidro, pinos de fibra de quartzo e pinos de zircônia não houve diferença estatisticamente significativa.

Seyam e Mobaraki (2014) analisaram o efeito de reforço da resina composta, por um protocolo de estratificação modificado, em dentes com fratura coronal e raízes enfraquecidas. Cinquenta dentes anteriores superiores foram padronizados com 15 mm de comprimento radicular e tiveram o diâmetro de seus canais radiculares desgastados até que o remanescente radicular fosse de $1 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. As amostras foram inclusas em resina acrílica e um material a base de poliéter foi utilizado para simular o ligamento periodontal. Os espécimes foram divididos em cinco grupos de acordo com sistema restaurador empregado, resina composta Vertise Flow (G1), resina composta Clearfil Majesty Flow (G2), e cimento Panavia F2.0 (G3); sendo que os dois últimos grupos foram um de controle, sem preenchimento (G4), e o último preenchido com cimento Panavia F 2.0 em um único preenchimento (G5). Nos grupos três primeiros grupos a técnica de estratificação foi realizada com auxílio primeiro de um pino translúcido (Luminex) de tamanho 6 para o primeiro incremento, seguido de um de tamanho 3 para o segundo incremento. Após os dois incrementos um pino translúcido de tamanho 2 foi cimento no canal com material restaurador do respectivo grupo. A reconstrução coronária para todos os espécimes foi realizada com resina composta. Os autores submeteram todos os espécimes ao teste de compressão, em um ângulo de 45° e velocidade 0.5 mm/m. Após a análise estatística os resultados evidenciaram que os grupos fragilizados e restaurados resina composta fluída (G1 e G2) não foram

estatisticamente diferentes do grupo não fragilizado e restaurado com cimento Panavia F2.0 em único incremento (G5); e foram estatisticamente maiores que o grupo fragilizado e restaurado com cimento Panavia F2.0 em três incrementos (G3); e o grupo controle sem preenchimento (G4). Dessa forma conclui-se que o uso de resina composta fotopolimerizável, pela técnica de estratificação modificada, pode reforçar dentes com fratura coronal e raízes enfraquecidas.

Sivieri-Araujo *et al.* em 2015 avaliaram a resistência à fratura em cinquenta incisivos bovinos, que tiveram suas raízes enfraquecidas para simular um dente jovem imaturo, e que foram restaurados com três diferentes tratamentos intraradiculares. Os cinquenta espécimes tiveram suas coroas seccionadas e seu comprimento radicular padronizado. Os espécimes foram divididos em cinco grupos: PoC – controle positivo, sem preparo e sem preenchimento do canal radicular; NeC – controle negativo, com preparo do canal radicular mas sem preenchimento; RaP – preparo do canal radicular e reforço com pino de fibra de vidro anatômico (Reforpost preparado com resina composta); ExP - preparo do canal radicular e reforço com pino de fibra de vidro Exacto (Angelus); RrP – preparo do canal radicular e reforço com pino de fibra de vidro principal associados a pinos acessórios (Reforpost + Reforpin). Exceto para os grupos controle todos os espécimes receberam plugs de MTA na região apical. O preparo para simulação de um dente jovem imaturo foi realizado com broca carbite 703. Após a cimentação os espécimes foram armazenados em incubadora a 37°C e 100% de umidade por 48 h. O ligamento periodontal foi simulado com material à base de poliéter com 0,25-0,30 mm de espessura. Todos os espécimes foram submetidos a testes de resistência à fratura com velocidade 0,5 mm/min em uma angulação de 135° em relação ao longo eixo do dente. Os grupos ExP e RaP apresentaram o maior valor médio de resistência à fratura (2355.3 N e 2052.4 N respectivamente) e o grupo controle negativo apresentou o menor (717.9 N). Os autores concluíram que os pinos de fibra de vidro proporcionam um aumento significativo na resistência à fratura de dentes bovinos imaturos simulados; e que pinos de fibra de vidro com dupla conicidade (ExP) e os pinos anatômicos diretos foram o melhor tipo de reconstrução para restaurar os dentes imaturos após a colocação dos plugs apicais do MTA.

2.2 Retentores intra-radiculares

Fernandes e Dessai (2001) analisaram, em uma revisão de literatura, os fatores que afetam a resistência à fratura de dentes reconstruídos com retentores intra-radiculares. Foram analisados fatores como comprimento do pino, diâmetro do pino, quantidade de dentina remanescente, material do pino, pós-adaptabilidade, cimento, material do núcleo, núcleo e coroa, biocompatibilidade do material e uso do dente tratado. Grande parte da revisão enfatizou a distribuição de forças durante a inserção dos pinos e durante a função. A análise mostrou que dos fatores enumerados, o desenho da coroa, as forças oclusais e o uso do dente tratado têm maior impacto na longevidade do dente restaurado. Os autores concluíram que a literatura indica a preservação da estrutura do dente como fator fundamental e que mais estudos avaliando cada fator devem ser realizados.

Em 2002 Heydecke e Peters compararam o desempenho clínico e *in vitro* de pinos e núcleos moldados com os núcleos diretos com pinos pré-fabricados em dentes unirradiculares. Dez estudos *in vitro* e seis *in vivo* foram revisados criticamente. Uma comparação das cargas de fratura nos estudos *in vitro* não revelou diferença significativa entre os pinos e núcleos fundidos e diretos. Os dados coletados mostraram que há diferença no comportamento da fratura associada aos dois tipos de tratamento. Em dois estudos a sobrevivência para pinos e núcleos fundidos variou entre 87,2 % e 88,1 %. Em um estudo a sobrevivência pinos pré-fabricados foi de 86,4 %. Com isso os autores puderam concluir que se a qualidade do tratamento for comparável, as restaurações diretas com pinos pré-fabricados podem reduzir o tempo e as atribuições financeiros do paciente.

Albuquerque *et al.* (2003) avaliaram o efeito de diferentes formas anatômicas e materiais de pinos na distribuição de tensões. Foram comparadas três formas de pinos (cônico, cilíndrico e cilíndrico em dois estágios) e em três materiais diferentes (aço inoxidável, titânio e fibra de carbono). A análise de tensão bidimensional foi realizada usando o Método dos Elementos Finitos, com carga estática de 100 N, aplicada a 45° de inclinação em relação à borda do incisivo. Concentrações de estresse na interface pino/dentina no lado palatino da raiz do dente apresentaram variações significativas para diferentes formas e materiais de

pinos. O tipo de material introduziu variações maiores nas concentrações de tensão, enquanto a forma dos pinos teve um impacto pequeno nas mesmas. Assim concluiu-se que o uso de pinos para restauração modifica substancialmente a distribuição das tensões, sendo o material do pino um fator importante. Para pinos de mesma forma, os pinos de fibra de carbono apresentaram menor nível de concentração de estresse.

Hayashi *et al.* (2006) testaram a hipótese nula de que não há diferença na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente com diferentes tipos de retentores intra-radulares e coroas totais. Quarenta e oito dentes humanos foram divididos aleatoriamente em oito grupos: dois grupos grandes de acordo com a carga a ser aplicada (obliqua de 45° e vertical de 90°); e quatro subgrupos menores, para cada grupo grande, de acordo com retentor utilizado (pinos de fibras, pinos pré-fabricados metálicos, pinos e núcleos metálicos fundidos e um grupo controle sem retentores). Todos os dentes foram restaurados com coroas totais fundidas e tiveram o ligamento periodontal simulado com um material a base de polivinilsiloxano. Ambas as cargas foram aplicadas em uma velocidade de 0,5 mm/min. Os resultados obtidos mostraram, após a análise estatística, que a comparação da resistência à fratura entre grupos com as mesmas restaurações e com diferentes tipos de carregamento indicou que a resistência contra a carga vertical foi significativamente maior do que a carga oblíqua nos três grupos pós-restauração, enquanto não houve diferença significativa entre os grupos de preparação da coroa e carga oblíqua.

Já em 2010, Cecchin *et al.* demonstraram que o comprimento do pino intra-radicular utilizado pode influenciar de forma direta na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente. Para isso avaliaram a resistência à fratura de raízes restauradas com pinos intra-radulares de diferentes comprimentos. Quarenta e sete incisivos bovinos, tiveram suas coroas seccionadas e comprimento radicular padronizado em 17 mm. Todos os espécimes foram tratados endodonticamente e divididos em três grupos experimentais de acordo com comprimento do pino: GI – 12 mm, GII – 8 mm e GIII – 4 mm. Em todos os grupos foram utilizados pinos de fibra de vidro, cimento resinoso, núcleos em resina composta e coroas metálicas. As amostras foram submetidas ao teste de resistência à fratura em uma máquina universal de ensaios, em um ângulo de 135° e velocidade de 0,5 mm/min, até a ocorrência da fratura. Os maiores valores de resistência a fratura foram obtidos

pelos grupos com 12 mm e 8 mm de comprimento do pino. Após a análise estatística pode observar que entre esses grupos não houve diferença estatisticamente significativa, entretanto ambos foram estatisticamente diferentes quando comparados com o grupo com 4 mm de comprimento de pino. Assim concluiu-se que o comprimento do pino intra-radicular influencia a resistência à fratura da raiz restaurada proteticamente.

Mangold e Kern (2011) observaram que resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente é dependente do número de paredes dentinárias coronais residuais, onde a colocação de um pino de fibra de vidro teve uma influência significativa na resistência à fratura, quando menos de 2 paredes da cavidade permaneceram. Os autores dividiram sessenta e quatro pré-molares tratados endodonticamente em quatro grupos de acordo com número de paredes coronais residuais: nenhuma parede coronária residual, uma parede coronária residual, duas paredes coronárias residuais e três paredes coronárias residuais. Os três grupos foram então divididos cada um em dois subgrupos de acordo com a presença ou não de retentor intra-radicular: restaurados com resina composta apenas e restaurados resina composta e pino de fibra de vidro. Em todos os espécimes foram cimentadas coroas metálicas com cimento de ionômero de vidro, e em seguida foram submetidos à ciclagem termomecânica (carga de 49 N para 1,2 milhões de ciclos – 5°C e 55°C com 30 s de permanência). Foi então realizado o teste de compressão com velocidade de 1 mm/min a uma angulação de 150°. Os resultados obtidos mostraram que a resistência à fratura diminuiu com número de paredes coronais residuais. Após a análise estatística pode-se observar que tanto o número de paredes residuais quanto a presença de retentor intra-radicular tiveram influência significativa na resistência à fratura; sendo apenas os grupos com nenhuma e apenas uma parede estatisticamente significantes.

Penelas *et al.* em 2015 avaliaram influência da espessura de cimento na resistência à fratura e na resistência de união em canais radiculares restaurados com pinos pré-fabricados reforçados por fibras. Cem incisivos foram divididos em dois grupos (n=50) de acordo com a resistência a ser analisada (resistência de união - BS e resistência à fratura - FR). Os cinquenta dentes de cada grupo foram igualmente distribuídos em cinco subgrupos (n=10) de acordo com o diâmetro do retentor a ser utilizado (WhitePost DC nº 0,5, nº 1, nº 2, nº 3, nº 4), levando assim a

cinco diferentes espessuras de cimento. Foi utilizado cimento resinoso para todos os espécimes. Nos espécimes do grupo de resistência à fratura o ligamento periodontal foi simulado com a utilização de uma camada acetato de 0,3 mm de espessura utilizando um plastificante a vácuo, em seguida os espécimes foram inclusos em tubos de PVC com resina acrílica para o teste de compressão. Os espécimes do grupo BS foram submetidos ao teste push out e os espécimes do grupo FR foram submetidos ao teste de compressão. Com resultados obtidos e após a análise estatística os autores puderam concluir que um pino de fibra quando bem adaptado (pouca espessura de cimento) no canal radicular resulta em maiores valores de resistência de união. No que diz respeito à resistência à fratura; a espessura de cimento demonstrou não ter influencia direta.

2.3 Dentes bovinos versus dentes humanos

Em 2003 Saleh e Taymour analisaram a validade do uso de dentes bovinos como substitutos de dentes humanos em testes adesivos. Quarenta dentes humanos e quarenta dentes bovinos foram divididos aleatoriamente em dois grupos de acordo com material restaurador: resina composta (20 dentes humanos e 20 dentes bovinos) ou cimento de ionômero de vidro modificado por resina (20 dentes humanos e 20 dentes bovinos). Os espécimes foram então subdivididos em subgrupos de acordo com teste que foram submetidos: teste de cisalhamento ou teste de tração. Após a análise estatística os resultados mostraram uma diferença altamente significativa entre as resistências ao cisalhamento e à tração do esmalte humano e bovino; entretanto equações de predição de regressão suportaram o uso de dentes bovinos como substitutos homólogos para dentes humanos em estudos de colagem de adesão.

Dutra-Correa *et al.* (2007) analisaram a densidade e o diâmetro dos túbulos dentinários em dentina bovina condicionada e não condicionada por microscopia eletrônica de varredura. Para isso foram examinadas as regiões externa, media e interna da dentina de trinta incisivos bovinos. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em dois grupos, um condicionado com ácido fosfórico 35% por 90 s; e o

outro não condicionado. Sulcos foram realizados com disco de carborundum a uma profundidade de 1 mm em três regiões: externa, média e interna. As amostras foram examinadas em microscópio eletrônico de varredura, sendo obtidas quinze micrografias para cada profundidade nos dois grupos, com uma ampliação de 2.500x. Para determinar a densidade tubular os túbulos dentinários foram contados. Para determinar o diâmetro tubular uma análise através do software "Sistemas de Processamento e Análise de Imagens - LEICA Q500 MC foi utilizado. Os resultados obtidos mostraram que os túbulos dentinários, em região externa, possuíam aproximadamente $5,21 \pm 0,64 \mu\text{m}$ de diâmetro, quando o condicionamento ácido foi realizado e aproximadamente $2,30 \pm 0,09 \mu\text{m}$, quando não condicionados. Em profundidade média os túbulos dentinários, de dentina bovina condicionada, apresentaram aproximadamente $4,62 \pm 0,37 \mu\text{m}$ de diâmetro e $1,93 \pm 0,11 \mu\text{m}$ de diâmetro em dentina não condicionada. Na região interna os túbulos eram mais estreitos do que nas outras regiões, apresentando aproximadamente $2,71 \pm 0,72 \mu\text{m}$ de diâmetro em amostras condicionadas e aproximadamente $1,77 \pm 0,06 \mu\text{m}$ de diâmetro nas amostras não condicionadas. A diferença no diâmetro dos túbulos em amostras condicionados revelou que a dentina peritubular possuía aproximadamente 1,45, 1,35 e $0,47 \mu\text{m}$ de espessura nas profundidades externa, média e interna, respectivamente. A análise das amostras não condicionadas mostrou que a espessura da dentina peritubular diminui drasticamente da região externa para a região interna. A densidade tubular foi calculada apenas nos espécimes condicionados. Os valores obtidos foram de $18,77 \pm 2,951$ por milímetro quadrado perto da junção dentino-esmalte, 29433 ± 2951 na região média, e $50,310 \pm 11,178$ perto da pré-dentina e polpa dentária. Com os dados obtidos foi possível se observar que o cone em forma de túbulo dentinário bovino possui sua base maior na extremidade externa, diferente daquela da dentina humana, cuja base maior está na extremidade pulpar. Além disso a espessura de dentina peritubular aumenta na dentina bovina externa, e quando em comparação com a dentina humana, se diferencia, pois nesta última a espessura da dentina peritubular parece ser uniforme em todo o túbulo dentinário. Assim os autores concluíram que a dentina bovina possui diferenças estruturais importantes, em comparação com a dentina humana. Dessa forma o uso da dentina bovina como substituto da dentina humana deve ser feito com cautela.

Tanaka *et al.* em 2008 analisaram comparativamente a densidade radiográfica de dentes bovinos e dentes humanos. Trinta dentes bovinos e vinte dentes humanos foram cortados em fatias, de 1 mm de espessura, que foram radiografadas em máquina de raios X intraoral com 65 kVp e 7 mA, tempo de exposição (0,08 s) e distância do sensor-alvo de 40 cm. As densidades radiográficas do esmalte, da dentina coronária e da dentina radicular de cada fatia foram obtidas separadamente, utilizando-se a ferramenta "histograma" do software Adobe Photoshop 7.0. A densidade radiográfica média foi calculada com pela média aritmética das fatias de cada dente para esmalte, dentina coronária e dentina radicular. A análise estatística demonstrou diferença estatisticamente significativa para as densidades do esmalte bovino e humano e para densidades da dentina coronária bovina e humana. Não foi observada diferença estatisticamente significativa para densidade de dentina radicular humana e bovina. Com base nesses dados os autores concluíram que a radiodensidade do esmalte bovino é significativamente maior do que a do esmalte humano, enquanto a radiodensidade da dentina coronária bovina é estatisticamente menor do que a da dentina coronária humana. No que diz respeito à densidade radiográfica da dentina radicular, esta é menos densa nos dentes bovinos quando comparada à dentes humanos, embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa.

Yassen *et al.* (2011) revisaram estudos *in vitro* que compararam diretamente o uso de dentes bovinos como substituto de dentes humanos em experimentos odontológicos. Foram selecionados artigos publicados de 1953 a 2010, que comparavam diretamente substratos humanos e bovinos. Sessenta e oito estudos preencheram os critérios de inclusão, abrangendo sete categorias: morfologia dentária, composição química, propriedades físicas, cárie dentária, erosão/abrasão dentinária, adesão/resistência adesiva e microinfiltração marginal. Com base na revisão os autores puderam concluir que os dados sobre o uso de dentes bovinos como substitutos adequados para dentes humanos são inconsistentes. A composição morfológica, química e as diferenças nas propriedades físicas entre os dois substratos devem ser considerados na interpretação de resultados obtidos em experimentos com dentes bovinos substituindo dentes humanos.

Em 2015 Teruel *et al.* compararam a composição química do esmalte e dentina de dentes humanos, bovinos, suínos e ovinos. Dessa forma, os autores

compararam a composição química dos dentes humanos com outras espécies de mamíferos que são candidatos prováveis para substituí-los em estudos que testam os materiais dentais. 100 fragmentos de dentes extraídos foram obtidos, sendo 100 de cada espécie. Análise elementar, análise termogravimétrica associada com espectrofotômetro de massa e análise com fluorescência foram realizadas. As análises mostraram que o esmalte e a dentina humanos possuem maior similaridade com o esmalte e a dentina bovina. Sendo assim, com base em sua composição química, os dentes bovinos devem ser a primeira escolha como substitutos para os dentes humanos na pesquisa.

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar, *in vitro*, a resistência à fratura e o padrão de fraturas, de dentes bovinos fragilizados que receberam reforço intra-radicular com pinos de fibra de vidro Rebuilda Post GT, Rebuilda Post e uma associação entre os dois sistemas, com intuito de estabelecer uma relação entre reforço intra-radicular e o aumento na resistência à fratura de dentes com fragilização simulada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento experimental e divisão dos grupos

Para esta pesquisa foram utilizados 80 dentes incisivos bovinos hígidos livres de qualquer tipo de lesão cervical (cárie, erosão ou abrasão), defeitos nas raízes ou tratamento endodôntico prévio. A seleção foi realizada de maneira que foram utilizados apenas dentes com raízes retas e diâmetro radicular na região cervical de $8 \pm 0,5$ mm. Os dentes foram divididos em oito grupos (n=10) de acordo com a presença ou não de preparo simulando fragilização e o tipo de reforço intraradicular utilizado (Quadro 1):

- a) Grupo SR/SF:– Sem preparo simulando fragilização e sem reforço intra-radicular;
- b) Grupo SR/F:– Com preparo simulando fragilização e sem reforço intraradicular;
- c) Grupo SF/GT: Sem preparo simulando fragilização e reforço intraradicular com Rebilda Post GT (VOCO, Cuxhaven, Alemanha);
- d) Grupo F/GT: Com preparo simulando fragilização e reforço intraradicular com Rebilda Post GT (VOCO, Cuxhaven, Alemanha);
- e) Grupo SF/RP: Sem preparo simulando fragilização e reforço intraradicular com Rebilda Post (VOCO, Cuxhaven, Alemanha);
- f) Grupo F/RP: Com preparo simulando fragilização e reforço intraradicular com Rebilda Post (VOCO, Cuxhaven, Alemanha);
- g) Grupo SF/GT+RP: Sem preparo simulando fragilização e reforço intraradicular com uma associação entre os pinos Rebilda Post GT e Rebilda Post (VOCO, Cuxhaven, Alemanha);
- h) Grupo F/GT+RP: Com preparo simulando fragilização e reforço intraradicular com uma associação entre os pinos Rebilda Post GT e Rebilda Post.

Quadro 1 – Grupos experimentais

Fragilização simulada	Retentor intra-radicular utilizado	Grupo
Ausente	Ausente	SF/SR
Presente	Ausente	F/SR
Ausente	Rebilda Post GT	SF/GT
Presente	Rebilda Post GT	F/GT
Ausente	Rebilda Post	SF/RP
Presente	Rebilda Post	F/RP
Ausente	Rebilda Post GT e Rebilda Post	SF/GT+RP
Presente	Rebilda Post GT e Rebilda Post	F/GT+RP

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Preparo dos dentes

Os dentes foram limpos por meio de raspagem radicular com curetas periodontais, armazenados em recipientes fechados contendo solução fisiológica e congelados até o momento do uso. Antes e durante o experimento, os dentes foram armazenados em condições úmidas (solução fisiológica), prevenindo sua desidratação, e seu manuseio foi sempre realizado com gaze úmida. Os dentes tiveram suas coroas seccionadas próximo ao nível da junção cimento-esmalte, com um disco de carborundum (Dentorium, São Paulo, SP, Brasil) e o comprimento padronizado em 16 mm.

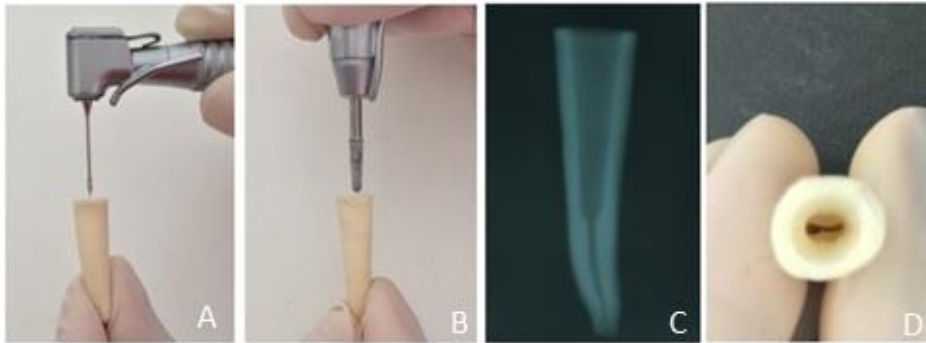
A remoção da polpa dental foi realizada com limas endodônticas do tipo Hedströen (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) nº 45. Os canais foram instrumentados até 1 mm aquém do ápice radicular com lima tipo Kerr (Maillefer - Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil) até a lima nº 80 da 2ª série da International Standartization Organization (ISO). Durante todo o preparo biomecânico, foram realizadas irrigações com solução de hipoclorito de sódio 1 % (Solução de Milton – Asper, Santa Maria, São Caetano do Sul, SP, Brasil), perfazendo um total de 10 mL.

Após todo preparo biomecânico foi realizada a limpeza final dos canais radiculares com EDTA trissódico a 17% (Biodinâmica Química e Farmaceutica Ltda, Ibiporã, PR, Brasil) por 3 minutos, seguido de lavagem com hipoclorito de sódio 1 % e soro fisiológico (Eurofarma laboratórios Ltda, São Paulo, SP, Brasil).

4.1.2 Preparo para fragilização

Para a ampliação dos terços cervical e médio das raízes, simulando um dente fragilizado, inicialmente os canais dos espécimes dos grupos F/SR, F/GT, F/RP e F/GT+RP foram alargados com brocas Gates-Glidden (AR Maillefer - Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil) n° 3, 4, 5 e 6 (Figura 1A). Após, as paredes dentinárias internas foram desgastadas com uma ponta diamantada para peça de mão (PM) em baixa rotação, de formato cônico arredondado 720 (Microdont, Monsey, New York, USA) (Figura 1B) até 9 mm no interior do canal radicular, deixando 7 mm apical. Este alargamento foi realizado até obter-se a espessura radicular remanescente de aproximadamente $2 \text{ mm} \pm 0,5$ (Figura 1D). Para comprovar esta espessura, tomadas radiográficas no sentido vestibulo-lingual (VL) (Figura 1C) e méso-distal (MD) foram realizadas. Para isto, as raízes foram posicionadas sobre uma película radiográfica (Agfa Dentus E-Speed - Heraeus Kulzer, Agua Branca, São Paulo, SP, Brasil) com auxílio de cera utilidade. Em seguida, o filme com a raiz posicionada foi colocado sobre uma superfície plana e o cone localizador do aparelho de raios X posicionado perpendicularmente ao filme e a raiz a uma distância de 10 cm. Para a tomada radiográfica, foi utilizado o aparelho de raios X Intraoral X-ray System 2200 (Kodak, Nova Iorque, EUA), As radiografias foram reveladas pelo método tempo/temperatura, fixadas, lavadas e secas.

Figura 1 – Preparo para fragilização



Legenda: a) Desgaste com broca Gates Glidden nº3; b) Desgaste com broca cônica arredondada PM 720; c) Comprovação radiográfica; d) Comprovação visual por vista incisal.
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.3 Obturação dos canais radiculares

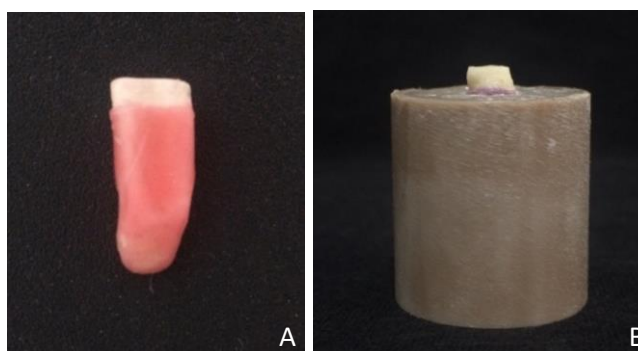
Exceto os espécimes do grupo SF/SR os canais radiculares foram obturados em toda a sua extensão radicular com cones de guta-percha (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil), técnica da condensação lateral ativa e cimento endodôntico (Selador AH Plus- Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil). Logo, após a obturação, foram removidos 12 mm do material obturador, nos terços cervical e médio da raiz, com auxílio de instrumental aquecido, deixando 4 mm de obturação no terço apical.

4.1.4 Preparo dos corpos de prova

Para simulação do ligamento periodontal as raízes foram imersas em cera utilidade derretida de modo que fiquem cobertas por uma fina camada (aproximadamente 0,2 mm) de cera derretida (Figura 2A). Em seguida os espécimes foram posicionados em cilíndricos de PVC padronizados, com 25 mm de diâmetro e 30 mm de altura que foram preenchidos com resina acrílica quimicamente ativada (JET Artigos Odontológicos Clássicos, Lapa, São Paulo, Brasil). Os espécimes foram mantidos em posição, com auxílio de um delineador, até a polimerização da

resina, salientando que 3 mm da porção coronária permaneceram externamente ao bloco (Figura 2B). Após esse processo as raízes foram removidas dos cilindros preenchidos e toda a cera foi removida do conjunto. A cavidade formada na resina acrílica pela raiz foi preenchida com silicona de adição (3M, Minnesota, EUA). Em seguida foi inserida a raiz, permitindo assim a adaptação da raiz no cilindro de resina com aproximadamente 0,2 mm de silicona entre a resina acrílica e a raiz, simulando o ligamento periodontal.

Figura 2 – Preparo dos corpos de prova



Legenda: a) espécime coberto com fina camada de cera (aproximadamente 0,2 mm) para simulação do ligamento periodontal; b) espécime sendo incluído em resina acrílica em cilindro de PVC.
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Reforço intra-radicular

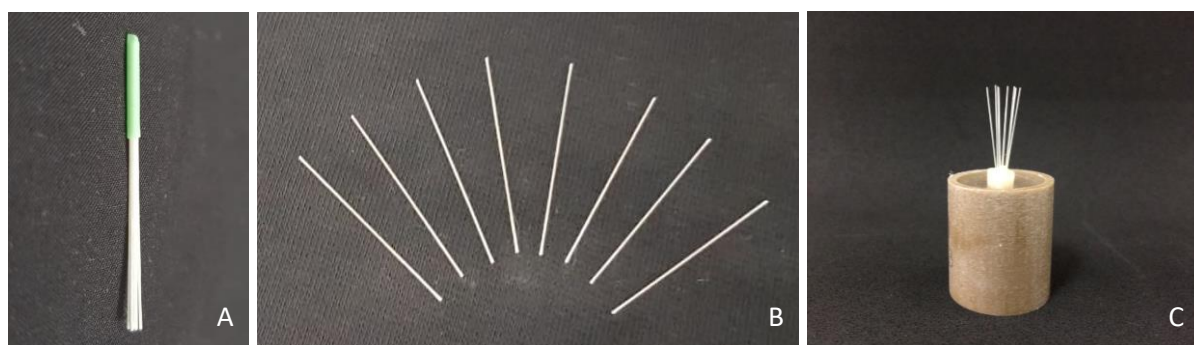
Os espécimes dos grupos SF/SR e F/SR não receberam qualquer tipo de reforço intra-radicular. Sendo assim esses espécimes tiveram seus canais radiculares preenchidos apenas com cimento Rebuilda DC (VOCO, Cuxhaven, Alemanha).

Para a cimentação do pino Rebuilda Post GT nos grupos SF/GT e F/GT os pinos utilizados como reforço intra-radicular foram os pinos do modelo Rebuilda Post GT (VOCO, Cuxhaven, Alemanha), tamanho verde, com nove pinos individuais, totalizando 1,2 mm de diâmetro (Figura 3A e 3B). O pino foi limpo com álcool (Itaja – Jalles Machado S/A, Goianésia, Goiás, Brasil), posicionado no canal e foi feita uma

radiografia de conferência, na qual foram observadas a adaptação e o posicionamento do pino no canal radicular. Após uma avaliação positiva, toda a limpeza dos canais foi feita de acordo com as instruções do fabricante. Sendo assim, os canais e os pinos foram lavados com álcool (Itaja – Jalles Machado S/A, Goianésia, Goiás, Brasil). Os canais foram secos com cones de papel (Tanari, Manacapuru, Amazonas, Brasil) e os pinos com jatos de ar. Foi aplicada uma fina camada de adesivo Ceramic Bond (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) nos pinos, que após 60 s foram secos com jato de ar. Nas raízes, foi aplicada uma fina camada de adesivo Futurabond U (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) no interior do canal radicular que, após 20 s, foram secos com jato de ar.

O cimento Rebilda DC (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) foi inserido no canal com auxílio do conjunto QuickMix seringa (VOCO, Cuxhaven, Alemanha), preenchendo todo o canal, no sentido ápico-cervical, de acordo com as instruções do fabricante. Foi aplicada, sobre o pino Rebilda Post GT, uma camada de cimento Rebilda DC, e em seguida este foi inserido no canal com movimentos leves de torção, também seguindo as orientações do fabricante. Após a inserção completa do pino a fita de lacre deste foi cortada e os excessos de pinos na região cervical foram removidos (Figura 3C). Os excessos de cimento foram removidos e foi feita uma fotopolimerização por 40 s com luz de Led (Valo, Ultradent Products, South Jordan, Utah, USA, intensidade de luz – 1400 mW/cm², comprimento de onda 395 nm – 480 nm).

Figura 3 – Pino Rebilda Post GT



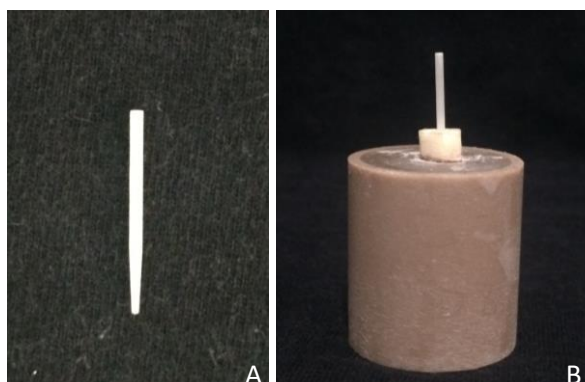
Legenda: a) pino Rebilda Post GT com lacre; b) pino Rebilda Post GT após a remoção do lacre; c) cimentação do pino Rebilda Post GT.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a cimentação do pino Rebilda Post nos grupos SF/RP e F/RP os pinos a serem utilizados como reforço intra-radicular foram os pinos do modelo Rebilda Post (VOCO, Cuxhaven, Alemanha), tamanho verde (Figura 4A), com 1,2 mm de diâmetro. O pino foi limpo com álcool (Itaja – Jalles Machado S/A, Goianésia, Goiás, Brasil), posicionado no canal e foi feita uma radiografia de conferência, na qual foram observadas a adaptação e o posicionamento do pino no canal radicular. Após uma avaliação positiva, toda a limpeza dos canais foi feita de acordo com as instruções do fabricante. Sendo assim, os canais foram lavados com hipoclorito de sódio 2,5% (Soda clorada – Asper, Santa Maria, São Caetano do Sul, SP, Brasil), e os pinos foram lavados com álcool (Itaja – Jalles Machado S/A, Goianésia, Goiás, Brasil). Os canais foram enxaguados com água e secos com cones de papel (Tanari, Manacapuru, Amazonas, Brasil) e os pinos foram secos com jatos de ar. Foi aplicada uma fina camada de adesivo Ceramic Bond (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) nos pinos, que após 60 s foram secos com jato de ar. Nas raízes, foi aplicada uma fina camada de adesivo Futurabond U (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) no interior do canal radicular que, após 20 s, foram secos com jato de ar.

O cimento Rebilda DC (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) foi inserido no canal com auxílio do conjunto QuickMix seringa (VOCO, Cuxhaven, Alemanha), preenchendo todo o canal, no sentido ápico-cervical, de acordo com as instruções do fabricante. Foi aplicada sobre o pino Rebilda Post uma camada de cimento Rebilda DC e em seguida este foi inserido no canal com movimentos leves de torção, também seguindo as orientações do fabricante. Após a inserção completa do pino os excessos de cimento foram removidos e foi feita uma fotopolimerização por 40 s com luz de Led (Valo, Ultradent Products, South Jordan, Utah, USA, intensidade de luz – 1400 mW/cm², comprimento de onda 395 nm – 480 nm) (Figura 4B).

Figura 4 – Pino Rebilda Post



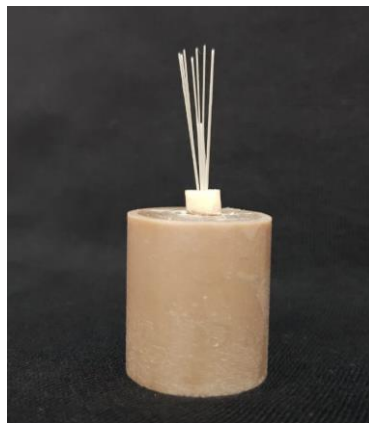
Legenda: a) pino Rebilda Post; b) cimentação do pino Rebilda Post.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a cimentação dos pinos Rebilda Post e Rebilda Post GT nos grupos SF/RP+GT e F/RP+GT os pinos utilizados como reforço intra-radicular foram os pinos do modelo Rebilda Post GT (VOCO, Cuxhaven, Alemanha), tamanho verde, com nove pinos individuais e 1,2 mm de diâmetro; e os pinos do modelo Rebilda Post (VOCO, Cuxhaven, Alemanha), tamanho verde, com 1,2 mm de diâmetro. Os pinos foram limpos com álcool (Itaja – Jalles Machado S/A, Goianésia, Goiás, Brasil). Foi posicionado no canal um pino por vez e feita uma radiografia de conferencia, na qual foram observadas a adaptação e o posicionamento de cada pino no canal radicular. Após uma avaliação positiva, toda a limpeza dos canais foi feita de acordo com as instruções do fabricante. Sendo assim, os canais e os pinos foram lavados com álcool (Itaja – Jalles Machado S/A, Goianésia, Goiás, Brasil). Os canais foram secos com cones de papel e os pinos com jatos de ar. Foi aplicada uma fina camada de adesivo Ceramic Bond (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) nos pinos, e após 60 s foram secos com jato de ar. Nas raízes, foi aplicada uma fina camada de adesivo Futurabond U (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) no interior do canal radicular que, após 20 s, foram secos com jato de ar.

O cimento Rebilda DC (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) foi inserido no canal com auxílio do conjunto QuickMix seringa (VOCO, Cuxhaven, Alemanha), preenchendo todo o canal, no sentido ápico-cervical, de acordo com as instruções do fabricante. Foi aplicada sobre o pino Rebilda Post GT uma fina camada de cimento Rebilda DC e em seguida este foi inserido no canal com movimentos leves

de torção, também seguindo as orientações do fabricante. Após a inserção completa do pino a fita de lacre deste foi cortada e os excessos de pinos na região cervical foram removidos. Neste momento no centro dos pinos Rebilda Post GT foi inserido, também com movimentos leves de torção, o pino Rebilda Post. Os excessos de cimento foram removidos e foi feita uma fotopolimerização por 40 s com luz de Led (Valo, Ultradent Products, South Jordan, Utah, USA, intensidade de luz – 1400 mW/cm², comprimento de onda 395 nm – 480 nm) (Figura 5).

Figura 5 – Associação dos pinos intra-radulares Rebilda Post GT e Rebilda Post



Legenda: Cimentação dos pinos Rebilda Post GT e Rebilda Post.
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.6 Teste de resistência à compressão

Para realização do teste de compressão os espécimes receberam reconstrução coronária com moldes de acetato, previamente confeccionados e padronizados, preenchidos com cimento Rebilda DC e fotopolimerizados por 40 s com luz de Led (Valo, Ultradent Products, South Jordan, Utah, USA, intensidade de luz – 1400 mW/cm², comprimento de onda 395 nm – 480 nm).

Os espécimes foram submetidos à força de compressão, a uma velocidade de 1 mm/min, até a fratura, na máquina de ensaios universais DL-2000MF (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Para a adaptação dos corpos-de-prova à máquina de ensaio, foi utilizado um dispositivo cilíndrico no qual o conjunto espécime-resina

acrílica foi encaixado. O encaixe neste dispositivo permitiu a fixação dos corpos-de-prova em uma inclinação de 45° (Figura 6). Em seguida, o dispositivo foi adaptado à base da máquina de ensaio. O ensaio mecânico foi realizado até a fratura do espécime. Após a fratura, a máquina registrou o valor máximo de resistência e estes dados obtidos foram anotados em fichas previamente formuladas.

Figura 6 – Espécime posicionado para o teste de compressão



Legenda: Espécime posicionado, com auxílio de dispositivo cilíndrico, a 45° para aplicação da força na máquina de ensaios universais DL-2000MF (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil).
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.7 Análise estatística

Os resultados obtidos foram tabelados e analisados através da Análise de Variância (ANOVA) uma vez que os dados apresentados foram correspondentes a valores numéricos, reais e contínuos para testar variações de tratamento em relação a grupos controles. A amostragem foi composta por 80 dados, adotando-se um índice de 95% de confiança na inferência. O teste foi realizado para dois fatores: grupos tratados x material utilizado, comparados aos grupos controles. Os resultados da ANOVA comprovaram diferenças significativas entre os grupos. Em seguida o teste de Tukey foi realizado para identificar essas diferenças.

5 RESULTADOS

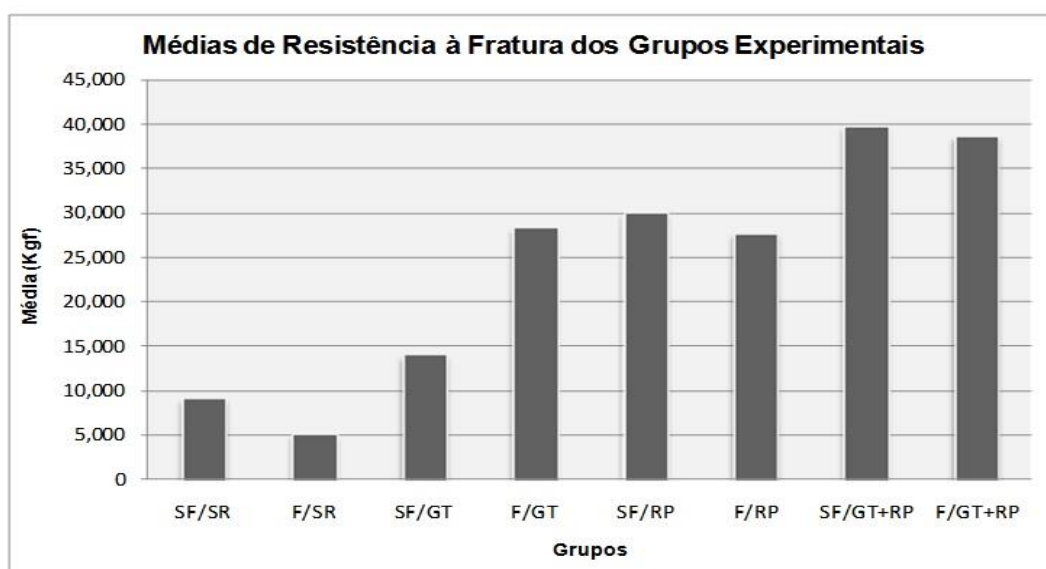
Os resultados referentes à resistência estrutural conferida por reforços intradiculares por meio do ensaio de compressão nos grupos obteve-se a Tabela 1, com as médias e desvio-padrão para cada grupo, e a Figura 7 que apresenta o gráfico das médias de resistência à fratura para cada grupo.

Tabela 1 – Valores das médias de resistência à fratura e desvio-padrão para cada grupo

GRUPO	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO
SF/SR	9,157	2,81747
F/SR	5,045	2,73204
SF/GT	14,032	2,44592
F/GT	28,303	2,14055
SF/RP	29,986	6,30741
F/RP	27,727	8,45647
SF/GT+RP	39,783	12,1315
F/GT+RP	38,65	9,65539

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 – Gráfico das médias de resistência à fratura dos grupos experimentais



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado ANOVA mostrou que o valor de p-nível neste caso apresentou diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$) (Tabela 3). A seguir, para identificar essas diferenças utilizou-se o teste de Tukey para comparações múltiplas (Tabela 4).

Tabela 2 - Resultados da Análise de Variância a dois fatores (ANOVA) para o ensaio de resistência à fratura das raízes

Graus de Liberdade Efeito	Quadrado Médio Efeito	Graus de Liberdade Erro	Quadrado Médio Erro	F	(p)
3	1077,54	72	3398,96	7,6085	0,0001*

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 – Teste de TUKEY para comparações múltiplas

GRUPOS	MÉDIA	GRUPOS HOMOGÊNEOS*		
F/SR	5,045	A		
SF/SR	9,157	A		
SF/GT	14,032	A		
F/RP	27,727	B		
F/GT	28,303	B		
SF/RP	29,986	B	C	
F/GT+RP	38,650		C	D
SF/GT+RP	39,783			D

*Grupos identificados com a mesma letra não apresentaram diferenças significativas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 4, é apresentado o padrão de fratura que ocorreu nos grupos experimentais.

Tabela 4 – Padrão de fratura observado para os grupos experimentais

GRUPO	SF/SR	F/SR	SF/GT	F/GT	SF/RP	F/RP	SF/GT + RP	F/GT+ RP
PADRÃO DE FRATURA								
Flexão ou fratura do pino e/ou porção coronária do núcleo, com deslocamento parcial da coroa	8 (80%)	6 (60%)	4 (40%)	4 (40%)	7 (70%)	6 (60%)	4 (40%)	6 (60%)
Fratura oblíqua, estendendo-se até o terço cervical da raiz	2 (20%)	-	4 (40%)	1 (10%)	1 (10%)	3 (30%)	2 (20%)	3 (30%)
Fratura oblíqua, estendendo-se até o terço médio da raiz	-	4 (40%)	2 (20%)	4 (40%)	2 (20%)	1 (10%)	4 (40%)	1 (10%)
Fratura longitudinal da raiz	-	-	-	1 (10%)	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 5 demonstra a porcentagem de espécimes, em cada um dos grupos, nos quais ocorreu um padrão de fratura favorável e aqueles onde a fratura foi do tipo desfavorável. Considerou-se como fratura desfavorável (irreparável) quando as raízes exibiram fraturas verticais ou oblíquas estendendo-se abaixo da crista óssea (*in vitro* corresponde à fraturas abaixo do nível ósseo simulado). Como fraturas favoráveis (reparáveis) considerou-se aquelas em que ocorreram ao nível ou acima da crista marginal (*in vitro* corresponde à fraturas acima do nível ósseo simulado), permitindo a conservação do remanescente dentário. Ainda, foram consideradas como favoráveis fraturas apenas da porção coronária do núcleo.

Tabela 5 – Porcentagem de espécimes com padrão de fratura favorável ou; desfavorável em cada grupo

PADRÃO DE FRATURA \ GRUPO	SF/SR	F/SR	SF/GT	F/GT	SF/RP	F/RP	SF/GT+ RP	F/GT + RP
Favorável	100%	60%	80%	50%	80%	90%	60%	90%
Desfavorável	-	40%	20%	50%	20%	10%	40%	10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme representado na Tabela 4 o grupo SF/SR não apresentou fraturas verticais ou oblíquas estendendo-se até o terço médio da raiz. O tipo de fratura mais usual neste grupo foi à fratura ou flexão do pino e/ou porção coronária do núcleo, seguido pela fratura ao nível do terço cervical da raiz.

O grupo F/SR foi o único grupo que não apresentou falhas ao nível do terço cervical da raiz. Neste grupo a maioria das falhas ocorreu por fratura ou flexão do pino e/ou porção coronária do núcleo seguido pela fratura ao nível do terço médio da raiz.

Os grupos que receberam como reforço intra-radicular pino de fibra de vidro Rebuilda Post GT (SF/GT e F/GT) apresentaram a mesma porcentagem por fratura ou flexão do pino e/ou porção coronária do núcleo (40%). No grupo não fragilizado (SF/GT) o segundo padrão de fratura com maior porcentagem de ocorrência foi de falhas ao nível do terço cervical da raiz (40%), seguido pelo padrão de fratura ao nível do terço médio da raiz (20%). Entretanto no grupo fragilizado (F/GT) o segundo padrão de fratura com maior porcentagem de ocorrência foi de fratura ao nível do terço médio da raiz (40%), seguido pela fratura ao nível do terço cervical da raiz (10%). Este também foi o único grupo que apresentou um padrão de fratura longitudinal da raiz (10%).

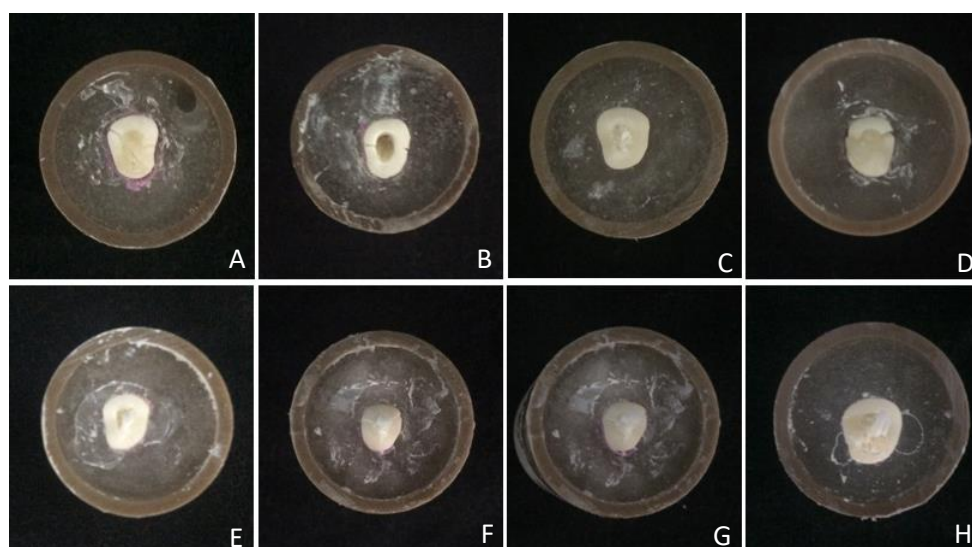
Nos grupos reforçados com Rebuilda Post, o grupo SF/RP apresentou 70% de suas falhas por fratura ou flexão do pino e/ou porção coronária do núcleo, 10% de falhas por fratura ao nível do terço cervical e 20% de falhas por fratura ao nível do terço médio da raiz. Já no grupo F/RP 60% das falhas foram por fratura ou flexão

do pino e/ou porção coronária do núcleo, 30% foram por fratura ao nível do terço cervical e apenas 10% foram por fratura ao nível do terço médio da raiz.

Finalmente nos grupos onde a associação entre os pinos Rebuilda Post e Rebuilda Post GT foi utilizada; o grupo SF/GT+RP apresentou a mesma porcentagem de falhas por fratura ou flexão do pino e/ou porção coronária do núcleo e por fratura ao nível do terço cervical (40% cada), e uma menor porcentagem de falhas por fratura ao nível do terço médio da raiz (20%). Por outro lado, o grupo F/GT+RP concentrou a maior quantidade de falhas por fratura ou flexão do pino e/ou porção coronária do núcleo (60%), seguido de 30% de falhas por fratura ao nível do terço cervical e 10% de falhas por fratura ao nível do terço médio da raiz.

A Figura 8 ilustra um espécime representativo de cada grupo, após o teste de compressão e fratura dos espécimes.

Figura 8 – Espécime representativo de fratura em cada um dos grupos



Legenda: a) Grupo SF/SR; b) Grupo F/SR; c) Grupo SF/GT; d) Grupo F/GT; e) Grupo SF/RP f) Grupo F/RP; g) Grupo SF/GT+RP; h) Grupo F/GT+RP.
Fonte: Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO

Seja por lesões extensas de cárie, iatrogenias durante o tratamento endodôntico ou rizogênese incompleta, raízes com condutos excessivamente alargados apresentam-se como um problema clínico uma vez que a fragilidade de suas paredes dentinárias tornam-nas muito suscetíveis a fratura (Sedgley, Messer, 1992; Katebzadeh *et al.*, 1998; Oliveira, 2001). Visando evitar sua perda precoce, a utilização de técnicas que adicionem, de alguma forma, um reforço estrutural a estas raízes debilitadas, têm sido extensivamente estudadas (Lui, 1987, 1994; Hornbrook, Hastings, 1995; Kimmel, 2000).

Desde a década de 80, observa-se que a restauração com núcleos e técnicas convencionais em raízes com alargamento excessivo do canal radicular torna-se improvável ou até mesmo em alguns casos inviável. Devido à adaptação imprecisa de pinos pré-fabricados e o efeito cunha decorrente da utilização de núcleos metálicos fundidos, o desenvolvimento de técnicas que forneçam um adequado reforço para essas raízes é fundamental (Lui, 1987, 1994; Hornbrook, Hastings, 1995; Kimmel, 2000).

O estudo Stuart *et al.*, em 2006 demonstrou que a avaliação da espessura da parede dentinária deve ser uma importante consideração durante o procedimento restaurador; onde em casos que o diâmetro do canal radicular é maior que 1,5 mm mais estudos são necessários em respeito à materiais restauradores que forneçam reforço radicular à estas raízes fragilizadas.

Frente a um prognóstico desfavorável em longo prazo nestes casos, a maioria dos clínicos escolhe a exodontia como forma de tratamento (Lui, 1994). Dessa maneira, um sistema de núcleos com características físico-mecânicas similares às da dentina, que possam reforçar condutos radiculares excessivamente alargados torna-se essencial à prática clínica (Rovatti *et al.*, 1994; Duret *et al.*, 1996; Freedman, 1996; Isidor *et al.*, 1996; Freilich, 2000; Kimmel, 2000).

Na literatura diversos autores sugerem que a utilização de materiais que possuam características semelhantes as da dentina poderiam conferir um reforço verdadeiro à estrutura dentária remanescente (Rovatti *et al.*, 1994; Duret *et al.*, 1996; Freedman, 1996; Isidor *et al.*, 1996; Freilich, 2000; Kimmel, 2000). Ainda, em alguns

casos, a utilização de materiais menos rígidos que a dentina gera menor transferência de estresse para as estruturas radiculares remanescentes, além do fato de que nestes casos o risco de fratura do pino é maior do que o risco de fratura da raiz (Stewardson, 2001; Eskitascioglu *et al.*, 2002).

No desenvolvimento de materiais que possam ser utilizados como reforço estrutural ao remanescente dentário, a fabricação de pinos intra-radulares passou por consideráveis alterações a partir da década de 90, onde materiais muito rígidos, como ouro, titânio e aço inoxidável, deixaram de ser utilizados, para que materiais com características mais flexíveis, como os pinos de resina reforçados por fibras, ganhassem um destaque maior na prática clínica. Neste contexto os pinos de resina reforçados por fibras de carbono foram os primeiros a serem lançados no mercado, seguidos dos pinos de fibras de vidro e os pinos de fibra de polietileno (Karna, 1996; Mannocci *et al.*, 1998; Sirimai *et al.*, 1999; Freilich, 2000; Kimmel, 2000; Terry, Triolo, 2001; Akkayan, Gülmez, 2002; Eskitascioglu *et al.*, 2002).

Na atualidade o uso de pinos de fibras na prática clínica é freqüente. A revisão de literatura apresentada nesta dissertação expôs o conhecimento atual sobre a resistência à fratura de sistemas de pinos de fibra pré-fabricados, assim como estudos comparativos entre pinos pré-fabricados reforçados por fibras e outros sistemas de núcleos (núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados metálicos.)

A seleção de pinos de resina reforçados por fibras apresentam-se como principal alternativa a pinos metálicos pré-fabricados ou núcleos metálicos fundidos (Goracci *et al.*, 2005). Isso se dá, em grande parte, devido ao seu módulo de elasticidade similar ao da dentina, bem como sua capacidade de adesão à estrutura dentária (Mannocci *et al.*, 1999; Ferrari *et al.*, 2000; Cormier *et al.*, 2001; Akkayan, Gülmez, 2002; Monticelli *et al.*, 2003; Mitsui *et al.*, 2004; Naumann *et al.*, 2005). Estudos clínicos e laboratoriais demonstraram que graças a essa similaridade, um padrão de falhas favoráveis é comum a todos os pinos de fibras (vidro, quartzo, carbono e polietileno); ocorrendo nestes casos a ausência de fraturas radiculares ou apenas a fratura do próprio pino (Freedman, 1996; Martinez-Insua *et al.*, 1998; Sirimai *et al.*, 1999; Ferrari *et al.*, 2000; Cormier *et al.*, 2001; Monticelli *et al.*, 2003; Naumann *et al.*, 2005.). Além disso, no que diz respeito a resistência à fratura, os pinos de fibras apresentam valores adequados (Cormier *et al.*, 2001; Akkayan, Gülmez, 2002; Mitsui *et al.*, 2004).

A seleção de dentes bovinos para o desenvolvimento deste estudo apresenta-se como uma opção adequada para simular situações clínicas de dentes tratados endodonticamente, especialmente pela simulação de condutos alargados excessivamente. Nestes casos, mais especificamente, onde são necessárias raízes largas para permitir o preparo do conduto com brocas de maior diâmetro. Além disso, dentes bovinos foram utilizados devido às dificuldades na obtenção de dentes humanos e aos problemas éticos relacionados. Ainda, a utilização destes dentes viabilizou uma padronização da amostra, que foi previamente selecionada, a fim de se obter um conjunto de elementos semelhantes anatomicamente. Diversos autores sugerem a utilização de dentes bovinos para pesquisas *in vitro* (Anido *et al.* 2012; Campos *et al.*, 2008). Anido *et al.* (2012) compararam a resistência adesiva da dentina humana e bovina, frente ao teste de cisalhamento, e concluíram que a dentina bovina pode ser empregada em estudos laboratoriais. Em 2015, Teruel *et al.* compararam a composição química do esmalte e dentina de dentes humanos, bovinos, suínos e ovinos; e identificaram os dentes bovinos como primeira escolha como substitutos para os dentes humanos em pesquisas laboratoriais.

De maneira ideal retentores intra-radulares devem ser utilizados em dentes tratados endodonticamente diante da presença de remanescente coronário, obtendo-se o efeito férula e conseqüentemente diminuindo o efeito cunha. Diferentes estudos propõem alturas mínimas de remanescentes coronários (Sorensen, Engelman, 1990; Milot, Stein, 1992; Libman, Nicholls, 1995). A literatura mostra uma íntima relação entre a resistência de dentes endodonticamente tratados com mínima quantidade de remanescente dentário e as propriedades mecânicas do material do núcleo utilizado (Raygot *et al.*, 2001). Neste estudo os dentes tiveram suas coroas seccionadas próximo ao nível da junção cimento-esmalte, eliminando qualquer remanescente coronário, a fim de se aproximar ao máximo possível de uma situação clínica de grande fragilidade radicular.

No que se diz respeito ao preparo do conduto radicular para simulação de raízes fragilizadas, não há um protocolo padronizado, ou seja, um consenso entre diversos estudos presentes na literatura. Assim, a forma de preparo utilizada neste estudo foi baseada em pesquisas anteriores que trabalharam com simulações de raízes debilitadas (Carvalho *et al.*, 2005). Após o preparo biomecânico do canal radicular, foi realizado um desgaste inicial com brocas Gates-Glidden nº 3, 4, 5 e 6.

Em seguida foram utilizadas pontas diamantadas, de formato cônico arredondado, 720 e, de formato cônico plano, 82, até 9 mm no interior do canal radicular. A conicidade e o diâmetro destas brocas permitiram ampliar o terço cervical e médio do canal radicular até obter-se a espessura radicular remanescente de aproximadamente 2 mm \pm 0,5. O preparo do conduto com 9 mm de profundidade foi adotado por corresponder a aproximadamente 2/3 do remanescente dentário e ainda permitir a manutenção de 4 mm da obturação radicular.

O teste de compressão foi realizado por uma máquina de ensaios universais DL-2000MF (EMIC) semelhante à usada por De Oliveira *et al.* (2008) e Zogheib *et al.* (2011). A velocidade usada para a compressão foi definida em 1mm/min baseando-se no fato de que velocidades maiores poderiam causar impacto (Katebzadeh *et al.*, 1998) e não compressão, fraturando os dentes ao primeiro impacto. Neste contexto, optou-se pela compressão com baixa velocidade para garantir uma maior precisão no processo de avaliação da resistência.

Com auxílio de um dispositivo, os espécimes foram posicionados em um ângulo de 45° em relação ao plano horizontal, possibilitando assim que a carga de compressão fosse incidida em um ângulo de 135° com longo eixo da raiz. Esta angulação foi adotada, pois permite a simulação do contato do dente antagonista em relação oclusão de classe I.

O presente estudo teve como principal interesse avaliar o efeito da utilização de dois sistemas de pinos de fibra de vidro sobre a resistência à fratura de dentes endodonticamente tratados e com fragilização radicular. Nestas condições, o grupo SF/GT+RP, sem fragilização radicular e restaurado com uma associação de dois pinos de fibra de vidro, Rebilda Post e Rebilda Post GT, foi o grupo que alcançou os maiores valores de resistência à fratura (39,783 kgf), seguido do grupo F/GT+RP, grupo com fragilização radicular e também restaurado com uma associação de dois pinos de fibra de vidro, Rebilda Post e Rebilda Post GT, com média de 38,65 kgf. Os grupos que atingiram os menores valores foram o grupo SF/SR (espécimes sem fragilização e conduto radicular preenchido apenas com cimento resinoso) com média de 9,17 kgf e o grupo F/SR (espécimes com fragilização radicular simulada e conduto radicular preenchido apenas com cimento resinoso) com média de 5,045 kgf. Tal diferença de resistência pode ser explicada pela ausência de retentores intra-radulares nos grupos SF/SR e F/SR, quando comparados ao demais. Em um

patamar intermediário, localizaram-se o SF/RP (29,986 kgf) e F/RP (27,727 kgf), ambos restaurados com pino de fibra de vidro único, Rebilda Post, sem e com simulação de fragilização radicular respectivamente. Ainda é possível se observar uma diferença entre os valores médios de resistência entre dos grupos SF/SR, SF/RP, e SF/GT+RP e os grupos F/SR, F/RP e F/GT+RP, o que pode ser explicada pela maior quantidade de remanescente dentinário presente nos primeiros grupos, identificados com a sigla SF, em relação aos demais, identificados com pela letra F, onde as raízes foram fragilizadas. A mesma justificativa não pode ser utilizada para explicar um valor numérico médio cerca de 50,42% maior do grupo F/GT (grupo com raízes fragilizadas) em relação ao grupo SF/GT (grupo sem fragilização radicular).

Após os valores de resistência à fratura terem sido submetidos à Análise de Variância a um critério (ANOVA), ficou demonstrado que existia diferença estatisticamente significativa entre os grupos (Tabela 3). O teste de Tukey permitiu a identificação desta diferença entre os grupos. Os grupos sem reforço intra-radicular e o grupo com reforço intra-radicular com pino Rebilda Post GT e sem fragilização foram semelhantes entre si e diferentes dos demais grupos com reforço intra-radicular. Os grupos com fragilização radicular e reforço intra-radicular foram semelhantes entre si e ao grupo sem fragilização e restaurado com pino único, Rebilda Post, com exceção do grupo fragilizado e restaurado com uma associação entre dois pinos, Rebilda Post e Rebilda Post GT, que se apresentou semelhante ao grupo sem fragilização e restaurado com pino único e ao grupo sem fragilização e reforço intra-radicular com associação entre os dois pinos; que por fim se apresentou semelhante apenas ao este. Estes dados coincidem com a maioria dos resultados encontrados na literatura, onde grupos com maior quantidade de remanescente dentinário envolvendo um pino intra-radicular apresentaram maiores valores de resistência à fratura (Tjan, Whang, 1985; Bonilla, 2001; Marchi *et al.*, 2003; Newman *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2005). Por outro lado, alguns estudos na literatura como os de Martins (1995) e Kaizer (2003), concordam com os resultados apresentados pelos grupos F/GT e SF/GT, também desta pesquisa, onde raízes com condutos alargados (F/GT) apresentaram valores de resistência à fratura maiores quando comparados aos valores de resistência à fratura do grupo com condutos não alargados (SF/GT), ou seja, com maior quantidade de remanescente dentinário. Tal resultado pode ser justificado pelo maior volume de cimento resinoso

utilizado no preenchimento das raízes fragilizadas quando comparadas ao grupo com raízes não fragilizadas. O maior volume deste material pode ter otimizado os valores de resistência em virtude de suas características positivas. Viotti *et al.* (2014), mostraram que o cimento resinoso Rebilda DC e o adesivo auto-condicionante Futurabond DC, utilizados nesta pesquisa, proporcionaram adequado valor de resistência de união, uma vez que este sistema promove um maior embricamento micro-mecânico com a dentina quando comparado a cimentos auto-adesivos. De acordo com Castellan *et al.* (2010), a resistência de união à dentina radicular é de fundamental importância para a longevidade da estrutura dental restaurada.

Em uma análise mais detalhada dos valores de resistência à fratura, observou-se que, apesar de todos os esforços realizados em cada um dos processos para garantir a precisão e padronização das técnicas aplicadas houve variabilidade dos resultados obtidos dentro de um mesmo grupo. Este contexto pode ser explicado por variações inerentes à utilização de técnicas adesivas muito sensíveis, onde variações na distribuição do cimento nos condutos alargados, bem como diferenças na quantidade de micro-bolhas ou lacunas no cimento. Além disso, nos grupos SF/GT+RP e F/GT+RP, houve dificuldade em padronizar e manter a distribuição dos pinos que compõe o sistema Rebilda Post GT ao se inserir o pino único Rebilda Post no centro do canal radicular.

Os resultados obtidos permitem afirmar que o pino Rebilda Post, bem como sua associação com sistema Rebilda Post GT, testados nesta pesquisa apresentaram resistência suficiente para enfrentar os esforços mastigatórios, dado que a força de mordida na região anterior varia entre 17 a 27 kgf (Mannocci *et al.*, 1999, Strub *et al.*, 2001), na condição de atividade funcional normal. No que diz respeito ao sistema Rebilda Post GT, também avaliado nesta pesquisa, sua utilização de forma única, sem associação com pino único, apresentou resistência à fratura suficiente para enfrentar esforços mastigatórios em situações habituais apenas na condição de raiz não fragilizada (F/GT).

Na literatura um estudo de Marchi *et al.* (2003), mostrou, sob condições semelhantes de comprimento e fragilização radicular, valores de resistência à fratura em grupos restaurados com resina composta e pinos de aço (39,29 kgf) semelhantes aos resultados apresentados pelos grupos restaurados com uma

associação entre dois sistemas de pinos de fibra de vidro deste estudo (38,65 kgf).

Semelhantemente ao grupo F/GT+RP deste estudo, Bonfante *et al.* em 2007, avaliaram a resistência a fratura em um grupo de caninos com raízes fragilizadas restaurados com um associação entre um pino de fibra de vidro e pinos de fibra de vidro acessórios. Entretanto, apesar da similaridade nas condições de comprimento e fragilização radicular, os valores de resistência a fratura obtidos nesta pesquisa (38,65 kgf) foram relativamente menores quando comparados a pesquisa citada (93,88 kgf). Isto pode ser explicado pelo fato de que os pinos acessórios utilizados por Bonfante, e comumente utilizados na prática clínica, possuem diâmetro variável e maior quando comparados ao diâmetro de cada pino de fibra de vidro que compõe o sistema Rebuilda Post GT utilizado no presente estudo.

Braz *et al.* (2005), Felipe *et al.* (2001) e Bonfante *et al.* (2007) elegem uma combinação entre um pino de fibra de vidro e pinos de fibra de vidro acessórios como método de escolha para reforçar raízes debilitadas. O presente estudo concorda com essa afirmativa uma vez que apresenta valores de resistência à fratura adequados para a associação entre o pino de fibra de vidro Rebuilda Post e o pino de fibra de vidro Rebuilda Post GT, que assumiu comportamento semelhante aos pinos acessórios utilizados nas pesquisas apresentadas.

Observando os terços radiculares (cervical, médio e apical) a localização das fraturas ocorreu de forma semelhante em todos os grupos, onde a maioria das falhas foram nos terços cervical e médio (Tabela 5). Esse resultado pode-se justificar na proximidade entre os módulos de elasticidade do pino de fibra de vidro e da dentina. Isto ainda pode ser utilizado para explicar alta porcentagem de fraturas favoráveis nos grupos controles (SF/SR e F/SR), preenchidos apenas com cimento resinoso (100% e 60% respectivamente), uma vez que a proximidade entre módulos de elasticidade também ocorre entre o cimento resinoso e a dentina (Pest *et al.*, 2002). Ainda considerando-se a localização exata das fraturas, com exceção dos grupos com a associação entre os dois pinos, a ocorrência de fraturas mais profundas foi maior nos grupos fragilizados, caracterizando-os com conseqüente pior prognóstico restaurador. Este resultado corrobora com os resultados de Zogheib *et al.* (2008) encontrados na literatura.

Os adequados valores de resistência e o padrão de fratura favorável dos

grupos F/GT, SF/RP, F/RP, SF/GT+RP e F/GT+RP, demonstram que as técnicas aplicadas apresentam-se como alternativas restauradoras viáveis de tratamento tanto para casos de condutos excessivamente alargados quanto para casos de condutos com diâmetro menor; mantendo sua maior viabilidade na manutenção do elemento dentário e evitando sua exodontia precoce. No entanto, os resultados apresentados neste estudo devem ser cuidadosamente interpretados uma vez que no laboratório o controle sobre todas as técnicas utilizadas é mais fácil e preciso quando comparado as condições intra-orais. Condições como contato com umidade, presença de hábitos parafuncionais e variações na quantidade de remanescente coronário podem afetar a integridade dos resultados a longo prazo. Dessa forma, faz-se necessários mais estudos de acompanhamento clínico longitudinal confirmando a viabilidade das técnicas e materiais utilizados neste estudo como forma de reforço a raízes com condutos excessivamente alargados.

7 CONCLUSÃO

Frente às proposições apresentadas, com base nos resultados obtidos e após a análise estatística, levando em consideração os limites de um teste laboratorial, pôde-se concluir que:

- os dentes fragilizados que não receberam nenhum tipo de reforço intra-radicular apresentaram menor resistência à fratura;
- dentes com fragilização radicular foram significativamente menos resistentes que os não fragilizados;
- a utilização de reforços intra-radulares: pino de fibra de vidro Rebuilda Post e Rebuilda Post GT, aumentou significativamente a resistência à fratura de dentes com fragilização radicular;
- os dentes reconstruídos com pino de fibras de vidro, independente da técnica aplicada, apresentaram padrão de fratura variado, entretanto nunca ultrapassando 50% de fraturas desfavoráveis.

REFERÊNCIAS*

Akkayan B, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent.* 2002 Apr;87(4):431-7. PubMed PMID:12011860.

Albuquerque RC, Polleto LT, Fontana RH, Cimini CA. Stress analysis of an upper central incisor restored with different posts. *J Oral Rehabil.* 2003 Sep;30(9):936-43. PubMed PMID: 12950976.

Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol.* 2002 Jun;18(3):134-7. PubMed PMID: 12110105.

Anido AA, Goncalves SEP, Padilha RQ. Human and bovine dentin. Shear bond strength on three different thickness. *J Dent Res.* 2002;81:B116.

Baraban DJ. The restoration of endodontically treated teeth: an update. *J Prosthet Dent.* 1988 May;59(5):553-8. PubMed PMID:3290449.

Barjau-Escribano A, Sancho-Bru JL, Forner-Navarro L, Rodríguez-Cervantes PJ, Pérez-González A, Sánchez-Martín FT. Influence of prefabricated post material on restored teeth: fracture strength and stress distribution. *Oper Dent.* 2006 Jan-Feb;31(1):47-54.doi:10.2341/04-169.

Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, do Valle AL. Fracture strength of teeth with flared root canals restored with glass fiber posts. *Int Dent J.* 2007;57(3):153-60. PubMed PMID: 17695735.

Bonilla MEG. Avaliação da resistência à fratura transversal de raízes amplamente destruídas reconstruídas com núcleos [dissertação]. Bauru (SP): Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Odontologia de Bauru; 2001.

Boschian-Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts:push-out tests and SEM observations. *Dent Mater.* 2002 Dec;18(8):596-602. PubMed PMID: 12385901.

Braz R, Conceição AAB, Conceição EN, Loretto SC, Lyra AMVC, Silva AKS. Evaluation of reinforcement materials used on filling of roots [abstract 1733]. *J Dent Res.* 2005 Mar;84(Spec N^o):112.

Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont.* 2008 Jul-Aug;21(4):328-36. PubMed PMID: 18717092.

* Baseado em: International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [atualizado 04 nov 2015; acesso em 25 jan 2017]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

Campos MIC, Campos CN, Vitral RWF. The Use of Bovine Teeth as a Substitute for Human Teeth in Dentistry Research: A Review of the Literature. *Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr*. 2008 Jan/Abr; 8(1):127-132. doi: 10.4034/1519.0501.2008.0081.0023

Castellan CS, Santos-Filho PC, Soares PV, Soares CJ, Cardoso PE. Measuring bond strength between fiber post and root dentin: a comparison of different tests. *J Adhes Dent*. 2010, Dec;12(6):477-85. doi: 10.3290/j.jad.a17856. PubMed PMID: 20157648.

Carvalho CAT, Valera MC, Oliveira LD, Camargo CHR. Structural resistance in immature teeth using root reinforcements in vitro. *Dent Traumatol*. 2005 Jun;21: 155–9. doi:10.1111/j.1600-9657.2005.00312.x

Cecchin D, Farina AP, Guerreiro CA, Carlini-Júnior B. Fracture resistance of roots prosthetically restored with intra-radicular posts of different lengths. *J Oral Rehabil*. 2010 Feb;37(2):116-22. doi: 10.1111/j.1365-2842.2009.02028.x.

Clavijo VGR, Souza NC, Andrade MF, Susin AH. Pinos Anatômicos uma nova perspectiva clínica. *Rev Dental Press Estét*. 2006 Jul-Set;3(3):100-21.

Coelho CS, Biffi JC, Silva GR, Abrahão A, Campos RE, Soares CJ. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts. *Dent Mater J*. 2009 Nov;28(6):671-8. PubMed PMID: 20019417.

Cormier CJ, Burns DR, Moon P. In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthodont*. 2001 Mar;10(1):26-36. PubMed PMID: 11406793.

De Oliveira JA, Pereira JR, Lins do Valle A, Zogheib LV. Fracture resistance of endodontically treated teeth with different heights of crown ferrule restored with prefabricated carbon fiber post and composite resin core by intermittent loading. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008 Nov;106(5):e52-7. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.06.015.

Dikbas I, Tanalp J, Koksall T, Yalnız A, Güngör T. Investigation of the effect of different prefabricated intracanal posts on fracture resistance of simulated immature teeth. *Dent Traumatol*. 2014 Feb;30(1):49-54. doi: 10.1111/edt.12034.

Duret B, Duret F, Reynaud M. Long-life physical property preservation and postendodontic rehabilitation with the Composipost. *Comp Contin Educ Dent Suppl*. 1996;(20):565-573. PubMed PMID: 12089762.

Dutra-Correa M, Anauate-Netto C, Arana-Chavez VE. Density and diameter of dentinal tubules in etched and non-etched bovine dentine examined by scanning electron microscopy. *Arch Oral Biol*. 2007 Sep;52(9):850-5. doi: 10.1016/j.archoralbio.2007.03.003.

Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite Elemental stress analysis). *J Endod*. 2002 Sept;28(9):629-33. doi: 10.1097/00004770-200209000-00001.

Felippe LA, Baratieri LN, Monteiro-Júnior S, Andrada MAC, Vieira LCC. Fibras de reforço para uso odontológico – fundamentos básicos e aplicações clínicas. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 2001 Jul/Ago; 55(4):245-50.

Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont*. 2001 Jul-Aug;14(4):355-63. PubMed PMID: 11508092.

Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of clinical performance of fiber posts. *Am J Dent*. 2000 May;13(Spec N^o):9B-13B. PubMed PMID:11763869.

Freedman G. The carbon fiber post: metal-free, post-endodontic rehabilitation. *Oral Health*. 1996 Feb;86(2):p.23-30. PubMed PMID: 8779661.

Freilich MA, Meiers JC, Duncan JP, Goldberg A. Fiber-reinforced composites in clinical dentistry. Chicago: Quintessence Publishing; 2000.

Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dent Mater*. 2005 May;21(5):437-44. doi: 10.1016/j.dental.2004.07.012.

Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dent Mater*. 2006 May;22(5):477-85. doi: 10.1016/j.dental.2005.03.017.

Hemalatha H, Sandeep M, Kulkarni S, Yakub SS. Evaluation of fracture resistance in simulated immature teeth using Resilon and Ribbond as root reinforcements - an in vitro study. *Dent Traumatol*. 2009 Aug;25(4):433-8. doi: 10.1111/j.1600-9657.2009.00804.x.

Heydecke G, Peters MC. The restoration of endodontically treated, single-rooted teeth with cast or direct posts and cores: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2002 Apr;87(4):380-6. PubMed PMID: 12011847.

Hornbrook DS, Hastings JH. Use of bondable reinforcement fiber for post and core build-up in endodontically treated tooth: maximizing strength and aesthetics. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1995 Jun-Jul;7(5):33-42; quiz 44. PubMed PMID: 7548893.

Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont*. 1996 Mar/Apr;9(2):131-6. PubMed PMID: 8639235.

Kaizer OB. Avaliação da resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente reconstruídos com pinos dentários e com pinos de fibras de polietileno [dissertação]. Bauru (SP): Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Odontologia de Bauru; 2003.

Takehashi Y, Lüthy H, Naef R, Wohlwend A, Schärer P. A new all-ceramic post and cores system: clinical, technical, and in vitro results. *Int J Periodont Restorative Dent*. 1998 Dec;18(6):587-93. PubMed PMID:10321173.

Katebzadeh N, Dalton C, Trope M. Strengthening immature teeth during and after apexification. *J Endod*. 1998 Apr;24(4):256-9. PubMed PMID: 9641130.

Karna JC. A fiber composite laminate endodontic post and core. *Am J Dent*. 1996 Oct;9(5):230-2. PubMed PMID: 9545911.

Kimmel SS. Restoration of endodontically treated tooth containing wide or flared canal. *N Y St Dent J*. 2000 Dec;66(10):36-40. PubMed PMID: 11199524.

Kimmel SS. Restoration and reinforcement of endodontically treated with a polyethylene ribbon and prefabricated fiberglass post. *Gen Dent*. 2000 Nov/Dec;48(6):700-6. PubMed PMID: 12004666.

Lassila LVJ, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater*. 2004 Jan;20(1):29-36. PubMed PMID: 14698771.

Leonardo MR, Leal JM, Lia RCC, Martins JCR. Filosofia do tratamento de canais radiculares. Necropulpectomia: conceituação. In: Leonardo MR, Leal JM. *Endodontia: tratamento de canais radiculares*. 3. ed. São Paulo: Panamericana; 1998. p.123-66.

Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *Int J Prosthodont*. 1995 Mar-Apr;8(2):155-61. PubMed PMID: 7575967.

Lui JL. A technique to reinforce weakened roots with post canals. *Endod Dent Traumatol*. 1987 Dec;3(6):310-4.

Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. *Quintessence Int*. 1994 May;25(5):313-319. PubMed PMID: 7938415.

Maccari PCA, Conceição EN, Nunes MF. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with three different prefabricated esthetic posts. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15(1):25-30; discussion 31. PubMed PMID: 12638770.

Mangold JT, Kern H. Influence of glass-fiber posts on the fracture resistance and failure pattern of endodontically treated premolars with varying substance loss: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2011 Jun;105(6):387-93. doi: 10.1016/S0022-3913(11)60080-2.

Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *J Adhes Dent.* 1999 Summer;1(2):153-8. PubMed PMID: 11725680.

Mannocci F, Vichi A, Ferrari M, Watson T, Davidson CL. Carbon fiber posts: clinical and laboratory studies. 2nd International Symposium S. Margherita Ligure. Santa Margherita Ligure, Italy. In: *Proceedings Santa Margherita Ligure*; 1998.p.17-21.

Marchi GM, Paulillo LA, Pimenta LA, De Lima FA. Effect of different filling material in combination with intraradicular posts on the resistance to fracture of weakened roots. *J Oral Rehabil.* 2003 Jun;30(6):623-9. PubMed PMID: 12787460.

Martinez-Insua A, Da Silva L, Rilo B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent.* 1998 Nov;80(5):527-32. PubMed PMID: 9813801.

Martins LR. Avaliação da resistência à fratura de raízes debilitadas reconstruídas morfológicamente com materiais adesivos [tese]. Piracicaba (SP): Universidade de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Odontologia de Piracicaba; 1995.

Mazaro JVQ, Assunção WG, Rocha EP, Zuim PRJ, Gennari Filho H. Fatores determinantes na seleção de pinos intra-radulares. *Rev Odontol UNESP.* 2006; 35(4): 223-31.

Milot P, Stein S. Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown design. *J Prosthet Dent.* 1992 Sep;68(3):428-35. PubMed PMID: 1432756.

Mitsui FHO, Marchi GM, Pimenta LA, Ferraresi PM. In vitro study of fracture resistance of bovine roots using different intraradicular post systems. *Quintessence Int.* 2004 Sept; 35(8):612-6. PubMed PMID: 15366523.

Monticelli F; Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. In *J Prosthodont.* 2003 Nov-Dec;16(6):593-6. PubMed PMID: 14714836.

Naumann M, Blankenstein F, Dietrich T. Survival of glass fiber reinforce composite post restorations after 2 years – an observational clinical study. *J Dent.* 2005 Apr;33(4):305-12. doi:10.1016/j.jdent.2004.09.005.

Nerwich A, Figdor D, Measer HH. pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod* 1993 Jun;19(6):302-6. PubMed PMID: 8228751.

Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthodont.* 2003 Apr;89(4):360-7. doi: 10.1067/mpr.2003.75.

Oliveira LD, Carvalho CAT, Camargo CHR, Valera MC. Reincidência de fraturas em dentes permanentes jovens traumatizados. XIV Jornada Odontológica Cervantes Jardins; 2001, São José dos Campos. 2001 Out; São José dos Campos, Brasil. São José dos Campos: Unesp; 2001. p. 56.

Penelas AG, Piedade VM, Borges AC, Poskus LT, da Silva EM, Guimarães JG. Can cement film thickness influence bond strength and fracture resistance of fiber reinforced composite posts? *Clin Oral Investig*. 2016 May;20(4):849-55. doi: 10.1007/s00784-015-1568-3.

Pitel ML, Hicks NL. Evolving technology in endodontic posts. *Comp Continuing Educ Dent*. 2003 Jan;24(1):13-6, 18, 20 passim; quiz 29. PMID:12619257

Qualtrough AJE, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent*. 2003 Jan-Feb; 28(1):86–91.

Raygot CG, Chai J, Jameson L. Fracture resistance and primary failure mode of endodontically treated teeth restored with a carbon fiber-reinforced resin post system in vitro. *Int J Prosthodont*. 2001 Mar-Apr;14(2):141-5. PubMed PMID: 11843450.

Reid LC, Kazemi RB, Meiers JC. Effect of fatigue testing on core integrity and post microleakage of teeth restored with different post systems. *J Endod*. 2003 Feb;29(2):125-31. doi:10.1097/00004770-200302000-00010.

Rovatti L, Manson PN, Dallari A. New researches on fibre carbon posts. *Minerva Stomatol*. 1994 Dec;43(12):17-20.

Rovatti L, Manson PN, Dallari A. The esthetical endodontic posts. 2nd International Symposium S. Margherita Ligure. Santa Margherita Ligure, Italy. In: *Proceedings Santa Margherita Ligure*; 1998.p.12-16.

Saleh F, Taymour N. Validity using bovine teeth as of a substitute for human counterparts in adhesive tests. *East Mediterr Health J*. 2003 Jan-Mar;9(1-2):201-7. PubMed PMID: 15562752.

Schmoldt SJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Reinforcement of simulated immature roots restored with composite resin, mineral trioxide aggregate, gutta-percha, or a fiber post after thermocycling. *J Endod*. 2011 Oct;37(10):1390-3. doi: 10.1016/j.joen.2011.07.001. Epub 2011 Aug 19

Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod*. 2004 May;30(5):289-301. doi: 10.1097/00004770-200405000-00001.

Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle. *J Endod*. 1992 Jul;18(7):332-335. doi:10.1016/S0099-2399(06)80483-8

Seyam RS, Mobarak EH. Reinforcement of teeth with simulated coronal fracture and immature weakene roots using resin composite cured by a modified layering technique. *Oper Dent*. 2014 May-Jun;39(3):E128-36. doi: 10.2341/12-525L.

Sharafeddin F, Alavi AA, Zare S. Fracture resistance of structurally compromised premolar roots restored with single and accessory glass or quartz fiber posts. *Dent Res J (Isfahan)*. 2014 Mar;11(2):264-71. PubMed PMID: 24932200.

Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent*. 1999 Mar;81(3):262-9. PubMed PMID: 10050112.

Siso SH, Hürmüzlü F, Turgut M, Altundasxar E, Serper A, Er K. Fracture resistance of the buccal cusps of root filled maxillary premolar teeth restored with various techniques. *Int Endod J*. 2007 Mar; 40(3):161–8. doi:10.1111/j.1365-2591.2007.01192.x

Sivieri-Araujo G, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Bortoluzzi EA, Jorge ÉG, Reis JM. Fracture resistance of simulated immature teeth after different intraradicular treatments. *Braz Dent J*. 2015 May-Jun;26(3):211-5. doi: 10.1590/0103-6440201300186.

Soares CJ, Soares PV, de Freitas Santos-Filho PC, Castro CG, Magalhaes D, Versluis A. The influence of cavity design and glass fiber posts on biomechanical behavior of endodontically treated premolars. *J Endod*. 2008 Aug; 34(8):1015–9. doi: 10.1016/j.joen.2008.05.017.

Sorensen JA, Engelman MJ. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*. 1990 Oct;64(4):419-24. PubMed PMID:2231450

Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*. 1990 May;63(5):529-36. PubMed PMID: 2187080.

Stewardson DA. Non-metal post systems. *Dent Update*. 2001 Sep;28(7):326-32, 334, 336.

Stockton L, Lavelle CLB, Suzuki M. Are posts mandatory for the restoration of endodontically treated teeth? *Endod Dent Traumatol*. 1998 Apr;14(2):59–63. PubMed PMID:9558515.

Strub JB, Pontius O, Koutayas S. Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems after exposure in the artificial mouth. *J Oral Rehabil*. 2001 Feb;28(2):120-4. PubMed PMID: 11298259.

Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ. Reinforcement of immature roots with a new resin filling material. *J Endod*. 2006 Apr;32(4):350-3. doi: 10.1016/j.joen.2005.08.001

Tanaka JLO, Medici FE, Salgado JAP, Salgado MAC, Moraes LC, Moraes MEL, et al. Comparative analysis of human and bovine teeth: radiographic density. *Braz Oral Res.* 2008 Dec;22(4):346-51.

Tanalp J, Dikbas I, Malkondu O, Ersev H, Güngör T, Bayırlı G. Comparison of the fracture resistance of simulated immature permanent teeth using various canal filling materials and fiber posts. *Dent Traumatol.* 2012 Dec; 28(6):457-64. doi: 10.1111/j.1600-9657.2011.01098.x.

Tanomaru-Filho M, Sivieri-Araujo G, Guerreiro-Tanomaru JM, Bortoluzzi EA, Jorge EG, Abi-Rached FO, et al. Resistance of teeth with simulated incomplete rhizogenesis with intraradicular post or root canal filling. *J Contemp Dent Pract.* 2014 Jul 1;15(4):413-6. PubMed PMID: 25576105.

Teruel Jde D, Alcolea A, Hernández A, Ruiz AJ. Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. *Arch Oral Biol.* 2015 May;60(5):768-75. doi: 10.1016/j.archoralbio.2015.01.014.

Terry DA, Triolo PT. Fabrication of direct fiber-reinforced posts: a structural design concept. *J Esthet Restor Dent.* 2001 July;13(4):228-240. PubMed PMID: 11572507.

Tjan AH, Whang SB. Resistance to root fracture of dowel channels with various thicknesses of buccal dentin walls. *J Prosthet Dent.* 1985 Apr;53(4):496-500. PubMed PMID: 3889282.

Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissue after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1980 Jan; 7(1):17-21. doi:10.1016/S0099-2399(81)80262-2.

Trope M, Maltz DO, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1985 Jun; 1(3):108-11. PubMed PMID: 3893998.

Viotti RG. Avaliação da resistência de união produzida por diferentes técnicas de cimentação de pinos de fibra de vidro através do ensaio de push-out [tese]. Guarulhos (SP): Universidade de Guarulhos; 2014.

Xible AA, Tavares RR, Araujo Cdos R, Conti PC, Bonachella WC. Effect of cyclic loading on fracture strength of endodontically treated teeth restored with conventional and esthetic posts. *J Appl Oral Sci.* 2006 Aug;14(4):297-303. PubMed PMID: 19089280

Yamamoto M, Miura H, Okada D, Komada W, Masuoka D. Photoelastic stress analysis of different post and core restoration methods. *Dent Mater J.* 2009 Mar; 28(2):204-11. PubMed PMID:19496401.

Yassen GH, Platt JA, Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci.* 2011 Sep;53(3):273-82. PubMed PMID: 21959653.

Zogheib LV, Pereira JR, do Valle AL, de Oliveira JA, Pegoraro LF. Fracture resistance of weakened roots restored with composite resin and glass fiber post. *Braz Dent J.* 2008;19(4):329-33. PubMed PMID: 19180323.

Zogheib LV, Saavedra Gde S, Cardoso PE, Valera MC, Araújo MA. Resistance to compression of weakened roots subjected to different root reconstruction protocols. *J Appl Oral Sci.* 2011 Nov-Dec;19(6):648-54. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.06.015. PubMed PMID: 18718775.