

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
Faculdade de Odontologia
Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

**RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE
PINOS DE FIBRA DE VIDRO PERSONALIZADOS**

Relatório Final

Apresentado à Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso e para graduação no curso de Odontologia da Universidade de Passo Fundo.

Aluno: Mateus José Dutra

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza

Coorientadora: Júlia Cadorim Facenda

Passo Fundo, novembro de 2021.

Sumário

1. TÍTULO.....	3
2. EQUIPE EXECUTORA	3
2.1. Aluno.....	3
2.2. Orientador.....	3
2.3. Coorientadora	3
3. RESUMO.....	3
4. PROBLEMA DE PESQUISA	4
5. JUSTIFICATIVA	4
6. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
6.1. PINOS DE FIBRA DE VIDRO	6
6.2 PINOS DE FIBRA DE VIDRO REEMBASADOS COM RESINA COMPOSTA	9
6.3. PINOS DE FIBRA DE VIDRO PARA SISTEMA CAD-CAM	11
6.4. PINOS DE FIBRA DE VIDRO AJUSTÁVEIS	15
6.5 TESTE DE FLEXÃO	16
6.6. RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO	17
7. OBJETIVOS	18
7.1. OBJETIVOS GERAIS	18
7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
8. MATERIAIS E MÉTODOS	19
8.1 Divisão dos grupos	19
8.2 Confeção dos corpos de prova	20
8.3 Teste de flexão	23
9. RESULTADOS	24
10. DISCUSSÃO	24
11. CONCLUSÃO.....	29
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
13. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO ALUNO.....	36
14. ANEXOS	Error! Bookmark not defined.

RELATÓRIO FINAL

1. TÍTULO

Resistência à flexão de diferentes sistemas de pinos de fibra de vidro personalizados.

2. EQUIPE EXECUTORA

2.1. Aluno

Nome: Mateus José Dutra

Matrícula: 168324

2.2. Orientador

Nome: Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza

Matrícula: 10160

2.3. Coorientadora

Nome: Júlia Cadorim Facenda

Matrícula: 155165

3. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência à flexão de pinos de fibra de vidro convencionais reembasados com resina composta a pinos personalizados ajustáveis e de pinos de fibra de vidro de corpo único, fresados em CAD-CAM. Foram confeccionados 30 corpos de prova (n=10) com os seguintes retentores: (1) PCM - pinos de fibra de vidro pré fabricados (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) reembasados com resina composta; (2) PFF - pinos fresados em CAD-CAM a partir de uma bolacha de Fibercad (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil); e (3) PPA - pinos personalizados ajustáveis (Splendor SAP - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil). Os corpos de prova foram submetidos ao teste de flexão por três pontos, em uma máquina de ensaios universal, com uma célula de carga de 2.000 N, que incidiu a sua força no centro dos corpos de prova, à uma velocidade de 0,05 mm/min. Os valores médios de

resistência foram comparados entre os grupos, através dos testes Anova 1-fator e Tukey, ao nível de significância de 95%. Os resultados mostraram que o grupo PFF apresentou uma resistência flexural superior aos grupos PPA e PCM ($p=0,000$). Os grupos PPA e PCM não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Como conclusão, os pinos fresados em CAD-CAM (PFF) são os que mais resistem à uma força flexural entre os três materiais testados no experimento.

Palavras-chave: Materiais dentários. Desenho assistido por computador. Resistência à flexão. Pinos dentários.

4. PROBLEMA DE PESQUISA

Núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados são utilizados em situações clínicas de dentes com uma ampla destruição coronária por cárie, fraturas e desgastes excessivos para fornecer a retenção necessária para a reabilitação (SORENSEN E ENGELMAN, 1990). Duret *et al.* (1990), determinaram o módulo de elasticidade de pinos fundidos e pinos pré-fabricados metálicos, encontrando valores que se aproximaram a 180 GPa, sendo um valor muito superior ao da dentina, que possui 18,6 GPa de módulo de elasticidade (KO *et al.*, 1992). Assif *et al.* (1993), relataram que dentes restaurados com pinos de materiais de modulo de elasticidade diferente ao da dentina, pode levar a falhas nas interfaces. Uma das propriedades mais significativas dos pinos de fibra é o módulo de elasticidade (22 GPa) próximo ao da dentina, o que possibilita uma pequena flexão quando submetido a forças externas, diminuindo a transmissão de tensões para a parede do canal, reduzindo o risco de fratura vertical, que leva a perda do elemento dental (GRANDINI *et al.*, 2005). Porém, esses retentores não se adaptam justapostos às paredes do canal necessitando de um material resinoso para preencher este espaço, criando mais uma interface entre o sistema e as paredes dentinárias, e também na confecção do núcleo de preenchimento posteriormente.

5. JUSTIFICATIVA

A odontologia digital e os avanços na técnica de fresagem CAD-CAM resultaram em sistemas precisos e eficientes que reduziram o tempo de processamento e diminuíram a taxa de erro de fabricação de próteses dentárias (MIYAZAKI *et al.*, 2009). Portanto, usar a tecnologia CAD-CAM para produzir retentores intrarradiculares personalizados parece uma opção viável, tendo em vista que há a possibilidade de fresar tanto o pino quanto o núcleo, o que eliminaria a necessidade da confecção de um núcleo

de preenchimento em resina composta posteriormente, reduzindo assim, o número de interfaces adesivas (LIU *et al.*, 2010).

A fabricação de pinos de fibra de vidro personalizados com uma técnica de fresagem CAD-CAM tem algumas vantagens: esse processo permite uma camada de cimento de espessura mínima, simplifica a técnica reduzindo etapas clínicas e elimina a necessidade de adicionar uma resina composta para construir um núcleo adequado para auxiliar a retenção da restauração, criando um sistema de retentor intrarradicular monocamada com um único material com as mesmas propriedades mecânicas (LIU *et al.*, 2010).

Embora esse método de confecção de retentores intrarradiculares apresente várias propriedades e vantagens a seu favor, ainda há poucos estudos sobre como o conjunto se comportaria clinicamente e mecanicamente, pois é uma técnica recente, com isso, o presente estudo visou verificar como se comporta este retentor frente a testes de flexão.

6. REVISÃO DE LITERATURA

A restauração ou adaptação de coroas e próteses em dentes tratados endodonticamente ainda se torna um desafio à odontologia nos dias de hoje, pois esses dentes normalmente se apresentam mais frágeis por lesões cariosas, extensão do preparo cavitário e até pela própria desvitalização pulpar (MAZZOCCATO *et al.*, 2006).

Com isso, muitas vezes se torna necessário o uso de retentores intrarradiculares para devolver função e estética, e tornar possível a adaptação e cimentação de próteses. Um aspecto importante é que o uso de pinos intracanaís deve ser indicado quando existe a necessidade de confecção de um núcleo que irá reter uma coroa protética e quando o restante da estrutura dentária não é considerada adequada para manter restauração (MAZZOCCATO *et al.*, 2006; BACCHI *et al.*, 2019).

Ainda nos dias de hoje, os núcleos metálicos fundidos são bastante utilizados como retentores intrarradiculares, devido às suas propriedades físicas superiores, pois apresentam uma alta rigidez, alto módulo de elasticidade (170-210 GPa), e alta resistência a fratura (1087,06 kgf), (BONFANTE *et al.*, 2007; LIU *et al.*, 2010; KALYONCUOGLU *et al.*, 2015; RUSCHEL *et al.*, 2018).

Os pinos de fibra de vidro pré-fabricados estão gradativamente substituindo esses materiais por terem propriedades - como o módulo de elasticidade - parecidas com a dentina, que possui 18 GPa (KO *et al.*, 1992), frente a 18,6 GPa encontrados para os

pinos de fibra de vidro (LIU *et al.*, 2010). Além disso, eles são mais estéticos, promovem uma praticidade clínica devido a diminuição de custos e eliminação de etapa laboratorial e preservam a estrutura dental remanescente através da confecção de um núcleo em resina composta (MAZZOCCATO *et al.*, 2006; RUSCHEL *et al.*, 2018; BACCHI *et al.*, 2019).

6.1. PINOS DE FIBRA DE VIDRO

Os pinos de fibra de vidro possuem algumas vantagens como a estética, pois apresentam-se na cor branca, concedendo translucidez e naturalidade às restaurações confeccionadas em cerâmicas ou em resina composta. Também apresentam vantagens a respeito da união à estrutura dental, e do ponto de vista mecânico onde as fibras melhoram a resistência a fratura de dentes despulpados, pois os pinos de fibra de vidro possuem o módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, reduzindo as chances de fraturas catastróficas e preservando a estrutura remanescente onde o cimento resinoso viria ao encontro dos pinos pré-fabricados, evitando nova remoção de estrutura sadia. Ainda, pode-se citar como interessante, a fina camada de cimento quando o pino for anatomizado ao conduto radicular, a biocompatibilidade e a capacidade das partículas de vidro para conduzir luz, o que pode melhorar polimerização do cimento resinoso bem como a possibilidade de cimentação no mesmo dia da obturação do canal radicular (MACCARI *et al.*, 2003; SHIOZAWA *et al.*, 2005; CECCHIN *et al.*, 2007; BACCHI *et al.*, 2019).

Embora os pinos de fibra de vidro possuam todas estas vantagens, sabe-se que não é o retentor intrarradicular que se apresenta mais relevante na resistência do dente restaurado, mas sim o volume da dentina remanescente e a quantidade de estrutura coronal, portanto é indispensável que a estrutura dental seja preservada o máximo possível durante os procedimentos de preparo do elemento dentário a receber a futura restauração (BORZANGY *et al.*, 2019).

Em relação ao efeito férula, Louro *et al.* (2008), determinou que pinos de fibra de vidro cimentados adesivamente estariam indicados quando o remanescente coronário tivesse mais do que 2mm de espessura dentinária axial, entrando em acordo com Franco *et al.* (2009) que sugeriu 2 mm de remanescente coronário para pinos pré-fabricados. Entretanto, Bacchi *et al.* (2019) relataram que a literatura ainda é controversa sobre o que seria ser a melhor opção de pinos, seja na presença ou na ausência de estrutura coronal remanescente (efeito de férula).

Assif *et al.* (1993) em um estudo, examinaram o efeito do design do pino a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente sob cargas oclusais simuladas e apoiaram a suposição de que design não influenciou a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente, desde que o núcleo fosse coberto por coroa completa com uma margem de 2 mm de estrutura de dente saudável e que a força dos dentes tratados endodonticamente foi diretamente relacionada à estrutura dentária interna remanescente.

Para uma retenção apropriada da restauração, o comprimento ideal do retentor deve medir, no mínimo, 2/3 do comprimento radicular e ser maior ou igual à futura coroa. A necessidade do retentor depende exclusivamente da quantidade de estrutura dentária coronária remanescente, que nem sempre confere a resistência desejada (SHIOZAWA *et al.*, 2005). Segundo Franco *et al.* (2014), o aumento do comprimento do pino resultou em um significativo aumento na retenção, resistência à fratura, e uma menor concentração de tensão de cisalhamento. No entanto, quando o pino é colocado além de dois terços da profundidade da raiz, o nível de estresse no aumenta a região apical e o risco de perfuração e enfraquecimento da raiz causada pela diminuição do volume da dentina durante o preparo da raiz deve ser levado em consideração para o prognóstico do dente restaurado.

Segundo Maccari *et al.* (2003), que tiveram como objetivo avaliar o papel da composição de pinos estéticos pré-fabricados na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente, revelaram que os dentes restaurados com pinos de cerâmica tinham menos da metade da resistência à fratura visto em pinos de fibra de vidro e carbono. Além disso, o modo de fratura dos pinos de zircônia foi o tipo mais difícil de reparar clinicamente. Mazzocato *et al.* (2006), mostraram que com relação à resistência flexural, os pinos poliméricos de fibra de carbono, vidro e quartzo possuem uma resistência flexural máxima superior ao pinos metálicos.

Ferrari *et al.* (2000), determinaram uma taxa de falha de 3,2% ao avaliar 1.304 dentes restaurados com três tipos diferentes de pinos de fibra pelo tempo de 1 a 6 anos, sendo uma considerada uma taxa baixa. Já Naumann *et al.* (2005), demonstraram uma taxa de falha de pinos de fibra de vidro de 12,8% após 24 meses. Os tipos mais frequentes de falha foram fraturas do núcleo ou perda de retenção. A taxa de falha relativamente alta foi explicada com as extensões de defeito incluídas, onde aproximadamente dois terços dos dentes restaurados exibiam defeitos no nível gengival (fator c de 0,2).

Segundo Awad & Marghalani (2007), canais largos, não circulares ou extremamente cônicos, que dependerão do uso de um pino pré-fabricado cilíndrico podem não conseguir a adaptabilidade íntima do pino ao conduto radicular, comprometendo a retenção do pino.

Os pinos de fibra de vidro pré-fabricados podem resultar em quantidades excessivas de cimento resinoso para repor a estrutura perdida, principalmente quando utilizado em canais radiculares enfraquecidos e que receberam amplo desgaste para receber pinos intrarradiculares pois sua secção transversal não se encaixa em canais radiculares de forma efetiva, sendo inadequados para dentes com canais radiculares muito largos. Nesta situação, a falta de adaptação adequada compromete a retenção de pino e o sucesso clínico (SPINA *et al.*, 2017; RUSCHEL *et al.*, 2018).

Ainda, estudos *in vitro*, mostraram que a força da ligação aos pinos de fibra foi afetada pelo tipo do agente cimentante, e que a ligação à dentina do canal radicular pode ser limitada pela força de adesão entre agente cimentante e a superfície (SAHAFI *et al.*, 2003).

Além disso, a maioria dos pinos de fibra de vidro precisam de um núcleo de preenchimento em resina composta confeccionado posteriormente, para reter a prótese futura, e a interface fraca entre o núcleo de resina e pino de fibra pode causar uma taxa de falha de restauração mais alta, pois isso acrescenta em mais uma interface adesiva entre o material do pino e o núcleo. Isso é explicado por que a matriz de resina epóxi do pino de fibra é altamente interligada, e resinas compostas usadas para a formação dos núcleos e os materiais de cimentação não formam ligações químicas estreitas com a superfície do pino de fibra (LIU *et al.*, 2010).

Segundo Borzangy *et al.* (2019), muitos estudos foram realizados com o objetivo de desenvolver uma técnica confiável de reforço para dentes tratados endodônticamente com canais radiculares amplos. Grandini *et al.* (2003) descreveu uma técnica para reconstrução de dentes comprometidos endodônticamente usando um “pino anatômico”, onde foi utilizada uma resina composta de modo que a forma do pino e núcleo fosse correspondido ao espaço de um preparo. Esta técnica é indubitavelmente eficaz para minimizar o volume de cimento e reduzir sua contração de polimerização, porém, gera mais uma interface de adesão, podendo levar a falhas técnicas e insucesso da restauração.

6.2 PINOS DE FIBRA DE VIDRO REEMBASADOS COM RESINA COMPOSTA

Em dentes com significantes perdas de estrutura coronária e radicular, a reabilitação ainda é um desafio. Se não houver adequada adaptação do pino, a linha de cimentação será espessa, o que pode facilitar a formação de bolhas e falhas que prejudicam a retenção, bem como menor resistência coesiva do cimento (GRANDINI *et al.*, 2005).

Diante dessa limitação dos pinos de fibra, e numa tentativa de melhorar a adaptação dos pinos em canais amplos e com grande desgaste, uma das técnicas propostas é a realização do reembasamento dos pinos de fibra com resina composta, criando pinos anatômicos individualizados. Este procedimento se dá através do reembasamento e moldagem do conduto radicular com resina composta fotoativada associada a pinos pré-fabricados de fibra de vidro (GRANDINI *et al.*, 2003; CLAVIJO *et al.*, 2006).

Segundo Costa *et al.* (2011), a utilização de pino anatômico é indicada para canais excessivamente amplos, em situações onde o dentista não possui um pino mais calibroso e situações com pouco remanescente coronário para sustentação da restauração final. Silva *et al.* (2008), determinaram que as técnicas de reembasamento do pino com resina composta ou o uso de pinos acessórios na confecção do núcleo de preenchimento parecem ser efetivos para melhorar o comportamento biomecânico de raízes fragilizadas.

Grandini *et al.* (2003) propuseram uma técnica de reembasamento dos pinos de fibra de vidro com resina composta (Anatomic Post'n Core – pinos anatômicos), ou seja, é realizada modelagem do conduto radicular com resina composta fotoativada aderida ao pino, confeccionando pinos individualizados. Para isso, após o preparo do espaço para o pino, segue-se com a lubrificação do conduto e inserção do pino envolvido com compósito fotoativável. É realizada a inserção deste no interior do canal, fotoativando o conjunto em posição por vinte segundos, seguindo-se com a remoção do pino e complementação da polimerização por mais vinte segundos. Após a realização destes passos, tanto o retentor individualizado quanto o canal radicular são lavados, seguindo-se com os procedimentos de cimentação adesivos tradicionalmente utilizados para cimentação de pinos pré-fabricados de fibras.

Este é um procedimento clínico simples, no qual se obtém uma melhor adaptação do retentor às paredes do conduto radicular, uma vez que favorecem a

justaposição do pino, que pressiona o cimento contra as paredes dos canal reduzindo a quantidade necessária para fixação, promovendo um maior imbricamento mecânico aumentando a retenção, a resistência de união e a resistência de extrusão, consequentemente contribuindo significativamente para diminuir o estresse na interface adesiva durante a contração de polimerização (GRANDINI *et al.*, 2005; CLAVIJO *et al.*, 2006; PEDROSA-FILHO, 2006; MACEDO *et al.*, 2010; SOUZA- JÚNIOR *et al.*, 2012).

Grandini *et al.* (2005), realizaram um trabalho verificando a efetividade da técnica de reembasamento de pinos de fibras com compósito (pinos anatômicos) para uniformizar e diminuir a linha de cimentação, comparando-os com os mesmos pinos apenas cimentados, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados mostraram que o grupo de pinos anatômicos apresentou linha de cimentação significativamente menor e mais uniforme nas regiões cervical e média da raiz, assim, concluíram que a técnica de reembasamento mostra-se efetiva na diminuição da linha de cimentação, em todos os espécimes, nos terços cervical e médio, excetuando-se o terço apical, que não apresentou diferença estatística.

Pedrosa-Filho (2006) comparou a resistência de união através do teste de push-out, de pinos reembasados (pinos anatômicos) e de pinos cimentados que não receberam este tipo de tratamento. Pelos resultados obtidos, o autor pode concluir que o reembasamento dos pinos de fibra de vidro atingiu valores de resistência de união maiores do que os apenas cimentados, e que a técnica de reembasamento mostrou-se efetiva para aumentar a retenção de pinos de fibra de vidro cimentados em canais radiculares amplos.

Costa *et al.* (2011), relatou um acompanhamento de 3 anos de dentes tratados endodonticamente com severa destruição coronária, restaurados com sistema de pino e núcleo personalizado de fibra de vidro unidirecional em vez de um pino de fibra convencional. O uso de pinos personalizados de fibras de vidro unidirecionais, modelando a anatomia interna do radicular, relatados nesses casos, mostraram características clínicas e radiográficas adequadas depois de 3 anos. Essa técnica pode ser considerada eficaz, menos invasiva e adequada para restauração dentes tratados endodonticamente.

Em um relato de caso de Ferreira *et al.* (2018) que teve por objetivo apresentar a técnica de obtenção de um pino anatômico de fibra de vidro através do reembasamento com resina composta para restaurar um incisivo lateral direito, com reduzido

remanescente coronário e ampla entrada do canal radicular, seguido por uma coroa de cerâmica, mostraram um bom resultado final. Deste modo, concluíram que acompanhamentos clínicos de casos com pinos anatômicos de fibra de vidro são altamente indicados.

6.3. PINOS DE FIBRA DE VIDRO PARA SISTEMA CAD-CAM

A necessidade de obter pinos com melhor adaptação no canal radicular levou à introdução de pinos personalizados. Esses pinos são obtidos por técnica de modelagem do canal radicular com resina composta associada a pinos de fibra de vidro pré-fabricados, ou através da personalização de um pino de fibra de vidro com uma fresagem em CAD-CAM, que permite melhor adaptação ao espaço do preparo, formando uma fina camada de cimento, promovendo maiores valores de resistência devido à essa condição (FARIA-E-SILVA *et al.*, 2009; MARCOS *et al.*, 2016) criando condições favoráveis para a manutenção do pino, além de que simplifica a técnica, reduzindo os passos clínicos, e elimina a necessidade de ligar adesivamente uma resina composta para preencher o espaço em excesso entre pino e dentina (GARCIA *et al.*, 2018; RUSCHEL *et al.*, 2018).

Ainda, segundo Garcia *et al.* (2018) e Ruschel *et al.* (2018), uma das vantagens do sistema CAD-CAM é a fabricação do pino e do núcleo em uma única peça, sem a criação de interfaces entre o pino de fibra e o núcleo de resina composta formando um sistema de contenção intrarradicular em monocamada. Spinna *et al.* (2017), mostrou em um relato de caso a utilização de um pino e núcleo fabricado com uma resina preenchida com nanopartículas no sistema CAD-CAM obtida a partir de uma impressão de polivinil de siloxano. O método economizou tempo e melhorou a eficiência do fluxo de trabalho em comparação com a técnica do padrão de resina acrílica, resultando em um pós-operatório funcional e estético.

Garcia *et al.* (2018), relataram que os retentores intracanaís de fibra de vidro personalizado em CAD-CAM mostram características como boa quantidade e distribuição de fibras de vidro, quando comparado a um pino de fibra de vidro pré-fabricado. No entanto, ao usar pinos no sistema CAD-CAM, o protocolo ideal para garantir o sucesso clínico requer investigações adicionais porque muitos sistemas, softwares e scanners estão disponíveis. Assim, a adaptação pode ser dependente dessas variáveis do sistema.

Eid *et al.* (2019), testaram, com a introdução da tecnologia CAD-CAM, o fresamento de uma peça de zircônia para confecção de pinos e núcleos, o estudo concluiu uma aceitável capacidade de carga em comparação com pinos e núcleos de ouro, no entanto, o uso de pinos de zircônia foi limitado devido ao seu alto módulo de elasticidade (200 GPa), rigidez e dureza que pode resultar em falhas catastróficas irreparáveis. Eid *et al.* (2019), revelou que um pino e núcleo de peça única puderam ser fresados com sucesso em blocos de FRC (material compósito reforçado com fibras - Trilor, Bioloren) e com um material de polímero de alta densidade (Ambarino, Creamed) usando tecnologia CAD-CAM.

Um estudo de Tsintsadze *et al.* (2018), avaliou o desempenho *in vitro* de pinos de fibra fabricados em CAD-CAM cimentados em canais radiculares ovais. A camada de cimento foi significativamente mais espessa no grupo onde se usou um modelo para digitalização do canal radicular do que no grupo que foi feita a varredura direta do espaço do pino. Com isso, pinos de fibra fabricados com a técnica de varredura direta alcançou maior retenção do que aqueles fabricados por outras técnicas de escaneamento, como o uso de modelos do conduto radicular.

A fresagem em CAD-CAM facilita os procedimentos laboratoriais e supre as desvantagens de fundição. Um compósito de fibra de vidro exibe alta resistência à flexão combinada com um módulo de flexão relativamente baixo. A combinação dessas propriedades permite que pinos sejam construídos com este material para suportar o carregamento, passando por maior deformação elástica antes da falha (SPINA *et al.*, 2017).

Liu *et al.* (2010) descreveu um método para restaurar um incisivo central superior esquerdo fraturado com um núcleo único de fibra de vidro de corpo único, onde o bloco de fibra de vidro (Ouyaruikang Novo Ciência de Materiais e Tecnologia Co, Ltd, Pequim, China) foi fresado usando tecnologia CAD-CAM. O uso de um pino de fibra de vidro pré-fabricado convencional não era uma opção, pois não teria uma boa adaptação ao conduto radicular e resultaria uma camada espessa de cimento. O paciente foi reavaliado 8 meses após a cimentação e não foram notadas complicações pela análise clínica e radiográfica.

Um estudo de Pang *et al.* (2018), teve como objetivo avaliar as propriedades de resistência à fratura de incisivos superiores com canais alargados restaurados com pinos de fibra de vidro confeccionados com o auxílio da tecnologia CAD-CAM, os dentes selecionados, foram restaurados, *in vitro*, com um pino e núcleo de preenchimento de

fibras de vidro confeccionado com CAD-CAM (Grupo A), pinos de fibra pré-fabricados (Grupo B) e pinos fundidos de liga de ouro (Grupo C). As forças médias de fratura dos Grupos A e C foram significativamente maiores que os do grupo B, enquanto não foram observadas diferenças entre os grupos A e C. Além disso, os modos de fratura reparável foram observados principalmente no Grupo A, enquanto as fraturas irreparáveis e catastróficas foram encontradas principalmente nos Grupos B e C. Esses resultados demonstram que, em comparação aos tratamentos tradicionais, o pino de fibra de vidro confeccionado no sistema CAD-CAM melhora significativamente a resistência à fratura dos dentes com canais radiculares alargados.

Eid *et al.*, (2019) tiveram como objetivo investigar o efeito do fresamento de pinos e núcleos anatômicos personalizados fresados a partir de um compósito reforçados com fibras e blocos de polímeros de alta densidade usando a tecnologia CAD-CAM em comparação com pinos pré-fabricados de fibra para avaliar a resistência de união dos materiais testados, através do teste de push-out. Os resultados mostraram que a resistência de união foi significativamente maior nos grupos de pinos confeccionados em CAD-CAM do que nos grupos com pinos pré-fabricados, independentemente do material do pino. As falhas observadas foram adesivas entre cimento e dentina em todos os grupos exceto para o grupo de pinos e núcleos fresados com polímeros de alta densidade, onde a falha adesiva entre o cimento e o pino também foi observada. Como conclusão, o estudo mostrou que a técnica de fabricação com o sistema CAD-CAM melhorou a retenção do pino e núcleo no canal radicular.

Eid *et al.* (2019), ao avaliar, utilizando o teste push-out, a adaptação de pinos de fibra fresados em CAD-CAM verificando a presença ou a ausência de uma adesão adequada à dentina radicular, em comparação com os pinos de fibras pré-fabricados, onde as amostras foram submetidas a ciclos térmicos e depois a testes de flexão, os resultados mostraram que resistência de união ao push-out foi significativamente menor no grupo de pinos pré-fabricados cimentados com resina auto-adesiva ($8,54 \pm 3,35$ MPa) em comparação ao grupo de pinos fresados em CAD-CAM reforçados com compósitos cimentados com cimento resinoso autoadesivo ($12,10 \pm 1,38$ MPa). Como conclusão o estudo mostrou que pinos fresados em CAD-CAM têm um efeito positivo na retenção nas paredes do canal radicular, enquanto a adesão entre cimento autoadesivo e dentina não influenciou significativamente a resistência da união dos pinos fresados em CAD-CAM ao canal radicular.

Ruschel *et al.* (2018), avaliou as propriedades flexurais (resistência à flexão e módulo flexural), modo de falha, morfologia superficial e rugosidade de pinos de fibra de vidro fresados em CAD-CAM no sentido diagonal e de pinos fresados no sentido vertical (190 × 18 mm, Trilor Blanks; Bioloren, Saronno, VA, Itália), em comparação com um pino de fibra de vidro pré-fabricado (Exacto #3; Angelus, Londrina, PR, Brazil), e concluiu que os pinos de fibra de vidro pré-fabricados apresentaram maior rugosidade superficial. Já a força flexural foi mais alta para o pino pré-fabricado, seguido pelo pino fresados diagonalmente e a menor força foi encontrada para o pino fresado verticalmente. O módulo de flexão também foi mais alto para o pino pré-fabricado, seguido pelo pino fresado verticalmente e pelo pino fresado diagonalmente. O estudo ainda revelou que o método de fabricação dos pinos e a direção de fresagem dentro do disco ou bloco de fibra de vidro influenciam suas propriedades mecânicas, falhas e rugosidade da superfície. O módulo de flexão foi superior para o pino pré-fabricado e o padrão de fratura observado em pinos fresados foi de maneira semelhante a materiais frágeis (isto é, fraturas bem delineadas no centro da amostra). No geral, o sistema de pino de fibra de vidro pré-fabricado, teve o melhor desempenho mecânico e maior rugosidade superficial, quando comparados aos pinos fresados no sistema CAD-CAM, que apresentaram maior resistência à flexão e módulo de elasticidade.

A fabricante Angelus, dispõe no mercado de um material chamado Fibercad (Fibercad Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) para a confecção de retentores intrarradiculares em sistema CAD-CAM. Segundo o fabricante, esse material, é um composto de fibra de vidro (de 75 a 80%) e resina epóxi (20 a 25%), é estético (metal-free), resistente, suporta forças mecânicas próximas a 1.000 MPa (superior 3 vezes em relação a carga máxima da mastigação) possibilita a cimentação de próteses fixas extensas e até aonde não há remanescente dentário, é retentivo, pois por ser confeccionado sob medidas garante alta adesão ao conduto, tem módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, reduzindo as chances de fraturas da raiz. Entretanto, a fabricante não disponibiliza na bula do produto á quantos ciclos o produto passou para a resistência a fadiga. As informações técnicas disponíveis na bula apontam uma densidade de 2,15g/cm³, dureza brinell de 12-14kg/mm², resistência a flexão de 1100 MPa, módulo de elasticidade de 25 GPa, coeficiente de expansão térmica (20 – 700°C): 10 x 10⁻⁶ °C⁻¹ e diâmetro médio das fibras de 33 µm (ANGELUS, 2021).

A confecção de retentores intrarradiculares com o material chamado Fibercad se dá através do escaneamento do preparo da raiz ou uma moldagem em resina ou cera. A partir disso, é feita a usinagem do Fibercad com brocas de carbeto de tungstênio, após retirar a peça da máquina deve-se realizar reparos com pontas diamantadas. Para a cimentação adesiva, após verificar adaptação do núcleo, o fabricante recomenda que o mesmo seja limpo com álcool e seco com jatos de ar. Após, o silano deve ser aplicado e deixar secar por 1 minuto, e por fim, deve-se aplicar adesivo químico na porção radicular do núcleo. O canal deve ser lavado com jatos de água e secado com jatos de ar e pontas de papel absorvente, posteriormente deve-se aplicar o sistema adesivo, espatular cimento resinoso e aplicar sobre a porção radicular do núcleo e/ou conduto, reposicionar o núcleo no conduto, aguardar polimerização e remover excessos (ANGELUS, 2021).

Dantas *et al.* (2020) objetivou avaliar e comparar a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente restaurados com pinos de fibra de vidro convencionais (Reforpost® - Angelus Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil), e de pinos experimentais de fibra de vidro usinados pelo método CAD-CAM com o material Fibercad, através do teste de resistência à fratura por compressão, os resultados mostraram que a força requerida à fratura foram menores no grupo de pinos de fibra de vidro pré-fabricados (48,2 kgf), já para o grupo de pinos fresados em CAD-CAM, a força requerida foi de (56,9kgf), entretanto não houve diferenças estatísticas entre os grupos. Como conclusão, o estudo trouxe que os pinos confeccionados pela tecnologia CAD-CAM, podem ser uma alternativa para a restauração de dentes amplamente destruídos e tratados endodonticamente. Ainda segundo os autores, o material Fibercad, apresentou suas fibras incorporadas verticalmente na matriz de resina, isso sugere que os pinos devem ser fresados verticalmente nos blocos do material, evitando assim, que o material diminua suas propriedades mecânicas quando estiver cimentado.

6.4. PINOS DE FIBRA DE VIDRO AJUSTÁVEIS

Atualmente, sistemas de pinos ajustáveis estão sendo introduzidos no mercado. Os sistemas possuem um pino composto de fibras de vidro e resina epóxi e acompanham uma “luva” que se acopla ao pino e é possível ajustá-la ao conduto radicular ocupando espaços entre o pino e as paredes de canais amplos, assim esses sistemas podem ser empregados em canais amplos, médios ou estreitos. O sistema Splendor (Splendor SAP - Angelus® , Londrina, PR, Brasil) é um exemplo destes pinos

anatômicos ajustáveis, que dispensam etapas laboratoriais sendo possíveis ajustá-los e cimentá-los nos canais na mesma sessão da desobturação. Segundo a fabricante, o sistema está indicado para o apoio de restaurações e coroas protéticas. O pino é único e ajustável ao canal, considerado universal, para todos os tipos de canais, resultando na ausência ou no mínimo desgaste da estrutura dental, não ocorrendo assim, a fragilização do remanescente. A fabricante, em sua bula, diz que o Sistema Splendor- SAP, tem 80% de fibra de vidro e 20% de resina epóxi na sua composição, tanto para o pino quanto para a luva. Não possui metais em sua composição (metal-free), portanto apresenta-se esteticamente favorável, é anatômico e possui alta retentividade. A fabricante traz dados técnicos de resistência flexural de ≥ 1200 MPa e módulo de elasticidade de 45GPa, semelhante ao da dentina (18 GPa), reduzindo as chances de fraturas radiculares (KO *et al.*, 1992; ANGELUS, 2021).

Para a confecção e personalização do sistema, a fabricante indica remover parcialmente a obturação do canal, deixando de 3 a 5 mm de obturação no ápice radicular, posicionar o pino no conduto até o final do preparo, inserir a luva sobre o pino posicionando-a o mais apicalmente possível, demarcar a profundidade alcançada pela luva de acordo com as marcações no pino, cortar o conjunto pino e luva na altura definida de acordo com a oclusão, remover o conjunto do conduto, limpar a luva e o pino com álcool, em seguida aplicar uma camada de silano, aplicar o sistema adesivo sobre o pino e luva e para a cimentação, lavar o conduto com jatos de água e secar com pontas de papel absorvente, preparar o canal de acordo com o cimento a ser utilizado, espatular o cimento e preencher o conduto, aplicar cimento no interior da luva e no pino, posicionar inicialmente, o pino no conduto e em seguida a luva sobre o mesmo, remover os excessos de cimento e realizar a fotopolimerização (ANGELUS, 2021).

6.5 TESTE DE FLEXÃO

O teste de flexão segundo ASTM D790, mede a força requerida para dobrar um material sob a carga de três pontos. O dado é usado frequentemente para selecionar quais partes do material irão suportar peso sem flexionar. O módulo de flexão é usado como indicador da rigidez do material quando flexionado.

A Norma Internacional ISO 4049:2009 regulamenta os testes de flexão em odontologia. Para o teste de flexão por três pontos a norma indica que o aparelho, para a realização dos testes, consista essencialmente de duas hastes (2 mm de diâmetro), que devem estar paralelas com 20 mm entre os centros e uma terceira haste (também de 2

mm de diâmetro) deve estar centrada e paralela entre as outras duas, desta forma, as três hastes combinadas fornecem a pressão em três pontos quando o espécime estiver em posição. Após o espécime estar em posição na máquina de ensaios, deve-se aplicar a força no centro do material, e a velocidade da cruzeta de 0,75 a 0,25 mm/min com uma taxa de 50 a 16 N/m, até que o corpo de prova atinja o seu ponto de escoamento ou fratura. Os resultados obtidos após a fratura serão usados para o cálculo da resistência a flexão em megapascais (MPa) utilizando-se a seguinte equação:

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

Onde F é a carga máxima, em N, aplicada sobre o corpo de prova; l é a distância, em milímetros, entre os apoios; b é a largura da amostra em milímetros; h é a altura da amostra, em milímetros (ISO 4049:2009).

Cecchin *et al.* (2007) avaliou a resistência à flexão por três pontos de pinos de fibra de carbono revestida por fibra de vidro, em comparação aos pinos de fibra de vidro e aos pinos de fibra de carbono, o teste de flexão foi feito da seguinte forma: os corpos de prova foram posicionados de forma centralizada num suporte metálico com hastes verticais paralelas, extremidades arredondadas e distantes entre si. Esse suporte metálico foi acoplado a uma máquina universal de ensaios (Emic DL 2000®, Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com uma célula de carga de 2.000 N. Os corpos de prova foram dispostos horizontalmente em contato com as hastes do suporte metálico e, em seguida, a máquina foi acionada com uma velocidade de 0,5 mm/min. A porção móvel da máquina incidiu sua força perpendicularmente na região central dos corpos-de-prova até ocorrer fratura. Os valores de carga no momento da fratura foram registrados em Newtons (N) e a resistência flexural foi calculada usando-se a fórmula ISO10477:2004.

6.6. RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO

Uma das propriedades relevantes a serem testadas nos pinos intrarradiculares é a resistência flexural, uma vez que os dentes estão sujeitos a forças, que promovem flexão do dente e dos materiais restauradores. A resistência à flexão é definida como a habilidade de um material para resistir às forças que provocam a sua curvatura, sem fraturar ou sem sofrer deformação excessiva (XIBLE *et al.*, 2006). O ensaio de resistência flexural consiste, basicamente, num teste de resistência de uma barra apoiada em ambas as extremidades, submetidas a uma carga estática no centro do seu

comprimento. Neste caso, a barra é submetida ao teste de flexão de três pontos (CHAI *et al.*, 2005).

Em um estudo realizado por Mazzocato *et al.* (2006), com relação à resistência flexural, os resultados indicaram que os pinos poliméricos de fibra de carbono, vidro e quartzo, que foram testados, possuem uma resistência flexural máxima superior ao pino metálico. Em relação ao módulo flexural, verificaram não haver diferença estatística significativa entre os grupos (valores entre 24,82 e 36,76 GPa). Todos apresentaram módulo de elasticidade superior ao da dentina determinado por Ko *et al.* (1992), de 18 GPa. Por outro lado, os grupos que tinham pinos de fibra de quartzo e fibra de vidro tiveram a maior resistência à fratura e as fraturas que ocorreram foram favoráveis (fraturas possíveis de serem restauradas).

Cara *et al.* (2007), demonstraram que os pinos de fibra de carbono e os pinos de fibra de vidro têm resistência flexural menor que os núcleos metálicos fundidos, sendo de 30,99; 21,96 e 53,50 (kgf) respectivamente. Diferenças estatísticas significantes foram encontradas entre os grupos e assim o estudo concluiu que os núcleos metálicos fundidos em liga de cobre-alumínio apresentaram resistência à flexão significativamente maior quando comparados aos pinos de fibra de carbono e fibra de vidro; e que o desempenho dos pinos de fibra de carbono, com relação à resistência à flexão, foi melhor do que o dos pinos de fibra de vidro. O desempenho melhor dos núcleos metálicos fundidos, no estudo de Cara *et al.* (2007), com relação aos pinos de fibra de vidro talvez se deva principalmente às próprias características do metal e a sua correta adaptação ao conduto preparado. Também, vale ressaltar que porosidades, padrão da estruturação das fibras na matriz e propriedades dos materiais que compõem um pino pré-fabricado pode estar relacionado ao seu desempenho final.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo geral

Comparar a resistência à flexão de três sistemas de pinos de fibra de vidro personalizados.

7.2. Objetivos específicos

- Comparar a resistência a flexão de pinos de fibra de vidro convencionais reembasados com resina composta à de pinos personalizados fresados em CAD-CAM,

testando a hipótese nula de que pinos usinados em CAD-CAM e o sistema convencional reembasado possuem resistência à flexão semelhante.

- Comparar a resistência a flexão de pinos de fibra de vidro convencionais reembasados com resina composta à de pinos personalizados ajustáveis, testando a hipótese nula de que ambos os sistemas possuem resistência à flexão semelhantes.

8. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto utilizou apenas um dente bovino para a realização das modelagens. Logo, foi dispensado de submissão e avaliação pelo próprio Comitê de Ética no Uso de Animais (Ceua), da Universidade de Passo Fundo (UPF).

8.1 Divisão dos grupos

Neste estudo foram criados três grupos, com 10 corpos de prova cada (Figura 1). Os materiais testados foram: PCM (controle - pinos convencionais modelados com resina composta): Pinos pré-fabricados de fibra de vidro (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) reembasados com resina composta. PFF (pinos fresados com sistema CAD-CAM): Pinos fresados (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil). PPA (pinos personalizados ajustáveis): Pinos personalizados ajustáveis (Splendor SAP - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil).

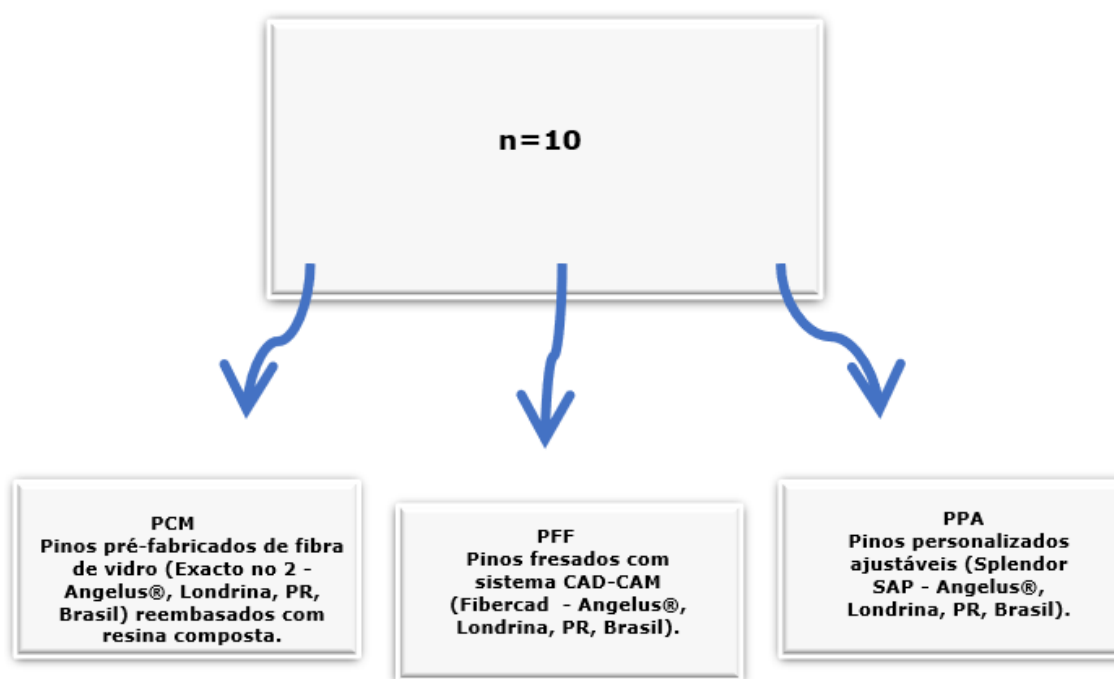


Figura 1. Número de amostras e divisão dos grupos formados.

8.2 Confeção dos corpos de prova

Para a realização deste estudo, foi selecionado um dente bovino anterior hígido e sem curvaturas radiculares. O dente teve sua coroa seccionada no terço cervical e removida, ficando apenas a porção radicular que foi preparada com brocas Largo e Gattes nos terços radicular e médio, após isso, foi feita a limagem do canal radicular com limas endodônticas (Figura 2).



Figura 2. Dente bovino selecionado para a confecção padronizada dos corpos de prova.

Os pinos do grupo PCM foram reembasados com resina composta fotoativada (Filtek Z250, 3M Dental[®] Sumaré, SP, Brasil) de acordo com este único dente. A superfície dos pinos (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), foram limpas com ácido fosfórico a 37% (Condac37, FGM[®], Joinville, SC, Brasil), por 60 segundos, lavados com spray ar/água e seco com jatos de ar. Após, foi aplicado silano (Prosil, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) por 60 segundos, os excessos foram removidos com jatos de ar, e em seguida aplicado o sistema adesivo (Ambar, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) na superfície do pino que foi fotoativado (Ratii-Cal, SDI[®] São Paulo, SP, Brasil) por 30 segundos. O conduto radicular foi seco com cones de papel absorvente e isolado com gel de clorexidina 2% (Natufharma, Passo Fundo, RS, Brasil) para sua modelagem. Incrementos de resina composta foram postos sobre o pino que foi levado ao canal a fim de promover o reembasamento. Com o pino em posição, foi fotoativado por 5 segundos e depois o conjunto foi removido e recebeu a fotoativação por 40 segundos em cada uma das faces. Por fim, verificou-se a adaptação do pino ao conduto radicular (Figura 3).

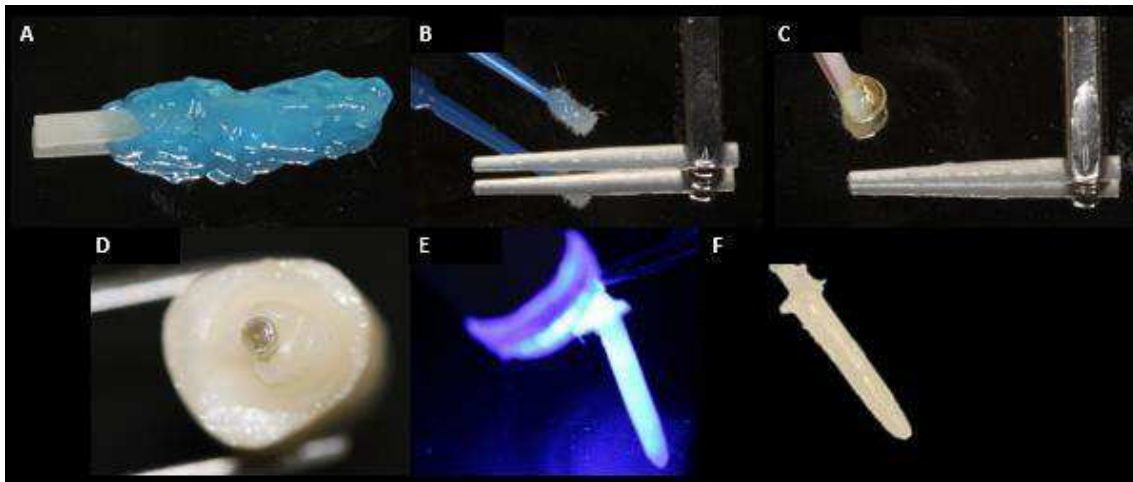


Figura 3. Confeção dos corpos de prova do grupo PCM. (A) limpeza do pino com ácido fosfórico 37%; (B) aplicação do silano sobre o pino; (C) aplicação do adesivo; (D) inserção do pino no conduto radicular contendo resina composta em sua superfície para a promoção do reembasamento; (E) fotopolimerização do conjunto após o reembasamento; (F) aspecto final do pino anatomizado.

Para a confecção do grupo PFF uma amostra do grupo PCM foi scaneada (inEos X5, Sirona Dental Systems, EUA) e gerado um arquivo stl do qual foram fresados em CAD-CAM (inLab MC X5, Sirona Dental Systems, EUA) a partir de uma bolacha do material FiberCad (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) os retentores personalizados do grupo PFF. Assim, houve uma padronização das amostras (Figura 4).

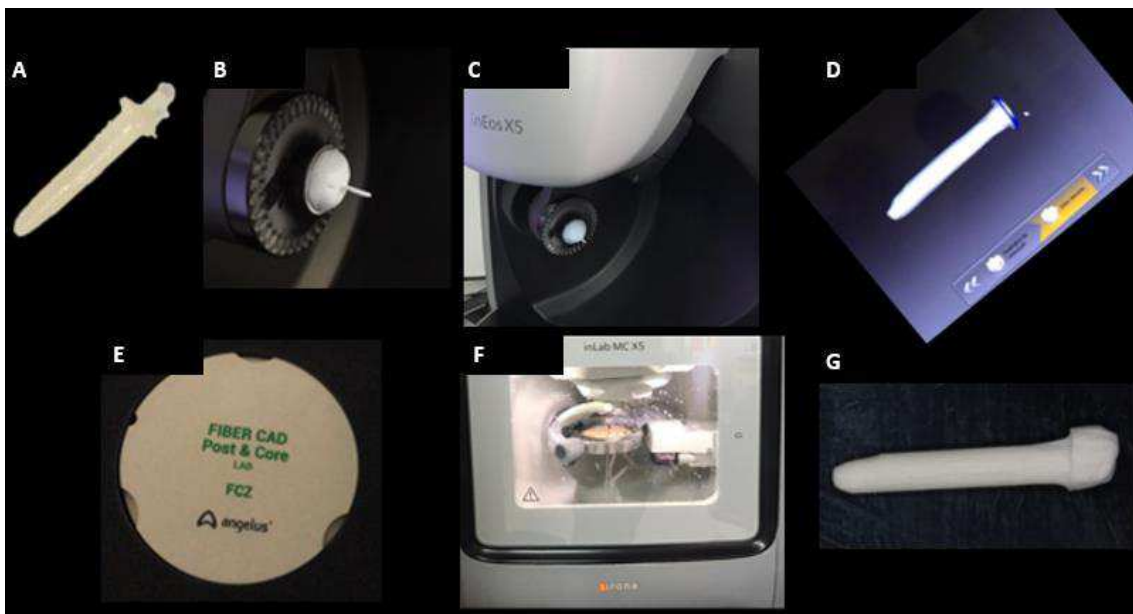


Figura 4. (A) pino reembasado com resina composta, do grupo PCM que serviu como modelo a ser scaneado; (B) confecção do modelo do pino; (C) scaneamento do modelo; (D) modelo em digital do pino pertencente ao grupo PCM, copia dos pinos a serem fresados; (E) material utilizado para a fresagem dos pinos do grupo PFF; (F) fresagem em sistema CAD-CAM dos corpos de prova do grupo PFF; (G) amostra pronta do grupo PFF.

Para a confecção das amostras do grupo PPA, selecionamos o mesmo dente utilizado para a personalização do grupo PCM. 10 pinos (Splendor SAP - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), foram selecionados e as superfícies do pino e da luva foram limpas com ácido fosfórico a 37% (Condac37, FGM[®], Joinville, SC, Brasil), por 60 segundos, lavadas com spray ar/água e secos com jatos de ar. Após isso, foi aplicado o silano (Prosil, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) por 60 segundos, e os excessos removidos com jatos de ar, em seguida foi aplicado o sistema adesivo (Ambar, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) na superfície do pino e da luva que foram fotoativados (Radii-Cal, SDI[®] São Paulo, SP, Brasil) por 30 segundos. Depois disso, foi aplicado o cimento resinoso (Allcem Dual, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) sob a superfície do pino principal, que foi levado ao interior do conduto radicular já isolado com gel de clorexidina 2% (Natufarma, Passo Fundo, RS, Brasil) e por fim, a luva foi acoplada sobre o pino principal dentro do canal radicular para a personalização do sistema. Foi feita a fotopolimerização por 5 segundos (Radii-Cal, SDI[®] São Paulo, SP, Brasil), depois disso o sistema foi retirado do conduto radicular e feita a fotopolimerização por 40 segundos em cada uma das faces. Por fim, verificamos a adaptação do pino ao conduto radicular (Figura 5).

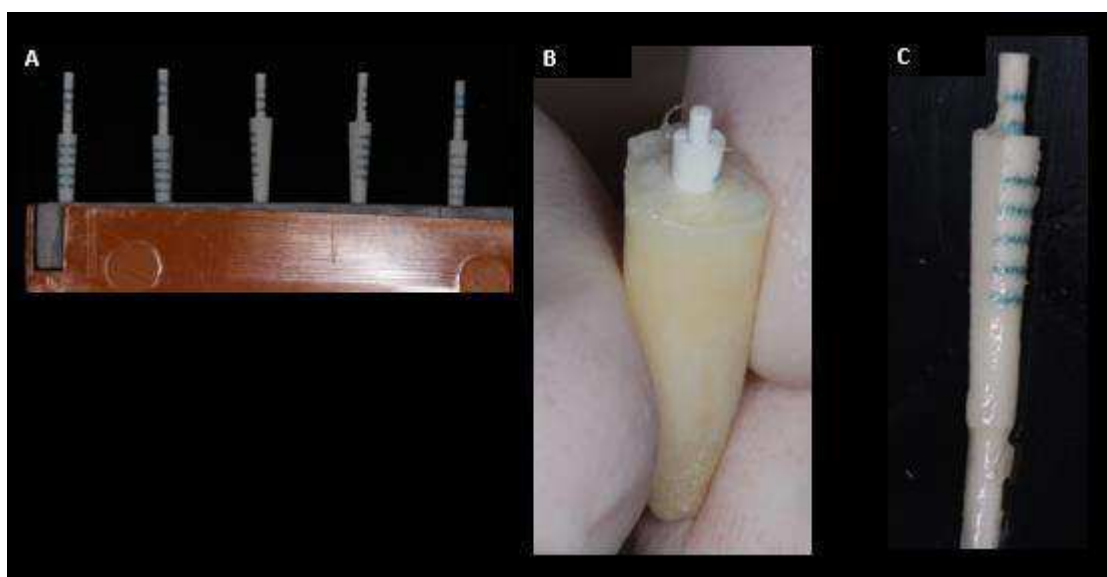


Figura 5. (A) seleção dos pinos a serem preparados; (B) após seguir os passos do tratamento de superfície do pino e da luva, realizamos a anatomização do pino; (C) aspecto final de uma das amostras do grupo PPA finalizada.

8.3 Teste de flexão

O ensaio de resistência flexural consistiu em um teste de resistência dos corpos de prova que foram apoiados em ambas as extremidades e foram submetidos a uma carga estática no centro do seu comprimento, teste esse denominado de “flexão por três pontos”. O teste foi adaptado da norma ISO 4049:2009. Os corpos de prova foram posicionados de forma centralizada num suporte metálico que foi acoplado a uma máquina universal de ensaios (Emic DL 2000®, Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com uma célula de carga de 2000 N. (Figura 6). Os corpos de prova foram dispostos horizontalmente em contato com as hastes do suporte metálico e, em seguida, a máquina foi acionada com uma velocidade de 0,5 mm/min. A porção móvel da máquina incidiu sua força perpendicularmente na região central dos corpos-de-prova até ocorrer a fratura. Os valores de carga no momento da fratura foram registrados em Newtons (N) e usados para o cálculo da resistência a flexão em megapascals (MPa) utilizando-se a seguinte equação:

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

Onde F foi carga máxima, em N, aplicada sobre o corpo de prova; l foi a distância, em milímetros, entre os apoios; b a largura da amostra em milímetros; h é a altura da amostra, em milímetros (ISO 4049:2004).

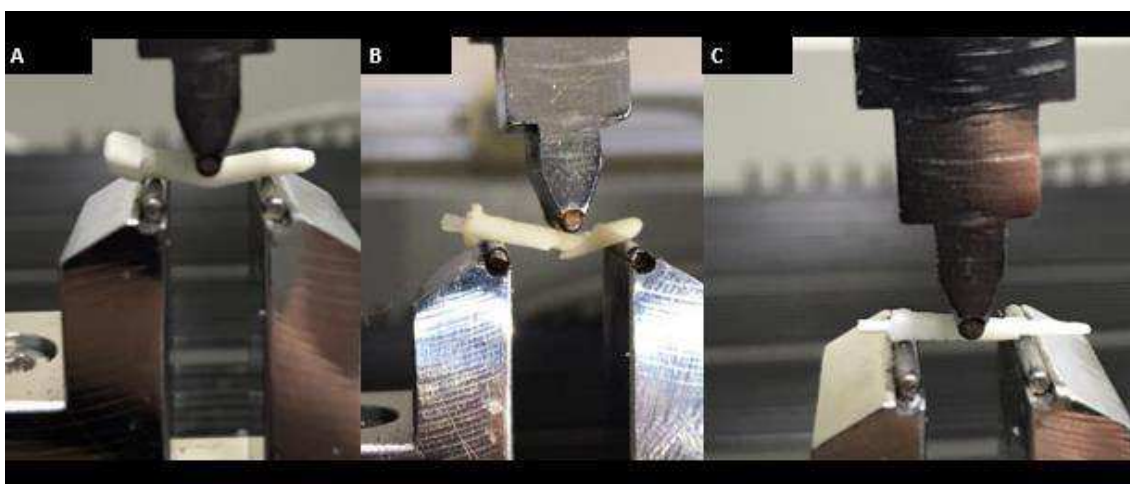


Figura 6. (A) amostra do grupo PPF submetido ao teste de flexão por três pontos; (B) amostra do grupo PCM submetido ao teste de flexão por três pontos; (C) amostra do grupo PPA submetido ao teste de flexão por três pontos.

9. RESULTADOS

A análise da igualdade de variâncias demonstrou que não há diferença entre as variâncias dos grupos, permitindo a aplicação de uma análise paramétrica (Teste de Levene, $p = 0,089$) (Figura 7).

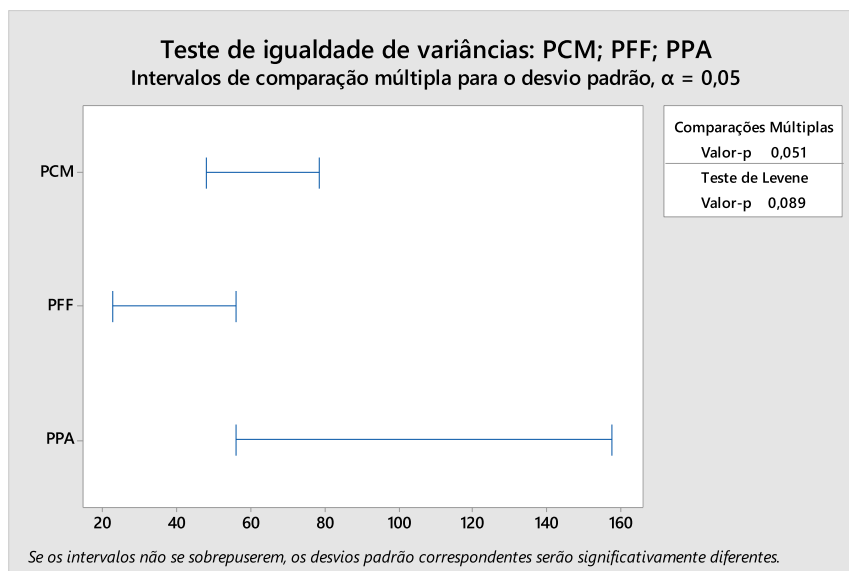


Figura 7. Teste de igualdade de variâncias.

A análise de variância mostrou que existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p=0,000$). Para verificar em quais grupos a diferença se encontra, foi aplicado um teste pós hoc de Tukey.

Os resultados obtidos, mostraram que o grupo PFF demonstrou resistência flexural superior aos grupos PPA e PCM que não apresentaram diferença entre si. Além disso, o grupo PFF apresentou os menores valores de variância, gerando dados mais homogêneos de resistência (Tabela 1).

Tabela 1. Médias da resistência flexural (MPa) dos grupos do estudo (média), desvio padrão (DP), agrupamento (agrupamento), variância (variância), mediana (mediana) e desvio interquartil (DIQ).

Grupo	Média	DP	Agrupamento	Variância	Mediana	DIQ
PCM	347,7	53,8	B	2896	353,2	96,8
PFF	654,37	31,39	A	985	652,52	39,67
PPA	378,4	81,0	B	6565	408,0	154,4

*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

10. DISCUSSÃO

Além do reembasamento com resina composta para tornar um pino anatômico, há atualmente no mercado alguns sistemas de retentores intrarradiculares anatômicos ajustáveis e materiais que permitem utilizar a tecnologia CAD-CAM para produção destes, também de forma personalizada. Nessa última situação, há a possibilidade de fresar tanto o pino quanto o núcleo, em formato de corpo único, reduzindo o número de interfaces adesivas (LIU *et al.*, 2010). Nessa perspectiva, o presente estudo objetivou comparar a resistência à flexão de pinos de fibra de vidro convencionais reembasados e de pinos personalizados ajustáveis com a de pinos personalizados, de corpo único, fresados em CAD-CAM. Mesmo que o uso de retentores intrarradiculares anatômicos apresentem propriedades e vantagens favoráveis, há poucos estudos do comportamento mecânico de pinos confeccionados através da tecnologia CAD-CAM.

O teste de flexão, segundo o método de teste ASTM D790, é usado para medir o quanto um material suporta um peso sem dobrar quando submetido a forças que provoquem a sua curvatura (ASTM D790). É indicado para testes em materiais rígidos e semi-rígidos, como os retentores intrarradiculares utilizados na presente pesquisa (ISO 4049:2009). O teste citado já foi utilizado por Cecchin *et al.* (2007), para avaliar a resistência à flexão de pinos de fibra de carbono revestida por fibra de vidro, em comparação aos pinos de fibra de vidro e aos pinos de fibra de carbono, onde os resultados trouxeram que o grupo de pinos de fibra de vidro (Reforpost® - Angelus, Londrina, PR, Brasil) apresentou resistência flexural de 78,94 MPa. Entretanto, os resultados obtidos podem variar em relação aos fatores experimentais como à distância dos suportes e o diâmetro das amostras bem como em relação à composição dos corpos de prova (LASSILA *et al.*, 2004).

As características mecânicas dos pinos de fibra de vidro dependem das suas propriedades físicas como a direção, volume, fração, diâmetro, impregnação das fibras na matriz resinosa, contração de polimerização da resina, além das características das fibras e da resina, sendo a ligação da matriz e das fibras um dos motivos que influenciam na resistência do pino, onde a fibra absorve as tensões de tração e a matriz resinosa as tensões de compressão, forças geralmente comuns durante a mastigação (DRUMMOND & BAPNA, 2003; GRANDINI *et al.*, 2008; NOVAIS *et al.*, 2009; FRANCO *et al.*, 2014). Ainda, segundo Grandini *et al.* (2008), uma grande fração volumétrica de fibras desenvolve uma maior resistência do pino a fraturas. Portanto, a composição do pino, suas características de estrutura, como as citadas acima, devem ser

consideradas quando houver valores de resistência a flexão divergentes entre os produtos com a mesma composição (LASSILA *et al.*, 2004).

Estudos visando analisar a composição dos pinos de fibras foram realizados para a elucidação da influência das suas propriedades físicas em relação às características mecânicas. Novais *et al.* (2016), avaliaram a resistência e o módulo de flexão de diferentes pinos reforçados com fibras, através do teste de flexão por três pontos e determinaram a correlação entre propriedades mecânicas e as características estruturais examinadas por microscopia eletrônica de varredura. Os valores de resistência à flexão variaram de 493 a 835 MPa, sendo a resistência flexural do pino Exacto (Angelus; Londrina; Brazil) de 835,9 MPa, e se correlacionaram diretamente com a relação fibra/matriz. O estudo concluiu que as características estruturais afetaram significativamente as propriedades dos pinos reforçados por fibras e que as características estruturais e propriedades mecânicas dos pinos de fibra de vidro dependem da fabricação. Em comparação com o estudo citado, não analisamos em microscopia eletrônica de varredura o diâmetro das fibras, nem defeitos estruturais invisíveis a olho nú na superfície dos corpos de prova, não podendo afirmar que esses fatores tenham influenciado na diferença estatística entre os grupos testados, bem como também não analisamos o módulo de elasticidade das amostras. Quanto a comparação entre os valores da resistência a flexão do pino Exacto (Angelus; Londrina; Brazil), nossos resultados diferem de Novais *et al.* (2016), que obtiveram 835,9 MPa, contra 347,7 MPa obtidos pelo presente estudo. Apesar disso, sabe-se que a comparação entre estes valores numéricos é uma prática difícil de ser realizada, tendo em vista as possíveis diferenças metodológicas utilizadas pelos estudos, bem como na confecção das amostras testadas.

Obukuro *et al.* (2008) analisaram o efeito do diâmetro das fibras de vidro nas propriedades de flexão de compósitos reforçados com fibras, através dos testes de resistência à flexão onde as amostras eram em forma de barras compostas por um compósito altamente preenchido com reforços de fibra (FRCs) e de um compósito com teor de fibra em 30%, ambos os grupos foram feitos, além das fibras, com um líquido monômero de dimetacrilato fotopolimerizado, os espécimes testados possuíam fibras de vidro de 7, 10, 13, 16, 20, 25, 30 e 45 μm de diâmetro. A resistência à flexão aumentou com o aumento do diâmetro da fibra, que estavam dispostas longitudinalmente nas amostras. Os corpos de prova testados no presente estudo possuem, segundo a fabricante, fibras impregnadas na matriz resinosa dispostas longitudinalmente,

entretanto na bula dos produtos está disponível o diâmetro médio das fibras apenas do produto que compôs o grupo PFF, apontando um diâmetro de 33 μ m, o resultado médio da resistência a flexão para esse grupo foi de 654,37 MPa, sendo semelhante ao encontrado por Obukuro *et al.*, (2008) no grupo altamente preenchido com reforços de fibra com diâmetro de 30 μ m sendo de 672 MPa, os resultados parecidos podem estar relacionados a composição dos materiais, que são altamente preenchidos por fibras de vidro, com o diâmetro semelhante e foram submetidos ao mesmo teste.

O material Exacto (Exacto – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), possui, de acordo com a fabricante, módulo de elasticidade de 40 GPa e resistência flexural de 1000-1200 GPa, dados obtidos através do ensaio de flexão por três pontos (ANGELUS, 2021). No presente estudo, os pinos reembasados com resina composta, grupo PCM apresentaram 347,7 MPa de resistência a flexão, não diferindo estatisticamente do grupo PPA, que apresentou resistência flexural de 378,4 MPa, segundo a fabricante, o produto Splendor-SAP apresenta resistência flexural de \geq 1200 MPa, diferindo dos resultados encontrados no presente estudo (ANGELUS, 2021). Os dados disponibilizados pela fabricante em relação ao grupo PPA, não foram confirmados por nenhum estudo disponível na literatura atual.

Os pinos fresados em CAD-CAM com o material Fiber-Cad compuseram o grupo PFF, que apresentou resistência flexural de 654,37 MPa, sendo estatisticamente superior aos demais grupos. Segundo a fabricante, o material apresentou resistência a flexão de 1100 MPa, e um módulo de elasticidade de 25 GPa (ANGELUS, 2021). Dantas *et al.* (2020), ao comparar a resistência à fratura de dentes restaurados com pino de fibra de vidro Reforpost[®] (Angelus Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil), e pino usinado pelo método CAD-CAM com o material Fibercad (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), através da resistência à fratura por compressão, os resultados mostraram que os grupos não diferiram estatisticamente. Como conclusão, os autores trouxeram que os pinos de fibra desenvolvidos pela tecnologia CAD-CAM podem surgir como alternativa viável para restaurações de elementos tratados endodonticamente que necessitam de retentores intrarradiculares. Os resultados obtidos por Dantas *et al.* (2020) corroboram com os nossos achados no presente estudo, onde o material Fibercad obteve resultados superiores aos demais grupos.

Os três materiais testados apresentam, em sua composição, em torno de 80% de fibras de vidro e 20% de resina epóxi, segundo dados disponíveis na bula dos produtos

(ANGELUS, 2021). Na bula do sistema Splendor-SAP, a fabricante relata que em uma seção transversal do sistema, foi possível observar que as fibras estavam distribuídas de maneira homogênea e a quantidade era satisfatória, ainda, as imagens mostravam que as fibras estavam dispostas longitudinalmente (ANGELUS, 2021). O mesmo foi possível observar em relação ao material Exacto (Exacto – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), (ANGELUS, 2021). O grupo PFF, composto por pinos fresados em CAD-CAM com o material Fibercad, obteve a maior resistência flexural, e embora os materiais testados tenham composição semelhante, o resultado pode ser explicado graças a melhor disposição e agrupamento das fibras de vidro, tornando o material mais homogêneo, falhando com menos facilidade e também pela confecção das amostras, onde os espécimes do grupo PFF foram fresados verticalmente assegurando as propriedades do material que apresenta fibras incorporadas verticalmente na matriz de resina (DANTAS *et al.*, 2020) e os demais grupos, pré fabricados, podem ter sofrido defeitos de fabricação, entre outros fatores que colaboraram para o menor desempenho de resistência. Segundo Ruschel *et al.* (2018) o método de fabricação dos pinos bem como a fresagem dentro do disco de fibra de vidro em CAD-CAM, influenciam nas propriedades mecânicas, modo de falha e rugosidade superficial. Shipley e Becker (2002), determinaram que de acordo com a orientação da fibra de vidro e com a direção de fresagem, o corpo de prova pode ter valores de resistência que variam, mesmo sendo confeccionado do mesmo material, explicando a hipótese descrita acima.

Ruschel *et al.* (2018) avaliaram as propriedades de flexão (resistência à flexão e módulo flexural), modo de falha, morfologia superficial e rugosidade de pinos pré-fabricados de fibra de vidro (Exacto 3; Angelus, Londrina, PR, Brasil), de pinos fresados em CAD-CAM no sentido diagonal e de pinos fresados no sentido vertical (190 × 18 mm, Trilor Blanks; Bioloren, Saronno, VA, Itália). A resistência a flexão foi maior para o grupo de pinos pré-fabricados, seguido pelos fresados diagonalmente e pelos fresados verticalmente. Segundo o autor, o grupo de pinos pré-fabricados apresentou as melhores propriedades mecânicas devidamente ao maior diâmetro das fibras de vidro contidas na estrutura, sugerindo que isso causou maior resistência a flexão, quando comparado aos grupos de pinos fresados, que tiveram suas propriedades prometidas quando alterou-se a direção de fresagem. O estudo trouxe também que as técnicas de processamento, características do material como a sua composição, tipo de fibra, sua relação com a matriz e seu posicionamento em relação a matriz podem definir

o desempenho mecânico do retentor. No presente estudo, não avaliamos a rugosidade superficial, o tamanho e direção das fibras, padrão de falha e módulo de flexão. A resistência a flexão encontrada, no presente estudo, para pinos de fibra de vidro pré-fabricados foi de 347,7 MPa e de 654,37 MPa para o grupo de pinos fresados, diferindo dos resultados encontrados por Ruschel *et al.* (2018) que utilizou um material experimental diferente do para a confecção de pinos fresados.

O presente estudo apresenta algumas limitações como a falta da análise de falha através da microscopia eletrônica de varredura, o fato de o estudo ser *in vitro* não podendo avaliar o envelhecimento das amostras, fadiga, cimentação e demais fatores como a quantidade de desgaste de cada conduto, comprimento e diâmetro dos retentores.

11. CONCLUSÃO

Os retentores intrarradiculares fresados a partir de blocos de fibras de vidro para os sistemas CAD-CAM apresentam-se como uma boa alternativa de pinos anatômicos, pois possuem resistência à flexão superior aos pinos pré-fabricados reembasados com resina composta e aos pinos ajustáveis ao canal radicular. Nessas duas últimas situações, não há diferença na resistência à flexão.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELUS. Bula do produto fiber cad post & core®. Disponível em: <http://www.angelus.ind.br/Fiber-Cad---Post-&-Core-353.html>. Acesso em: 05/08/2019.

ANGELUS. Bula do produto splendor-SAP®. Disponível em: <https://angelus.ind.br/produto/splendor-sap/>. Acesso em: 29/07/2021.

ANGELUS. PERFIL TÉCNICO CIENTÍFICO - Pinos de fibra. Disponível em: <https://angelus.ind.br/produto/exacto/>. Acesso em: 29/07/2021.

ANGELUS. PERFIL TÉCNICO CIENTÍFICO - SPLENDOR - SAP. Disponível em: <https://angelus.ind.br/produto/splendor-sap/>. Acesso em: 29/07/2021.

ASSIF, D.; BITENSKI, A.; PILO, R.; OREN, E. Effect of post design on resistance to

fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J. Prosthet. Dent.*, v. 69, p. 36-40, 1993.

ASTM D790 - American Society for Testing and Materials. (1999) Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.

AWAD, M. A.; MARGHALANI, T. Y. Fabrication of a custom-made ceramic post and core using CAD-CAM technology. *J. Prosthet. Dent.*, v. 98, n. 2, p. 161-162, 2007.

BACCHI, A.; CALDAS, R. A.; SCHMIDT, D.; DETONI, M.; SOUZA, M. A.; CECCHIN, D.; FARINA, A. P. Fracture Strength and Stress Distribution in Premolars Restored with Cast Post-and-Cores or Glass-Fiber Posts Considering the Influence of Ferule. *Biomed. Res. Int.*, v. 2019, p. 1–7, 2019.

BONFANTE, G.; KAIZER, O. B.; PEGORARO, L. F.; & DO VALLE, A. L. Fracture strength of teeth with flared root canals restored with glass fibre posts. *Int. Dent. J.*, v. 57, n. 3, p. 153–160, 2007.

BORZANGY, S. S.; SAKER, S. M.; AL-ZORDK, W. A. Effect of restoration technique on resistance to fracture of endodontically treated anterior teeth with flared root canals. *J. Biomed. Res.*, v. 33, n. 2, p.131–138, 2019.

CARA, A. A.; CAPP, C. I.; TACHIBANA, A.; CASTANHO, G. M.; BARROS, R. X. Resistência à flexão de pinos de fibra de carbono e de fibra de vidro. *Rev. Odontol. Univ. Cid. São Paulo.*, v. 19, n. 1, p. 13-20, 2007.

CECCHIN, D.; FARINA, A. P.; TACCA, F.; INVITTI, D. S. B. A. D.; JÚNIOR, B. C. Resistência flexural de pinos de fibra de vidro, pinos de fibra de carbono recobertos por fibra de vidro e pinos de fibra de carbono. *RFO*, v. 12, n. 2, p. 42-45, 2007.

CHAI, J.; TAKAHASHI, Y.; HISAMA, K.; SHIMIZU, H. Effect of water storage on the flexural properties of three glass fiber-reinforced composites. *Int. J. Prosthodont.*, v. 18, n. 1, p. 28-33, 2005.

CLAVIJO, V. G. R.; SOUZA, N. C.; ANDRADE, M. F.; SUSIN, A. H. Pinos anatômicos – uma nova perspectiva clínica. *Dent. Press. Estet.*, v. 3, p. 100-121, 2006.

COSTA, R. G.; MORAIS, E. C. C.; LEÃO, M. P.; BINDO, M. J. F.; CAMPOS, E. A.; CORRER, G. M. Three-year follow up of customized glass fiber esthetic posts. *Eur. J. Dent.*, v. 5, p. 107-112, 2011.

DANTAS, R. A.; DELGADO, L. A.; ROLIM, A. K. A.; MARTINS, J. N.; ORTEGA, V. L.; RAMOS, G. G. Comparação da resistência de pino intrarradicular de fibra de vidro com pino experimental confeccionado pela tecnologia CAD/CAM. *Res. Soc. Dev.*, v. 9, n. 7, 2020.

DRUMMOND, J. L.; BAPNA, M. S. Static and cyclic loading of fiber-reinforced dental resin. *Dent. Mater. J.*, v. 19, p. 226-231, 2003.

DURET, B.; REYNAUD, M.; DURET, F. New concept of coronoradicular reconstruction: the Composipost. *Chir. Dent. Fr.*, v. 60, p. 131-141, 1990.

EID, R.; AZZAM, K.; SKIENHE, H.; OUNSI, H.; FERRARI, M.; SALAMEH, Z. Influence of Adaptation and Adhesion on the Retention of Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing Glass Fiber Posts to Root Canal. *J. Contemp. Dent. Pract.*, v. 20, p. 1003-1008, 2019.

EID, R.; JULOSKI, J.; OUNSI, H.; SILWAIDI, M.; FERRARI, M.; SALAMEH, Z. Fracture Resistance and Failure Pattern of Endodontically Treated Teeth Restored with Computer-aided Design/ Computer-aided Manufacturing Post and Cores: A Pilot Study. *J. Contemp. Dent. Pract.*, v. 20, n. 1, p. 56-63, 2019.

EID, R.; KOKEN, S.; BABA, N. Z.; OUNSI, H.; FERRARI, M.; SALAMEH, Z. Effect of Fabrication Technique and Thermal Cycling on the Bond Strength of CAD/CAM Milled Custom Fit Anatomical Post and Cores: An *In Vitro* Study. *J. Prosthodont.*, v. 28, p. 898–905, 2019.

FARIA-E-SILVA, A. L.; PEDROSA-FILHO, C. D.; MENEZES, M. D.; SILVEIRA, D. M.; MARTINS, L. R. Effect of relining on fiber post retention to root canal. *J. Appl. Oral Sci.*, v. 17, n. 6, p. 600-604, 2009.

FERRARI, M.; VICHI, A.; MANNOCCI, F.; MASON, P. N. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am. J. Dent.*, v. 13, p. 9-13, 2000.

FERREIRA, M. B. D. C.; CARLINI-JÚNIOR, B.; SILVA-SOUSA, Y. T.; GOMES, E. A.; SPAZZIN, A. O. Pino de fibra de vidro anatômico: relato de caso. *J. Oral Invest.*, v. 7, n. 1, p. 52-61, 2018.

FRANCO, A. P. G. O.; HECKE, M. B.; SYDNEY, G. B.; MAZUR, R. F.; GOMES, O. M. M. Influência da arquitetura, diâmetro e fração de volume das fibras na resistência à flexão e módulo de elasticidade dos pinos intrarradiculares. *Clin. Lab. Res. Den.*, v. 21, n. 3, p. 171-179, 2015.

FRANCO, A. P. G. O.; PORTERO, P. P.; MARTINS, G. C.; CALIXTO, A. L.; PEREIRA, S. K.; GOMES, J. C.; GOMES, O. M. M. Pinos intrarradiculares estéticos – caso clínico. *Rev. Inst. Ciênc. Saúde*, v. 27, n. 1, p. 81-85, 2009.

FRANCO, É. B.; VALLE, A. L.; ALMEIDA, A. L. P. F.; RUBO, J. H.; & PEREIRA, J. R. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber posts of different lengths. *J. Prosthet. Dent.*, v. 111, n. 1, p. 30–34, 2014.

GALHANO, G. A.; VALANDRO, L. F.; DE MELO, R. M.; SCOTTI, R.; BOTTINO, M. A. Evaluation of the flexural strength of carbon fiber-, quartz fiber-, and glass fiber-based posts. *J. Endod.*, v. 31, p. 209-211, 2005.

GARCIA, P.; DA COSTA, R.; GARCIA, A.; GONZAGA, C.; DA CUNHA, L.; REZENDE, C.; & CORRER, G. Effect of surface treatments on the bond strength of CAD/CAM fiberglass posts. *J. Clin. Exp. Dent.*, v. 10, n. 6, p. 591-597, 2018.

GRANDINI, S.; CHIEFFI, N.; CAGIDIACO, M. C.; GORACCI, C.; FERRARI, M. Fatigue resistance and structural integrity of different types of fiber posts. *Dent. Mater. J.*, v. 27, p. 687-694, 2008.

GRANDINI, S.; GORACCI, C.; MONTICELLI, F.; BORRACCHINI, A.; FERRARI M. Evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J. Adhes. Dent.*, v. 7, p. 235-240, 2005.

GRANDINI, S.; GORACCI, C.; TAY, F. R.; GRANDINI, R.; FERRARI, M. Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. *Int. J. Prosthodont.*, v. 18, p. 399-404, 2005.

GRANDINI, S.; SAPIO, S.; SIMONETTI, M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J. Adhes. Dent.*, v. 5, p. 243–247, 2003.

ISO 4049 Dentistry-polymer-based filling, restorative and luting materials, 2004.

KALYONCUOGLU, E.; URAL, Ç.; AYDEMİR, H.; ASLAN, M. A.; BALKAYA, V. Effect of 1-piece post and core fabrication techniques on fracture strength. *J. Appl. Biomater. Funct. Mater.*, v. 13, n. 3, 2015.

KO, C. C.; CHU, C. S.; CHUNG, K. H.; LEE, M. C. Effects of posts on dentin stress distributions in pulpless teeth. *J. Prosthet. Dent.*, St. Louis, v. 68, p. 421-427, 1992.

LASSILA, L. V.; TANNER, J.; LE BELL, A. M.; NARVA, K.; VALLITTU, P. K. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent. Mater. J.*, v. 20, p. 29-36, 2004.

LIU, P.; DENG, X.-L.; & WANG, X.-Z. Use of a CAD/CAM-fabricated glass fiber post and core to restore fractured anterior teeth: A clinical report. *J. Prosthet. Dent.*, v. 10, n. 6, p. 330–333, 2010.

LOURO, R. L.; VIERA, I. M.; FIRME, C. T. Uso do núcleo metálico fundido na reconstrução de dentes tratados endodonticamente: relato de caso clínico. *UFES. rev. Odontol.*, v. 10, n. 2, p. 69-75, 2008.

MACCARI, P. C. A.; CONCEIÇÃO, E. N.; NUNES, M. F. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with three different prefabricated esthetic posts. *J. Esthet. Restor. Dent.*, Hamilton, n. 15, p. 25-31, 2003.

MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. *J. Endod.*, v. 36, p. 1543-1546, 2010.

MARCOS, R. M.; KINDER, G. R.; ALFREDO, E.; QUARANTA, T.; CORRER, G. M.; CUNHA, L. F.; *et al.* Influence of the resin cement thickness on the push-out bond strength of glass fiber posts. *Braz. Dent. J.*, v. 27, n. 5, p. 592-598, 2016.

MAZZOCCATO, D. T.; HIRATA, R.; PIRES, L. A. G.; MOTA, E.; MORAES, L. F.; MAZZOCCATO, S. T. Propriedades flexurais de pinos diretos metálico e não – metálicos. *Dent. Press. Estét.*, v. 3, n. 3, 2006.

NAUMANN, M.; BLANKENSTEIN, F.; DIETRICH, T. Survival of glass fibre reinforced composite post restorations after 2 years. An observational clinical study. *J. Dent.*, v. 33, p. 305-312, 2005.

NOVAIS, V. R.; QUAGLIATTO, P. S.; BONA, A. D.; CORRER SOBRINHO, L.; SOARES, C. J. Flexural modulus, flexural strength, and stiffness of fiber-reinforced posts. *Indian J. Dent. Res.*, v. 20, n. 3, p. 277-281, 2009.

NOVAIS, V. R.; RODRIGUES, R. B.; SIMAMOTO JÚNIOR, P. C.; CORRER SOBRINHO, L.; SOARES, C. J. Correlation between the Mechanical Properties and Structural Characteristics of Different Fiber Posts Systems. *Braz. Dent. J.*, v. 27, n. 1, p. 46-51, 2016.

OBUKURO, M.; TAKAHASHI, Y.; SHIMIZU, H. Effect of Diameter of Glass Fibers on Flexural Properties of Fiber-reinforced Composites. *Dent. Mater. J.*, v. 27, n. 4, p. 541 – 548, 2008.

PANG, J., FENG, C., ZHU, X., LIU, B., DENG, T., GAO, Y., LI, Y.; KE, J. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent. Mater. J.*; 2018.

PEDROSA FILHO, C. F. Influência do reembasamento com resina composta na resistência à extrusão de retentores intraradiculares de fibra de vidro. (Tese)-Doutorado. Faculdade de Odontologia, Unicamp, Piracicaba, 2006.

RUSCHEL, G. H.; GOMES, E. A.; SILVA-SOUSA, Y. T.; PINELLI, R. G. P.; SOUSA-NETO, M. D.; PEREIRA, G. K. R.; SPAZZIN, A. O. Mechanical properties and superficial characterization of a milled CAD-CAM glass fiber post. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, v. 82, p. 187-192, 2018.

SAHAFI, A.; PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E.; GOTFREDSEN, K. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J. Adhes. Dent.*, v. 5, p. 153-162, 2003.

SHIOZAWA, L. J.; CAPP, C. I.; MANDETTA, S.; CARA, A. A.; TAMAKI, R. Retenção de pinos pré-fabricados e núcleos metálicos fundidos cimentados com cimento resinoso e fosfato de zinco. *RPG, Rev. Pós-Grad.*, v. 12, n. 2, p. 248-254, 2005.

SHIPLEY, R.J. & BECKER, W.T. Failure analysis continuous fiber reinforced composites. In: Smith, T.W., Grove, R.A. (Eds.), *ASM Handbook: Failure Analysis and Prevention*. ASM International, Ohio, pp. 731–743, 2002.

SILVA, G. R.; SANTOS-FILHO, P. C.; SIMAMOTO-JÚNIOR, P. C.; SILVEIRA, C. T. D.; SANTOS, F. M. C.; SILVA-SOUSA Y. T.; SOUSA- NETO, M. D. D. Interfacial evaluation of experimentally weakened roots restored with adhesive materials and fiber posts: an SEM analysis. *J. Dent.*, v. 36, p. 672-668, 2008.

SORENSEN, J. A.; ENGELMAN, M. J. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J. Prosthet. Dent.*, v. 63, p. 36-529, 1990.

SOUZA-JÚNIOR, E. J.; SILVA, E. J. N. L.; MORANTE, M. D.; SINHORETI, M. A. C. Pino anatômico com resina composta: relato de caso. *ROBRAC*, v. 21, p. 534-537, 2012.

SPINA, D. R. F.; COSTA, R. G.; CORRER, G. M.; RACHED, R. N. Scanning of root canal impression for the fabrication of a resin CAD-CAM-customized post-and-core. *J. Prosthet. Dent.*, v. 120, p. 242-245, 2017.

TSINTSADZE, N.; JULOSKI, J.; CARRABBA, M.; GORACCI, C.; VICHI, A.; GRANDINI, S.; & FERRARI, M. Effects of scanning technique on in vitro performance of CAD/CAM-fabricated fiber posts. *J. Oral Sci.*, v. 60, n. 2, p. 262-268, 2018.

XIBLE, A. A.; TAVAREZ, R. R. J.; ARAUJO, C. R.; BONACHELA, W. C. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zircônia posts: an *in vitro* study. *J. Prosthet. Dent.*, v. 95, n. 3, p. 224-229, 2006.

13. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO ALUNO

NOTA: 9,5



Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza

**RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PINOS DE
FIBRA DE VIDRO PERSONALIZADOS**

**BENDING RESISTANCE OF DIFFERENT CUSTOM FIBERGLASS PIN
SYSTEMS**

Mateus José Dutra¹, Júlia Cadorim Facenda², Pedro Henrique Corazza³

¹ Graduando em Odontologia pela Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS,
Brasil.

² Doutora em Clínica Odontológica pela Universidade de Passo Fundo, departamento de
Materiais Odontológicos da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de
Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

³ Doutor em Odontologia Restauradora pela Universidade Estadual de São Paulo,
departamento de Prótese Dentária da Faculdade de Odontologia da Universidade de
Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil.

Autor Correspondente:

Mateus José Dutra

Rua Fagundes dos Reis, nº 622, ap. 502, CEP 99010-070, Centro, Passo Fundo, RS,
Brasil.

E-mail mateusdutra2@hotmail.com

RESUMO

Objetivo: Comparar a resistência à flexão de pinos de fibra de vidro convencionais reembasados com resina composta a pinos personalizados ajustáveis e de pinos de fibra de vidro de corpo único, fresados em CAD-CAM. **Métodos:** Foram confeccionados 30 corpos de prova (n=10) com os seguintes retentores: (1) PCM - pinos de fibra de vidro pré fabricados (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) reembasados com resina composta; (2) PFF - pinos fresados em CAD-CAM a partir de uma bolacha de Fibercad (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil); e (3) PPA - pinos personalizados ajustáveis (Splendor SAP - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil). Os corpos de prova foram submetidos ao teste de flexão por três pontos, em uma máquina de ensaios universal, com uma célula de carga de 2.000 N, que incidiu a sua força no centro dos corpos de prova, à uma velocidade de 0,05 mm/min, até a fratura da amostra. Os valores médios de resistência foram comparados entre os grupos, através dos testes Anova 1-fator e Tukey, ao nível de significância de 95%. **Resultados:** O grupo PFF apresentou uma resistência flexural superior aos grupos PPA e PCM (p=0,000). Os grupos PPA e PCM não apresentaram diferenças estatísticas entre si. **Conclusão:** Os pinos fresados em CAD-CAM (PFF) são os que mais resistem à uma força flexural entre os três materiais testados no experimento.

Palavras-chave: Materiais dentários; Desenho assistido por computador; Resistência à flexão; Pinos dentários.

ABSTRACT

Objective: Compare the flexural strength of conventional fiberglass posts relined with composite resin to custom adjustable posts and single-body fiberglass posts milled in CAD-CAM. **Methods:** 30 specimens (n=10) were made with the following retainers: (1) PCM - prefabricated fiberglass posts (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brazil)

relined with composite resin; (2) PFF - pins milled in CAD-CAM from a Fibercad wafer (Fibercad - Angelus®, Londrina, PR, Brazil); and (3) PPA - adjustable custom pins (Splendor SAP - Angelus®, Londrina, PR, Brazil). The specimens were submitted to a three-point bending test, in a universal testing machine, with a 2000 N load cell, which focused its force on the center of the specimens, at a speed of 0.05 mm /min, until the sample fracture. The mean values of resistance were compared between the groups, using the Anova 1-factor and Tukey tests, at a significance level of 95%. **Results:** The PFF group presented a flexural strength superior to the PPA and PCM groups ($p=0.000$). The PPA and PCM groups did not show statistical differences between them. **Conclusion:** The pins milled in CAD-CAM (PFF) are the most resistant to a flexural force among the three materials tested in the experiment.

Keywords: Dental materials; Computer aided design; Flexural strength; Dental pins.

INTRODUÇÃO

Núcleos metálicos fundidos e pinos pré-fabricados são utilizados em situações clínicas de dentes com uma ampla destruição coronária, por cárie ou por desgastes excessivos, para fornecer a retenção necessária para a restauração¹. O módulo de elasticidade de pinos fundidos e pinos pré-fabricados metálicos, se aproxima de 180 Giga Pascals (GPa)², sendo muito superior aos da dentina, determinado por Ko *et al.*³ (1992) em 18,6 GPa, podendo ser uma desvantagem, tendo em vista que dentes restaurados com pinos de materiais de modulo de elasticidade diferente ao da dentina, podem levar a falhas na reabilitação⁴.

Uma das propriedades mais significativas dos pinos de fibra é o módulo de elasticidade (22 GPa) próximo ao da dentina, o que possibilita uma pequena flexão quando submetido a forças externas, diminuindo a transmissão de tensões para a parede

do canal, reduzindo o risco de fratura vertical⁵. Porém, esses retentores, não se adaptam justapostos às paredes do canal, necessitando de um material resinoso, para preencher este espaço, criando mais uma interface entre o sistema e as paredes dentinárias e também na confecção do núcleo de preenchimento posteriormente.

A odontologia digital e os avanços na técnica de fresagem CAD-CAM (*Computer-aided design, computer-aided manufacturing*), resultaram em sistemas precisos e eficientes que reduziram o tempo de processamento e diminuíram a taxa de erro de fabricação de próteses dentárias⁶. Portanto, usar a tecnologia CAD-CAM para produzir retentores intrarradiculares personalizados parece uma opção viável, tendo em vista que há a possibilidade de fresar tanto o pino quanto o núcleo, o que eliminaria a necessidade da confecção de um núcleo de preenchimento em resina composta posteriormente, reduzindo assim, o número de interfaces adesivas⁷.

A fabricação de pinos de fibra de vidro personalizados com uma técnica de fresagem CAD-CAM tem algumas vantagens: esse processo permite uma camada de cimento de espessura mínima, simplifica a técnica reduzindo etapas clínicas e elimina a necessidade de adicionar uma resina composta para construir um núcleo adequado para auxiliar a retenção da restauração, criando um sistema de retentor intrarradicular monocamada com um único material com as mesmas propriedades mecânicas⁷.

Embora esse método de confecção de retentores intrarradiculares apresente várias propriedades e vantagens a seu favor, ainda há poucos estudos sobre como o conjunto se comportaria clinicamente e mecanicamente, pois é uma técnica recente. Com isso, o presente estudo objetivou comparar a resistência à flexão de três sistemas de pinos de fibra de vidro anatômicos, os pinos de fibra de vidro convencionais reembasados com resina composta, pinos personalizados fresados em CAD-CAM e pinos de fibra de vidro

personalizados ajustáveis, testando a hipótese nula de que todos os sistemas possuem resistência à flexão semelhantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto utilizou apenas um dente bovino para a realização das modelagens. Logo, foi dispensado de submissão e avaliação pelo próprio Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade de Passo Fundo (UPF).

Divisão dos grupos

Neste estudo foram criados três grupos, com 10 corpos de prova cada (Figura 1). Os materiais testados foram: PCM (controle - pinos convencionais modelados com resina composta): Pinos pré-fabricados de fibra de vidro (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) reembasados com resina composta. PFF (pinos fresados com sistema CAD-CAM): Pinos fresados (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil). PPA (pinos personalizados ajustáveis): Pinos personalizados ajustáveis (Splendor SAP - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil).

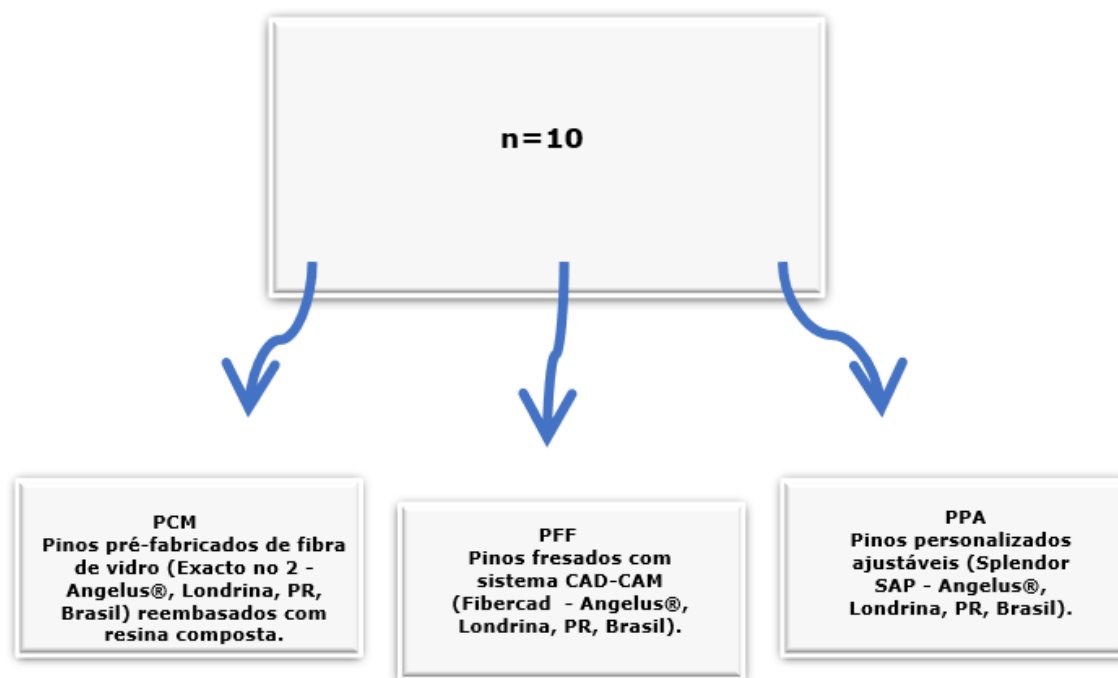


Figura 1. Número de amostras e divisão dos grupos formados.

Confecção dos corpos de prova

Para a realização deste estudo, foi selecionado um dente bovino anterior hígido e sem curvaturas radiculares. O dente teve sua coroa seccionada no terço cervical e removida, ficando apenas a porção radicular que foi preparada com brocas Largo e Gattes nos terços radicular e médio, após isso, foi feita a limagem do canal radicular com limas endodônticas (Figura 2).



Figura 2. Dente bovino selecionado para a confecção padronizada dos corpos de prova.

Os pinos do grupo PCM foram reembasados com resina composta fotoativada (Filtek Z250, 3M Dental[®] Sumaré, SP, Brasil) de acordo com este único dente. A superfície dos pinos (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), foram limpas com ácido fosfórico a 37% (Condac37, FGM[®], Joinville, SC, Brasil), por 60 segundos, lavados com spray ar/água e seco com jatos de ar. Após, foi aplicado silano (Prosil, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) por 60 segundos, os excessos foram removidos com jatos de ar, e em seguida aplicado o sistema adesivo (Ambar, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) na superfície do pino que foi fotoativado (Radii-Cal, SDI[®] São Paulo, SP, Brasil) por 40 segundos. O conduto radicular foi seco com cones de papel absorvente e isolado com gel de clorexidina 2% (Natufarma, Passo Fundo, RS, Brasil) para sua modelagem. Incrementos de resina composta foram postos sobre o pino que foi levado ao canal a fim

de promover o reembasamento. Com o pino em posição, o mesmo foi fotoativado por 5 segundos e depois o conjunto foi removido e recebeu a fotoativação por mais 40 segundos em cada uma das faces. Por fim, verificou-se a adaptação do pino ao conduto radicular (Figura 3).

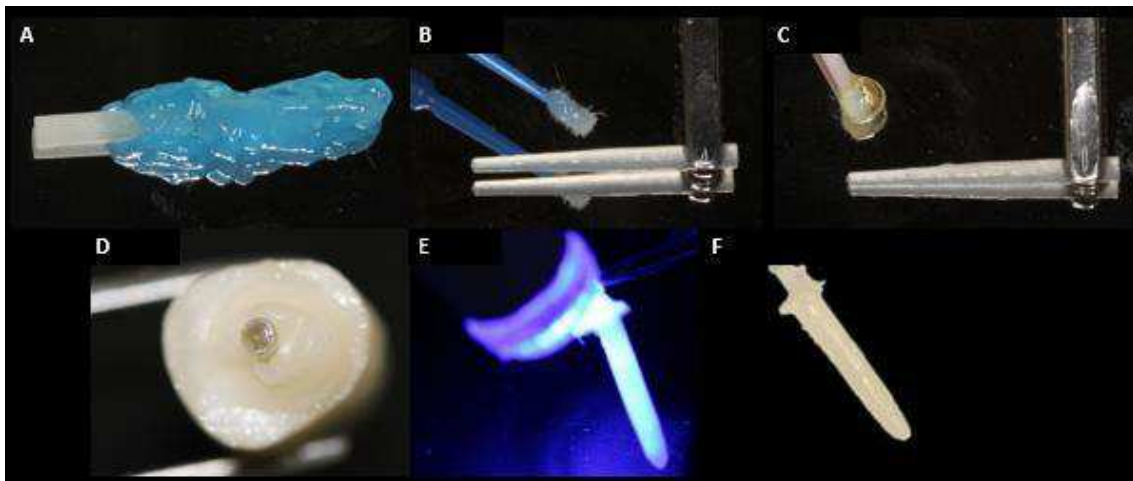


Figura 3. Confeção dos corpos de prova do grupo PCM. (A) limpeza do pino com ácido fosfórico 37%; (B) aplicação do silano sobre o pino; (C) aplicação do adesivo; (D) inserção do pino no conduto radicular contendo resina composta em sua superfície para a promoção do reembasamento; (E) fotopolimerização do conjunto após o reembasamento; (F) aspecto final do pino anatomizado.

Para a confecção do grupo PFF uma amostra do grupo PCM foi scaneada (inEos X5, Sirona Dental Systems, EUA) e gerado um arquivo stl do qual foram fresados em CAD-CAM (inLab MC X5, Sirona Dental Systems, EUA) os retentores personalizados do grupo PFF. Assim, houve uma padronização das amostras (Figura 4).

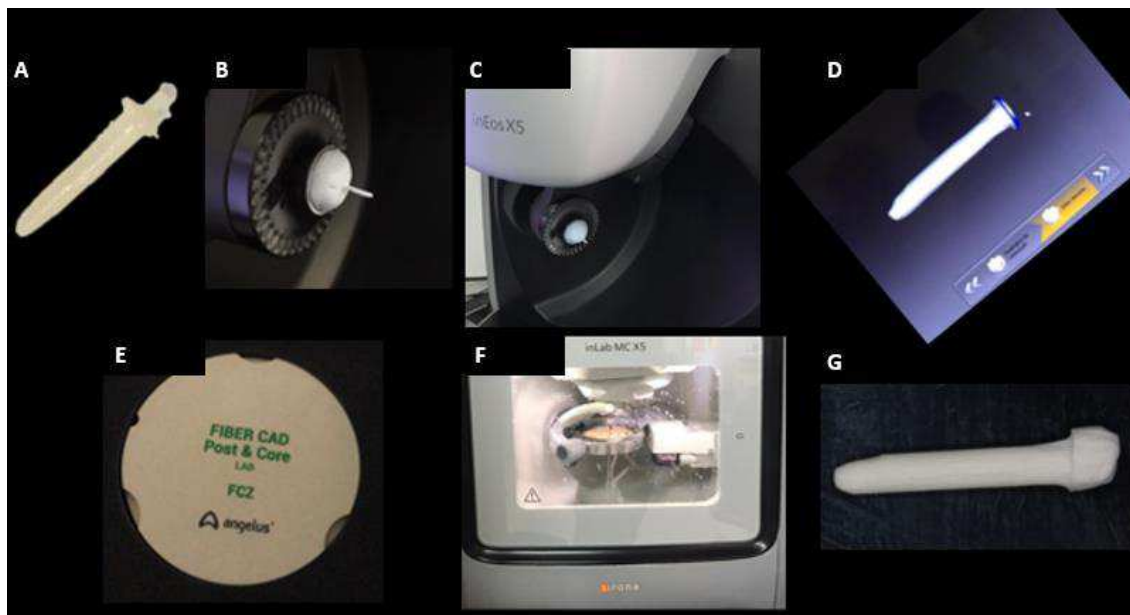


Figura 4. Confeção dos corpos de prova do grupo PFF. (A) pino reembasado com resina composta, do grupo PCM que serviu como modelo a ser scaneado; (B) confecção do modelo do pino; (C) scaneamento do modelo; (D) modelo em digital do pino pertencente ao grupo PCM, copia dos pinos a serem fresados; (E) material utilizado para a fresagem dos pinos do grupo PFF; (F) fresagem em sistema CAD-CAM dos corpos de prova do grupo PFF; (G) amostra pronta do grupo PFF.

Para a confecção das amostras do grupo PPA, selecionamos o mesmo dente utilizado para a personalização do grupo PCM. 10 pinos (Splendor SAP - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), foram selecionados e as superfícies do pino e da luva foram limpas com ácido fosfórico a 37% (Condac37, FGM[®], Joinville, SC, Brasil), por 60 segundos, lavadas com spray ar/água e secos com jatos de ar. Após isso, foi aplicado o silano (Prosil, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) por 60 segundos, e os excessos removidos com jatos de ar, em seguida foi aplicado o sistema adesivo (Ambar, FGM[®], Joinville, SC, Brasil) na superfície do pino e da luva que foram fotoativados (Ratii-Cal, SDI[®] São Paulo, SP, Brasil) por 30 segundos. Depois disso, foi aplicado o cimento resinoso (Allcem Dual,

FGM[®], Joinville, SC, Brasil) sob a superfície do pino principal, que foi levado ao interior do conduto radicular já isolado com gel de clorexidina 2% (Natufarma, Passo Fundo, RS, Brasil) e por fim, a luva foi acoplada sobre o pino principal dentro do canal radicular para a personalização do sistema. Foi feita a fotopolimerização por 5 segundos (Radical, SDI[®] São Paulo, SP, Brasil), depois disso o sistema foi retirado do conduto radicular e feita a fotopolimerização por 40 segundos em cada uma das faces. Por fim, verificou-se a adaptação do sistema ao conduto radicular (Figura 5).

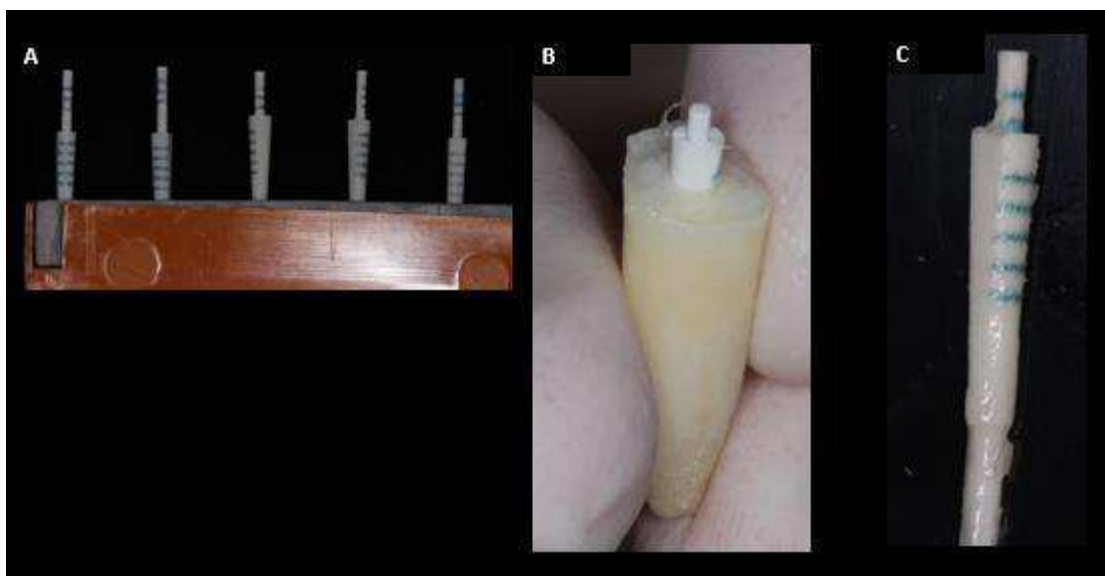


Figura 5. Confeção dos corpos de prova do grupo PPA. (A) seleção dos pinos a serem preparados; (B) após seguir os passos do tratamento de superfície do pino e da luva, realizamos a anatomização do pino; (C) aspecto final de uma das amostras do grupo PPA finalizada.

Teste de flexão

O ensaio de resistência flexural consistiu em um teste de resistência dos corpos de prova que foram apoiados em ambas as extremidades e foram submetidos a uma carga estática no centro do seu comprimento, teste esse denominado de “flexão por três pontos”.

O teste foi adaptado da norma ISO 4049:2009⁸. Os corpos de prova foram posicionados de forma centralizada num suporte metálico que foi acoplado a uma máquina universal de ensaios (Emic DL 2000®, Emic, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com uma célula de carga de 2000 N. (Imagem 6). Os corpos de prova foram dispostos horizontalmente em contato com as hastes do suporte metálico e, em seguida, a máquina foi acionada com uma velocidade de 0,5 mm/min. A porção móvel da máquina incidiu sua força perpendicularmente na região central dos corpos-de-prova até ocorrer fratura (Figura 6). Os valores de carga no momento da fratura foram registrados em Newtons (N) e usados para o cálculo da resistência a flexão em megapascais (MPa) utilizando-se a seguinte equação:

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

Onde F foi carga máxima, em N, aplicada sobre o corpo de prova; l foi a distância, em milímetros, entre os apoios; b a largura da amostra em milímetros; h é a altura da amostra, em milímetros (ISO 4049:2009)⁸.

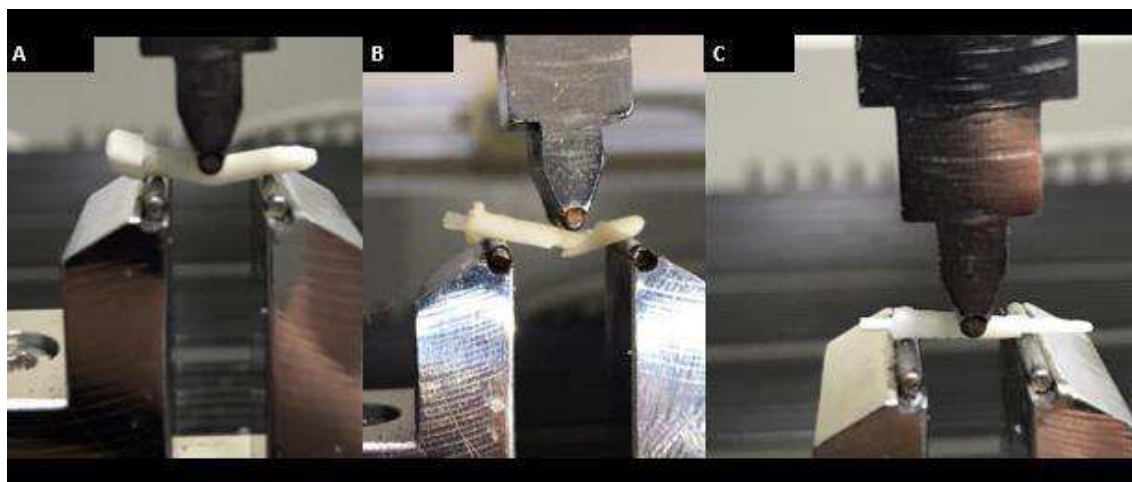


Figura 6. Testes de flexão por três pontos. (A) amostra do grupo PFF submetido ao teste;

(B) amostra do grupo PCM submetido ao teste; (C) amostra do grupo PPA submetido ao teste.

RESULTADOS

A análise da igualdade de variâncias demonstrou que não há diferença entre as variâncias dos grupos, permitindo a aplicação de uma análise paramétrica (Teste de Levene, $p = 0,089$) (Figura 7).

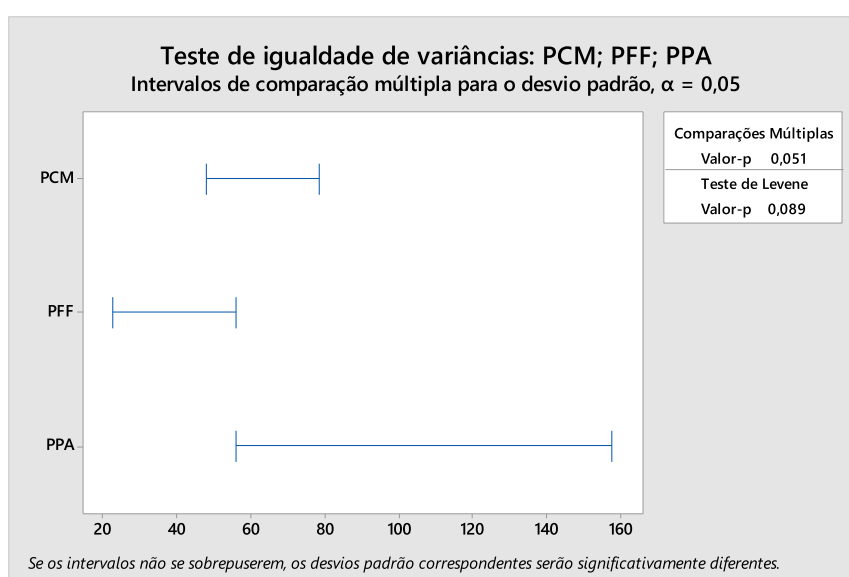


Figura 7. Teste de igualdade de variâncias.

A análise de variância mostrou que existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p=0,000$). Para verificar em quais grupos a diferença se encontra, foi aplicado um teste pós hoc de Tukey.

Os resultados obtidos, mostraram que o grupo PFF (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) demonstrou resistência flexural superior aos grupos PPA (Splendor SAP - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) e PCM (Exacto no 2 - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) que não apresentaram diferença entre si. Além disso, o grupo PFF apresentou os menores valores de variância, gerando dados mais homogêneos de resistência (Tabela 1).

Tabela 1. Médias da resistência flexural (MPa) dos grupos do estudo (média), desvio padrão (DP), agrupamento (agrupamento), variância (variância), mediana (mediana) e desvio interquartil (DIQ).

Grupo	Média	DP	Agrupamento	Variância	Mediana	DIQ
PCM	347,7	53,8	B	2896	353,2	96,8
PPF	654,37	31,39	A	985	652,52	39,67
PPA	378,4	81,0	B	6565	408,0	154,4

**Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*

DISCUSSÃO

Além do reembasamento com resina composta para tornar um pino anatômico, há atualmente no mercado alguns sistemas de retentores intrarradiculares anatômicos ajustáveis e materiais que permitem utilizar a tecnologia CAD-CAM para produção destes, também de forma personalizada. Nessa última situação, há a possibilidade de fresar tanto o pino quanto o núcleo, em formato de corpo único, reduzindo o número de interfaces adesivas⁷. Nessa perspectiva, o presente estudo objetivou comparar a resistência à flexão de pinos de fibra de vidro convencionais reembasados e de pinos personalizados ajustáveis com a de pinos personalizados, de corpo único, fresados em CAD-CAM.

O teste de flexão, segundo o método de teste ASTM D790⁹, é usado para medir o quanto um material suporta um peso sem dobrar quando submetido a forças que provoquem a sua curvatura, sendo indicado para testes em materiais rígidos e semi-rígidos, como os retentores intrarradiculares utilizados na presente pesquisa⁸. O teste

citado já foi utilizado por Cecchin *et al.*¹⁰ (2007), para avaliar a resistência à flexão de pinos de fibra, como no presente estudo.

As características mecânicas dos pinos de fibra de vidro dependem das suas propriedades físicas como a direção, volume, fração, diâmetro, impregnação das fibras na matriz resinosa, contração de polimerização da resina, além das características das fibras e da resina, sendo a ligação da matriz e das fibras um dos motivos que influenciam na resistência do pino¹¹⁻¹⁴. Portanto, os resultados obtidos podem variar em relação a fatores experimentais como à distância dos suportes e o diâmetro das amostras bem como em relação à composição dos corpos de prova e as suas características de estrutura, como as citadas acima, que devem ser consideradas quando houver valores de resistência a flexão divergentes entre produtos com a mesma composição¹⁵.

Estudos, visando analisar a composição dos pinos de fibras, foram realizados para a elucidação da influência das suas propriedades físicas em relação às características mecânicas. Novais *et al.*¹⁶ (2016), avaliaram a resistência e o módulo de flexão de diferentes pinos reforçados com fibras, através do teste de flexão por três pontos e determinaram a correlação entre propriedades mecânicas e as características estruturais examinadas por microscopia eletrônica de varredura. Os valores de resistência à flexão variaram de 493 a 835 MPa, sendo a resistência flexural do pino Exacto (Angelus; Londrina; Brazil) de 835.9 MPa, e se correlacionaram diretamente com a relação fibra/matriz. O estudo concluiu que as características estruturais afetaram significativamente as propriedades dos pinos reforçados por fibras, que as características estruturais e propriedades mecânicas dos pinos de fibra de vidro dependem da fabricação. Defeitos estruturais, como bolhas e descontinuidades ao longo da interface entre a matriz e as fibras, influenciam a resistência à flexão dos pinos reforçados por fibras, e o módulo

de flexão e a resistência à flexão não são afetados por diferenças no diâmetro das fibras nos pinos. Em comparação com o estudo citado, não analisamos em microscopia eletrônica de varredura o diâmetro das fibras, nem defeitos estruturais invisíveis a olho nú na superfície dos corpos de prova, não podendo afirmar que esses fatores tenham influenciado na diferença estatística entre os grupos testados, bem como também não analisamos o módulo de elasticidade das amostras. Quanto a comparação entre os valores da resistência a flexão do pino Exacto (Angelus; Londrina; Brazil), nossos resultados diferem de Novais *et al.*¹⁶ (2016), onde encontramos 347,7 MPa no presente estudo. Apesar disso, sabe-se que a comparação entre estes valores numéricos é uma prática difícil de ser realizada, tendo em vista as possíveis diferenças metodológicas utilizadas pelos estudos, bem como na confecção das amostras testadas.

Obukuro *et al.*¹⁷ (2008), analisaram o efeito do diâmetro das fibras de vidro nas propriedades de flexão de compósitos reforçados com fibras de vidro de 7, 10, 13, 16, 20, 25, 30 e 45 μm de diâmetro, através dos testes de resistência à flexão. A resistência à flexão aumentou com o aumento do diâmetro da fibra, que estavam dispostas longitudinalmente nas amostras. Os corpos de prova testados no presente estudo possuem, segundo a fabricante, fibras impregnadas na matriz resinosa dispostas longitudinalmente, e na bula do material Fibercad (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), a fabricante aponta um diâmetro de 33 μm das fibras de vidro, onde o resultado médio da resistência a flexão para esse grupo foi de 654,37 MPa, sendo semelhante ao encontrado por Obukuro *et al.*¹⁷ (2008), no grupo altamente preenchido com reforços de fibra com diâmetro de 30 μm sendo de 672 MPa, os resultados parecidos podem estar relacionados a composição dos materiais, que são altamente preenchidos por fibras de vidro, com o diâmetro semelhante e foram submetidos ao mesmo teste.

O material Exacto (Exacto – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), possui, de acordo com a fabricante¹⁸, resistência flexural de 1000-1200 MPa, dados obtidos através do ensaio de flexão por três pontos¹⁸. No presente estudo, o grupo PCM (Exacto – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) apresentou 347,7 MPa de resistência a flexão, não diferindo estatisticamente do grupo PPA (Splendor SAP – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), que apresentou resistência flexural de 378,4 MPa. Segundo a fabricante¹⁹, o produto Splendor-SAP apresenta resistência flexural de ≥ 1200 MPa, diferindo dos resultados encontrados no presente estudo, e não sendo confirmado por nenhum estudo disponível na literatura atual.

Os pinos fresados em CAD-CAM com o material Fiber-Cad (Fibercad – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) apresentaram resistência flexural de 654,37 MPa, sendo estatisticamente superior aos demais grupos. Segundo a fabricante, o material apresentou resistência a flexão de 1100 MPa²⁰, divergindo dos nossos resultados. Dantas *et al.*²¹ (2020), comparou a resistência à fratura de dentes restaurados com pino de fibra de vidro Reforpost[®] (Angelus Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil), e com um pino usinado pelo método CAD-CAM Fibercad (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), os resultados mostraram que a força requerida à fratura foi de 472,4 N, e 48,2kgf para grupo de pino de fibra pré-fabricados personalizados e de 558,4 N, e 56,9kgf para os pinos fresados pelo sistema CAD-CAM, sem diferir estatisticamente, assim, os autores trouxeram que os pinos de fibra desenvolvidos pela tecnologia CAD-CAM podem surgir como alternativa viável para restaurações de elementos tratados endodonticamente. Os resultados obtidos por Dantas *et al.*²¹ (2020), corroboram com os nossos achados no

presente estudo, onde o material Fibercad (Fibercad - Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) obteve resultados superiores aos demais grupos.

Os três materiais testados apresentam, em sua composição, em torno de 80% de fibras de vidro e 20% de resina epóxi, segundo dados disponíveis na bula dos produtos^{18,20,22}. Na bula do material Exacto¹⁸ (Exacto – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil) e do sistema Splendor-SAP²² (Splendor SAP – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), a fabricante relata que as fibras estavam distribuídas de maneira homogênea e em quantidade satisfatória, ainda, as imagens mostravam que as fibras estavam dispostas longitudinalmente²². O grupo PFF (Fibercad – Angelus[®], Londrina, PR, Brasil), obteve a maior resistência flexural, e embora os materiais testados tenham composição semelhante, o resultado pode ser explicado graças a melhor disposição e agrupamento das fibras de vidro, tornando o material mais homogêneo, falhando com menos facilidade e também pela confecção das amostras, onde os espécimes do grupo PFF foram fresados verticalmente assegurando as propriedades do material que apresenta fibras incorporadas verticalmente na matriz de resina²¹ e os demais grupos, pré fabricados, podem ter sofrido defeitos de fabricação, entre outros fatores que colaboraram para o menor desempenho de resistência. O método de fabricação dos pinos bem como a fresagem dentro do disco de fibra de vidro em CAD-CAM, influenciam nas propriedades mecânicas, modo de falha e rugosidade superficial²³, também Shipley e Becker²⁴ (2002), determinaram que de acordo com a orientação da fibra de vidro e com a direção de fresagem, o corpo de prova pode ter valores de resistência que variam, mesmo sendo confeccionado do mesmo material, explicando a hipótese descrita acima.

Ruschel *et al.*²³ (2018) avaliaram as propriedades de flexão (resistência à flexão e módulo flexural), modo de falha, morfologia superficial e rugosidade de pinos pré-

fabricados de fibra de vidro (Exacto 3; Angelus, Londrina, PR, Brasil), de pinos fresados em CAD-CAM no sentido diagonal e de pinos fresados no sentido vertical (190 × 18 mm, Trilor Blanks; Bioloren, Saronno, VA, Itália), usando o teste de flexão por três pontos para avaliar as propriedades flexurais. A resistência a flexão foi de 900,1 MPa para o grupo de pinos pré-fabricados, 357,2 MPa para os pinos fresados diagonalmente e de 101,8 MPa para os pinos fresados verticalmente. Segundo o autor, o grupo de pinos pré-fabricados apresentou as melhores propriedades mecânicas devidamente ao maior diâmetro das fibras de vidro contidas na estrutura quando comparado aos grupos de pinos fresados, que contém fibras de vidro multidirecionais, e que tiveram as propriedades comprometidas ao alterar a direção de fresagem do pino. No presente estudo a resistência a flexão encontrada para pinos de fibra de vidro pré-fabricados foi de 347,7 MPa e de 654,37 MPa para o grupo de pinos fresados, diferindo dos resultados encontrados por Ruschel *et al.*²³ que utilizou um material experimental diferente do para a confecção de pinos fresados, ainda, não alteramos direção de fresagem dos pinos, não podendo comparar essa variável com a do estudo citado.

O presente estudo apresenta algumas limitações como a falta da análise de falha através da microscopia eletrônica de varredura, o fato de o estudo ser *in vitro* não podendo avaliar o envelhecimento das amostras, fadiga, cimentação e demais fatores como a quantidade de desgaste de cada conduto, comprimento e diâmetro dos retentores.

CONCLUSÃO

Os retentores intrarradiculares fresados a partir de blocos de fibras de vidro para os sistemas CAD-CAM apresentam-se como uma boa alternativa de pinos anatômicos, pois possuem resistência à flexão superior aos pinos pré-fabricados reembasados com resina composta e aos pinos ajustáveis ao canal radicular, onde nessas duas últimas

situações, não há diferença na resistência à flexão, rejeitando assim a hipótese nula do estudo de que todos os sistemas possuem resistência à flexão semelhantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J. Prosthet. Dent.* 1990; 63(5):529-36.
- 2- Duret B, Reynaud M, Duret F. New concept of coronoradicular reconstruction: the Composipost. *Chir. Dent. Fr.* 1990; 60:131-41.
- 3- Ko CC, Chu CS, Chung KH, Lee MC. Effects of posts on dentin stress distributions in pulpless teeth. *J. Prosthet. Dent.* 1992; 68:421-7.
- 4- Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J. Prosthet. Dent.* 1993; 69:36-40.
- 5- Grandini S, Goracci C, Tay FR, Grandini R, Ferrari M. Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. *Int J. Prosthodont.* 2005; 18:399-404.
- 6- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent. Mater. J.* 2009; 28(1):44-56.
- 7- Liu P, Deng XL, Wang XZ. Use of a CAD/CAM-fabricated glass fiber post and core to restore fractured anterior teeth: A clinical report. *J. Prosthet. Dent.* 2010; 103(6):330-3.
- 8- ISO 4049 Dentistry-polymer-based filling, restorative and luting materials, 2009.

- 9- ASTM D790 - American Society for Testing and Materials. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. 1999.
- 10- Cecchin D, Farina AP, Tacca F, Invitti DSBAD, Júnior BC. Resistência flexural de pinos de fibra de vidro, pinos de fibra de carbono recobertos por fibra de vidro e pinos de fibra de carbono. RFO UPF. 2007; 12(2):42-45.
- 11- Drummond JL, Bapna MS. Static and cyclic loading of fiber-reinforced dental resin. Dent. Mater. J. 2003; 19:226-31.
- 12- Grandini S, Chieffi N, Cagidiaco MC, Goracci C, Ferrari M. Fatigue resistance and structural integrity of different types of fiber posts. Dent. Mater. J. 2008; 27:687-94.
- 13- Novais VR, Quagliatto PS, Bona AD, Correr Sobrinho L, Soares CJ. Flexural modulus, flexural strength, and stiffness of fiber-reinforced posts. Indian J. Dent. Res. 2009; 20(3):277-81.
- 14- Franco ÉB, Valle AL, Almeida ALPF, Rubo JH, Pereira JR. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber posts of different lengths. J. Prost. Dent. 2014; 111(1):30-34.
- 15- Lassila LV, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. Dent. Mater. J. 2004; 20:29-36.
- 16- Novais VR, Rodrigues RB, Simamoto Júnior PC, Correr Sobrinho L, Soares CJ. Correlation between the Mechanical Properties and Structural Characteristics of Different Fiber Posts Systems. Braz. Dent. J. 2016; 27(1):46-51.

- 17-Obukuro M, Takahashi Y, Shimizu H. Effect of Diameter of Glass Fibers on Flexural Properties of Fiber-reinforced Composites. Dent. Mater. J. 2008; 27(4):541-8.
- 18- ANGELUS. PERFIL TÉCNICO CIENTÍFICO - Pinos de fibra. Disponível em: <https://angelus.ind.br/produto/exacto/> . Acesso em: 29/07/2021.
- 19- ANGELUS. PERFIL TÉCNICO CIENTÍFICO - SPLENDOR - SAP. Disponível em: <https://angelus.ind.br/produto/splendor-sap/> . Acesso em: 29/07/2021.
- 20- ANGELUS. Bula do produto fiber cad post & core®. Disponível em: <http://www.angelus.ind.br/Fiber-Cad---Post-&Core-353.html>. Acesso em: 05/08/2019.
- 21-Dantas RA, Delgado LA, Rolim AKA, Martins JN, Ortega VL, Ramos GG. Comparação da resistência de pino intrarradicular de fibra de vidro com pino experimental confeccionado pela tecnologia CAD/CAM. Res. Soc. Dev. 2020; 9(7).
- 22- ANGELUS. Bula do produto splendor-SAP®. Disponível em: <https://angelus.ind.br/produto/splendor-sap/> . Acesso em: 29/07/2021.
- 23- Ruschel GH, Gomes EA, Silva-Sousa YT, Pinelli RGP, Sousa-Neto MD, Pereira GKR, *et al.* Mechanical properties and superficial characterization of a milled CAD-CAM glass fiber post. J. Mech. Behav. Biomed. Mater. 2018; 82:187-92.
- 24- Shipley RJ, Becker WT. Failure analysis continuous fiber reinforced composites. In: Smith, T.W., Grove, R.A. (Eds.), ASM Handbook: Failure Analysis and Prevention. ASM International 2002; 731–43.