

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA

Tamiris Alacoque de Carvalho Freitas

Avaliação biomecânica do efeito da férula em restaurações do tipo
endocrown

Juiz de Fora

2020

Tamiris Alacoque de Carvalho Freitas

Avaliação biomecânica do efeito da férula em restaurações do tipo *endocrown*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica. Área de concentração em Imaginologia e Reabilitação Oral.

Orientador: Hugo Lemes Carlo

Co-orientador: Bruno Salles Sotto-Maior

Juiz de Fora

2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Freitas, Tamiris Alacoque de Carvalho.

Avaliação biomecânica do efeito da férula em restaurações do tipo endocrown / Tamiris Alacoque de Carvalho Freitas. -- 2020.

62 p. : il.

Orientador: Hugo Lemes Carlo

Coorientador: Bruno Salles Sotto-Maior

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, 2020.

1. Cerâmica. 2. Férula. 3. Resistência a Compressão. 4. CAD/CAM. I. Carlo, Hugo Lemes, orient. II. Sotto-Maior, Bruno Salles, coorient. III. Título.

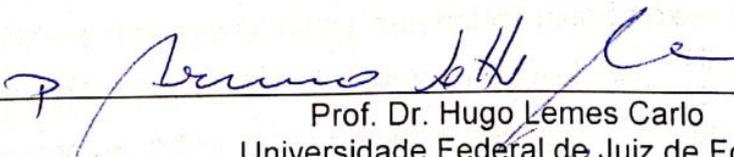
TAMIRIS ALACOQUE DE CARVALHO FREITAS

**AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DO EFEITO DA FÉRULA EM
RESTAURAÇÕES DO TIPO ENDOCROWN**

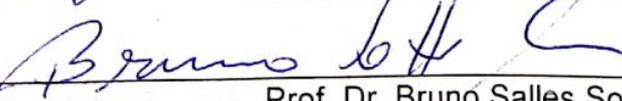
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Aprovada em: 08/01/2020

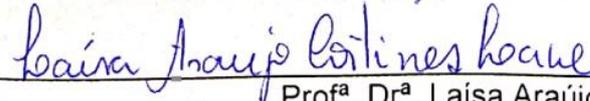
BANCA EXAMINADORA



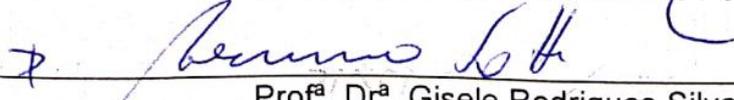
Prof. Dr. Hugo Lemes Carlo
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Bruno Salles Sotto-Maior
Universidade Federal de Juiz de Fora



Profª. Drª. Laisa Araújo Cortines Laxe
Universidade Federal de Juiz de Fora



Profª. Drª. Gisele Rodrigues Silva
Universidade Federal de Uberlândia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por todas as oportunidades que me deu. Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando em todas as minhas escolhas, devo este momento a eles. À minha irmã, que sempre foi um exemplo de pessoa para mim, ajudando-me quando preciso e sendo minha segunda mãe. Ao meu marido, por toda dedicação, confiança e amor, por estar ao meu lado em todos os momentos que passei e por sempre acreditar nos meus sonhos. Aos meus sogros, que apesar de não verem este momento, sempre torceram por mim.

Agradeço também a todos os professores que tive até o presente momento, devido ao seu amor pela educação estou aqui. Aos meus orientadores, Prof Dr. Hugo Lemes Carlo, Prof. Dr. Bruno Salles Sotto-Maior e a Profª. Dr. Fabíola Galbiati de Carvalho Carlo, pois sempre estiveram dispostos a me ajudar, e sem eles este trabalho não seria possível. Agradeço ao Professor João Paulo da Silva Sudré, por acreditar neste trabalho e nos ajudar nesta empreitada.

Agradeço ao Prof. Dr. Carlos José Soares e à mestrandia Maria Tereza Hordones Ribeiro, por toda cooperação no desenvolvimento técnico e científico deste trabalho no CPBIO/UFU (Centro de Pesquisas Odontológico – Biomecânica, Biomateriais e Biologia Celular), sua colaboração foi essencial.

Aos amigos que fiz durante toda caminhada acadêmica, pois eles fazem com que consigamos enfrentar os desafios que nos são impostos neste período com mais leveza.

Agradeço a Universidade Federal de Juiz de Fora e todos seus funcionários, pois seu acolhimento e estrutura me fizeram a profissional que sou hoje.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a resistência à fratura e deformação da estrutura dental após realização de restaurações do tipo *endocrown* com a presença ou ausência de férula, variando-se os materiais restauradores cerâmicos (dissilicato de lítio e feldspática híbrida). Foram selecionados 50 dentes molares humanos hígidos, os quais foram distribuídos aleatoriamente em 5 grupos (n=10): (1) Controle – dentes hígidos; (2) Preparo cavitário com férula, restaurado com cerâmica de dissilicato de lítio; (3) Preparo cavitário sem férula, restaurado com cerâmica de dissilicato de lítio; (4) Preparo cavitário com férula, restaurado com cerâmica feldspática híbrida; e (5) Preparo cavitário sem férula, restaurado com cerâmica feldspática híbrida. Para os grupos com férula a mesma foi realizada com 1mm de altura, 1,5mm de espessura e término a 1mm da junção amelocementária. Para as amostras dos grupos sem férula a porção coronária foi seccionada 1mm acima da junção amelocementária e mantida espessura de parede circunferencial de 1,5mm. As restaurações foram produzidas através do método CAD/CAM e cimentadas utilizando-se um cimento resinoso autoadesivo. As amostras foram submetidas a envelhecimento através de ciclagem térmica e mecânica. Foi realizado teste de resistência à fratura, com carregamento axial, com um defletômetro posicionado próximo à região cervical da amostra. Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística utilizando-se os testes Two-way ANOVA, One-way ANOVA, Dunnett e Kruskal-Wallis ($\alpha=5\%$). Foi verificada, para a resistência a fratura do complexo dente/restauração, significância estatística para o fator material ($p<0,001$) e para a interação férula x material ($p=0,008$). O grupo cerâmica feldspática híbrida sem férula apresentou os menores valores de resistência a fratura. Não se observou diferença estatística, entre os grupos, para a deformação da estrutura dental quando do carregamento das amostras com 100N ($p=0,179$). O padrão de fratura foi semelhante para molares restaurados com *endocrown*, independente da presença da férula ou do tipo de material restaurador ($p=0,182$), porém diferente do dente hígido ($p=0,001$). Conclui-se que a férula deve ser realizada em preparos onde a resistência do material restaurador esteja diretamente relacionada à sua capacidade de resistir a deformações e ao seu limite de ruptura.

Palavras-chave: Cerâmica. Férula. Resistência a Compressão. CAD/CAM.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate fracture resistance and deformation of the dental structure after production of endocrown restorations with or without the presence of ferule, varying the ceramic restorative materials (lithium disilicate and hybrid feldspathic ceramic). Fifty healthy human molar teeth were selected and randomly distributed into 5 groups (n = 10): (1) Control - sound teeth; (2) Cavity preparation with ferule, restored with lithium disilicate; (3) Cavity preparation without ferule, restored with lithium disilicate; (4) Cavity preparation with ferule, restored with hybrid feldspathic; and (5) Cavity preparation without ferule, restored with hybrid feldspathic. The ferule groups were performed with 1mm height and 1.5mm thickness and finished at 1mm from the cementoenamel junction. Samples without ferule had the coronary portion sectioned 1mm above the cementoenamel junction and the circumferential wall thickness was maintained at 1.5mm. The restorations were produced using the CAD/CAM method and cemented using a self-adhesive resin cement. The samples were subjected to aging by thermal and mechanical cycling. The axial loading to fracture test was performed with a deflectometer positioned near the cervical region of the samples. The data obtained were submitted to statistical analysis using Two-way ANOVA, One-way ANOVA, Dunnett and Kruskal-Wallis tests ($\alpha = 5\%$). For fracture resistance of the tooth/restoration complex, statistical significance was verified for the material factor ($p < 0.001$) and for the ferule x material interaction ($p = 0.008$). The hybrid feldspathic ceramic group without ferule presented the lowest values of fracture resistance. There was no statistical difference between groups for deformation of the dental structure when loading samples with 100N ($p = 0.179$). The fracture patterns were similar for molars restored with endocrown, regardless of the presence of ferule or the type of restorative material ($p = 0.182$), but different from the sound tooth ($p = 0.001$). It was concluded that ferule should be performed in preparations where the strength of the restorative material is directly related to its ability to resist to deformation and limit of rupture.

Key-words: Ceramic. Ferule. Compression Strength. CAD/CAM

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Recobrimento radicular com cera n. 7 para simulação de ligamento periodontal.....	16
Figura 2 - Dente fixado em haste vertical de Delineador B2 para inclusão.....	16
Figura 3 - Conjunto posicionado em uma placa com perfuração circular de 15mm para inclusão	17
Figura 4 - Resina acrílica autopolimerizável sendo vertida no interior do cilindro de PVC	17
Figura 5 - Material de moldagem Impregum; 3M ESPE, sendo inserido no alvéolo	18
Figura 6 - Dente reintroduzido sob pressão digital	18
Figura 7 - Após a polimerização os excessos foram removidos com lâmina de bisturi nº 15	18
Figura 8 - Preparos cobertos por revelador não aquoso em spray D70 Metal-Chek ..	20
Figura 9 - Amostras escaneadas pelo scanner inEos X5	20
Figura 10 - Restaurações sendo desenhadas no software inLab CAD SW16.0	20
Figura 11 - Restaurações sendo desenhadas no software inLab CAD SW16.0	21
Figura 12 - Bloco de cerâmica feldspática híbrida, ENAMIC (VITA Zahnfabrik)	21
Figura 13 - Glaze Ivocolor, pigmento SD2 Ivocolor e IPS e.max CAD	22
Figura 14 - Condicionamento com ácido fluorídrico Power C etching 5% (BM4)	22
Figura 15 - Aplicação de ácido fosfórico Condac 37 (FGM)	23
Figura 16 - Aplicação de Silano (Dentsply Sirona)	23
Figura 17 - Aplicação de adesivo Adper Scotchbond Multiuso (3M ESPE)	23
Figura 18 - Limpeza do preparo com água, pedra pomes e escova de Robinson	24
Figura 19 - Condicionamento seletivo com ácido fosfórico Condac 37 (FGM)	24
Figura 20 - Cimento RelyX U200, 3M ESPE manipulado na proporção 1:1	25
Figura 21 - Conjunto em posição em dispositivo de cimentação e remoção do excesso de cimento	25
Figura 22 - Fotopolimerização de todas as faces por 40s com fotopolimerizador Valo (Ultradent Products)	25
Figura 23 - Amostra posicionada na máquina de ensaio com defletômetro em posição	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais utilizados.....	14
Tabela 2 - Resultados de resistência a fratura dos grupos testados – Média (Desvio Padrão) em N	28
Tabela 3 - Resultados de deformação média da estrutura dental (μm) com carregamento de 100N	29
Tabela 4 - Resultados de padrão de fratura (de acordo com SOARES <i>et al.</i> , 2008)	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	12
3	DESENVOLVIMENTO.....	13
3.1	SELEÇÃO DAS AMOSTRAS	13
3.2	DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS	13
3.3	TRATAMENTO ENDODÔNTICO	15
3.4	SIMULAÇÃO DO LIGAMENTO PERIODONTAL.....	15
3.5	CONFECÇÃO DOS PREPAROS.....	19
3.6	CONFECÇÃO DAS RESTAURAÇÕES.....	19
3.7	CIMENTAÇÃO	22
3.8	ENSAIOS MECÂNICOS.....	26
3.9	ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA.....	27
3.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
4	RESULTADOS	28
5	DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICE A – Artigo científico.....	43
	ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP.....	62

1 INTRODUÇÃO

Dentes endodonticamente tratados comumente se apresentam com grande perda de estrutura e o método mais utilizado para a restauração dos mesmos se dá através do uso de retentores intrarradiculares, núcleos de preenchimento e coroas totais ou parciais (DEEPAK; NIVEDHITHA, 2017; DEJAK; MLOTKOWSKI, 2013; DOGUI *et al.*, 2018; da FONSECA *et al.*, 2018; PEDROLLO LISE *et al.*, 2017; SEDREZ-PORTO *et al.*, 2019; TAHA *et al.*, 2018; ZHU, *et al.*, 2017; ZOIDIS; BAKIRI; POLYZOIS, 2017). Os retentores intrarradiculares mais utilizados são fabricados com ligas metálicas, como Ni-Cr e Co-Cr. Entretanto, tal procedimento apresenta alto índice de fraturas catastróficas da estrutura dental devido ao seu alto módulo de elasticidade gerar concentração de tensões na interface dente/material restaurador. Uma substituição interessante aos retentores metálicos, os retentores de fibra de vidro possuem módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina radicular, contribuindo para uma melhor distribuição das tensões (KANAT-ERTURK *et al.*, 2018; PEDROLLO LISE *et al.*, 2017; SANTOS PANTALEON *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019;).

Com o surgimento de novos materiais restauradores e a evolução da técnica adesiva, outras modalidades de tratamento podem, atualmente, serem empregadas, como as restaurações do tipo *endocrown* (TURKISTANI; DIMASHKIEH; RAYYAN, 2019). Tal restauração foi primeiramente descrita por Pissi, em 1995, como “técnica da porcelana mono-bloco”, sendo posteriormente descrita por Bindl e Mormann, em 1999, como *coroas endodônticas adesivas* (DOGUI *et al.*, 2018; SEVIMLI; CENGIZ; ORUC, 2015; ZOIDIS; BAKIRI; POLYZOIS, 2017). Consiste em uma restauração monolítica, retida na parte interna da câmara pulpar e nas margens do dente, sendo a retenção obtida de forma macromecânica, pelo preparo, e micromecânica, através do uso de sistema adesivo (KRANCE *et al.*, 2019; SEDREZ-PORTO *et al.*, 2019; TRIBST *et al.*, 2018). Para sua confecção não há a necessidade de desobstrução dos canais radiculares, não havendo, assim, remoção de estrutura dental e risco de perfurações. Apresenta uma melhor adaptação marginal, o término não necessita ser confeccionado na região subgingival e possui menor tempo clínico de execução (KANAT-ERTURK *et al.*, 2018; KRANCE *et al.*, 2019; TAHA *et al.*, 2018).

Os materiais mais indicados para a confecção de restaurações do tipo *endocrown*, são cerâmicas reforçadas (a base de leucita, dissilicato de lítio e zircônia) ou resinas compostas (técnica direta ou indireta) (TRIBST, *et al.*, 2018). A escolha do material pode influenciar no desempenho final da restauração. Quando a escolha são as cerâmicas, o material pode se

apresentar mais rígido do que a estrutura dental, incorrendo em acúmulo de tensões na interface dente/restauração. Em se tratando dos compósitos, podem ajudar a distribuir as tensões na referida interface (SEDREZ-PORTO *et al.*, 2016). As cerâmicas além de possuírem um bom desempenho biomecânico, alta resistência a fratura e boa estética apresentam boa adesão à estrutura dental quando ácidos sensíveis (VALLITTU *et al.*, 2018).

Dentre os vários tipos de cerâmicas, aquelas à base de dissilicato de lítio foram introduzidas no mercado em 1988. Foram confeccionadas, inicialmente, através de fornos de injeção, mas com o avanço da tecnologia, em 2006, foram apresentados blocos do material para produção através do processo CAD/CAM (WILLARD; CHU, 2018). Tal cerâmica possui uma grande variedade de indicações, como laminados e coroas totais ou parciais (ZHANG; KELLY, 2017), devido a sua alta resistência a flexão e estética, podendo ser empregadas em trabalhos restauradores anteriores e posteriores (LAWSON; BANSAL; BURGESS, 2016; WILLARD; CHU, 2018; ZHANG; KELLY, 2017). As cerâmicas híbridas nada mais são do que uma matriz de cerâmica feldspática infiltrada por um material resinoso, contendo dimetacrilato de uretano e dimetacrilato de trietileno glicol. Suas propriedades, tais como, resistência à flexão, módulo de elasticidade e tenacidade à fratura são semelhantes à estrutura dental, além de serem rapidamente fresadas no processo CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing) e apresentarem fácil ajuste (ZHANG; KELLY, 2017). Sua popularidade tem aumentado, uma vez que combinam as melhores características das cerâmicas e dos compósitos (ABU-IZZE *et al.*, 2018; KANAT-ERTURK *et al.*, 2018).

O processo CAD/CAM foi desenvolvido na década de 1950, para processos industriais, mas aos poucos foi introduzido na área odontológica. Na década de 80 houve um grande avanço quanto à utilização desta técnica para fins odontológicos, com a criação dos sistemas Sopher System[®], Cerec[®] e Procera[®] (AHLHOLM *et al.*, 2018; ALGHAZZAWI, 2016; MORMANN, 2006). Permite o emprego de materiais como as cerâmicas, os compósitos e as ligas metálicas para a confecção de peças protéticas com melhor adaptação marginal e com menor tempo de trabalho. Entretanto, a fresagem de cerâmicas friáveis, as quais não serão sinterizadas posteriormente, pode acarretar em formação de microtrincas e defeitos na superfície da restauração (SILVA *et al.*, 2017).

A férula trata-se da presença de, no mínimo, 1 a 2mm de estrutura dentária sadia com 4 paredes axiais acima da linha do término na região cervical (FONTANA *et al.*, 2019; SANTOS PANTALEON *et al.*, 2019; STAVRIDAKIS; BROKOS; KREJCI, 2018). Segundo estudo realizado por Naumann e colaboradores (2018), a presença de pelo menos uma parede remanescente, com pelo menos 1mm de altura, pode aumentar a resistência à fratura do

conjunto dente/restauração. Para Fontana e colaboradores (2019) a espessura mínima para uma boa resistência seria de 1mm e que, quanto maior a espessura da mesma, menor seria a chance de insucesso do trabalho restaurador. Diversos estudos relatam o benefício da presença de férula em dentes restaurados com retentores intrarradiculares, núcleos de preenchimento e coroas, tanto em relação à distribuição de tensões, proteção da interface adesiva, fraturas reparáveis e perda de adesão da peça protética (FONTANA *et al.*, 2019; KAR; TRIPATHI; TRIVEDI, 2017; MA *et al.*, 2009; SANTOS PANTALEON *et al.*, 2019; SORENSEN; ENGELMAN, 1990; VALDIVIA *et al.*, 2018), principalmente durante os movimentos de lateralidade (BATISTA *et al.*, 2019). Contudo, ainda existem poucos estudos que relatam os benefícios da férula em preparos do tipo *endocrown* (EINHORN *et al.*, 2019), sendo o foco dos estudos direcionado para a comparação com o uso de retentores intrarradiculares metálicos ou de fibra de vidro (FONTANA *et al.*, 2019).

O objetivo do presente estudo foi o de avaliar a resistência à fratura e a deformação da estrutura dental após realização de restaurações do tipo *endocrown*, quando na ausência ou presença de férula, utilizando dois tipos de materiais, uma cerâmica de dissilicato de lítio e uma cerâmica feldspática híbrida. As hipóteses nulas a serem testadas foram que a presença de férula e o material cerâmico não influenciam na resistência à fratura e na deformação da estrutura dental de preparos do tipo *endocrown*.

2 OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da férula em restaurações do tipo *endocrown*, analisando a resistência à fratura do complexo dente/restauração e a deformação da estrutura dental, variando-se o material restaurador cerâmico utilizado (dissilicato de lítio ou feldspática híbrida).

3 DESENVOLVIMENTO

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Universidade Federal de Juiz de Fora sob o CAE n. 91961318.7.0000.5147 (Anexo A).

3.1 SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram selecionados 50 dentes molares hígidos livres de trincas e defeitos no esmalte. A área da superfície oclusal dos dentes foi padronizada. Para isso foi realizada medição da superfície oclusal, nos sentidos méso-distal (MD) e vestibulo-lingual (VL), de todos os dentes, idealizando-se o dente como sendo um retângulo com lados definidos, utilizando-se um paquímetro digital (Modelo DCLR-0605; Clockwise Tools Inc., Santa Clarita, EUA). Foram descartados os elementos dentais que possuíam mais de 10% de variação, em relação ao valor médio, de área de coroa (FONSECA, 2008).

3.2 DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS

Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 5 grupos (n=10). Duas conformações de preparos cavitários para restauração do tipo *endocrown* (com e sem férula) e dois materiais restauradores (cerâmica de dissilicato de lítio ou cerâmica feldspática híbrida) foram testados. Os materiais utilizados encontram-se descritos na Tabela 1. Dez dentes foram designados para o grupo controle e não receberam nenhum tipo de tratamento. Os demais foram submetidos a tratamento endodôntico.

Os quarenta dentes foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos (n=10), de acordo com o tipo de preparo realizado e o material a ser utilizado para a restauração:

- a) preparo cavitário do tipo *endocrown* com férula e restaurado com cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein);
- b) preparo cavitário do tipo *endocrown* sem férula e restaurado com cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein);
- c) preparo cavitário do tipo *endocrown* com férula e restaurado com cerâmica feldspática híbrida (VITA Enamic; VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha);
- d) preparo cavitário do tipo *endocrown* com férula e restaurado com cerâmica feldspática híbrida (VITA Enamic; VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha).

Tipo	Tabela 1- Materiais utilizados Composição (Conforme informações do fabricante)	Fabricante
Cerâmica de dissilicato de lítio	SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, MgO, Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ e outros óxidos.	IPS Emax CAD (Ivoclar Vivadent AG)
Cerâmica feldspática híbrida	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, B ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ e polímero de metacrilato	VITA – Enamic (Ivoclar Vivadent AG)
Ácido fluorídrico	HF – 5%	Power C-etching (BM4)
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄ – 37%, espessante, água deionizada e corante.	Condac 37 (FGM)
Silano Primer	Álcool Etilico 95% e Silano A 174	Silano (Dentsply Sirona)
Silano Ativador	Álcool Etilico 95% e Ácido Acético Glacial	Silano (Dentsply Sirona)
Primer	2-hidroxietilmetacrilato e ácido polialcenóico	Adper Scotchbond Multiuso Plus Primer (3M ESPE)
Adesivo	Bis-GMA, 2- hidroxietilmetacrilato e trifenilantimônio	Adesivo Adper Scotchbond Multiuso (3M ESPE)
Resina composta flúida	Cerâmica silanizada tratada, Dimetacrilato substituída, Bis-GMA, Sílica tratada de silano, TEGDMA, Fluoreto de itérbio (YbF ₃), Polímero policaprolactona reagida, Difeniliodônio hexafluorofosfato	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE)
Cimento Resinoso	Pó de vidro, superfície modificada com 2-propenóico, 2 metil-3-(trimetoxissilil) propílico e feniltrimetoxi silano, 2-ácido propenóico, 2-metil-, 1,1'-[1-(hidroximetil) -1,2 etanodil] éster, produtos de reação com 2-hidroxi-1,3-propanodil-dimetacrilato e óxido de fósforo, TEGDMA, sílica tratada de silano, óxidos de vidro químico, Persulfato de sódio, Terc-butil 3,5,5-trimetil peroxihexanoato, Ácido acético, sla de cobre (2+) monohidratado,	RelyX U200 (3M ESPE)
Guta-percha	Guta percha, óxido de zinco, sulfato de metais pesados, cera	Guta-percha (Dentsply Maillefer)
Cimento endodôntico	Pó: Óxido de zinco, resina hidrogenada, subcarbonato de bismuto, sulfato de bário e borato de cálcio. Líquido: eugenol, óleo de amêndoas e BHT	Endofill (Dentsply Maillefer)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.3 TRATAMENTO ENDODÔNTICO

O tratamento endodôntico das amostras foi realizado pela técnica manual convencional, com limas do tipo K-File #10-30 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio a 5% (Asfer; Indústria Química Brasileira, São Caetano do Sul, Brasil) quando da troca de limas. A obturação dos canais foi feita através de técnica de condensação lateral com cones de guta-percha (Guta-Percha; Dentsply, Ballaigues, Suíça) e cimento endodôntico a base de óxido de zinco e eugenol (Pulp Fill; Biodinâmica, São Paulo, Brasil). Após a obturação foi aguardado um período de 21 dias para a total liberação de eugenol da estrutura dental e continuidade do experimento (MENEZES, *et al.*, 2008; MESQUITA *et al.*, 2013; SANTANA *et al.*, 2014).

3.4 SIMULAÇÃO DO LIGAMENTO PERIODONTAL

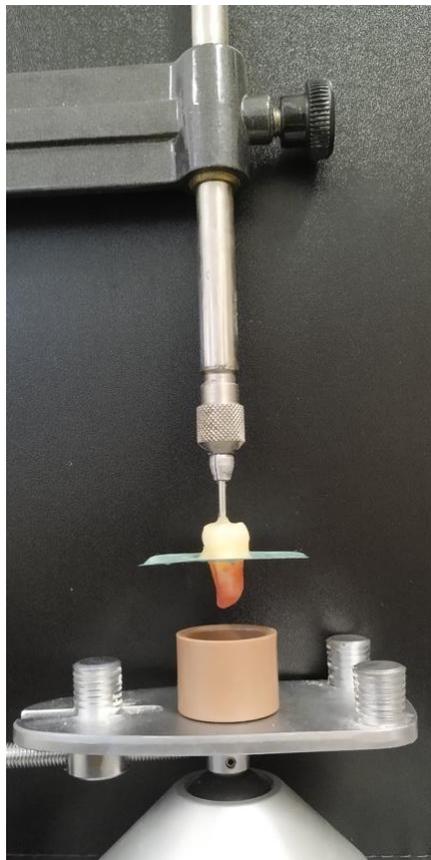
Os dentes foram embutidos em resina acrílica simulando-se o ligamento periodontal. Para a simulação, as raízes dos mesmos foram demarcadas 3mm abaixo da junção amelocementária, para caracterização da altura normal do osso alveolar, e então foram recobertas por uma fina camada de cera nº 7 liquefeita (Cera Rosa nº 7; Lysandra, São Paulo, Brasil), com aproximadamente 0,3mm de espessura (Figura 1) (FONTANA *et al.*, 2019). Para a inclusão, os dentes foram fixados pela porção coronária, com cera pegajosa (Asfer Ind. Química, São Caetano do Sul, Brasil), à haste de um delineador protético (Delineador B2 Paralelômetro; Bio-art, São Carlos, Brasil), mantendo a porção coronária perpendicular ao plano horizontal. Sob a mesa móvel, foi colocado um cilindro de PVC e uma película radiográfica com uma perfuração central de 10mm (Figura 2). O dente foi fixado à película com cera pegajosa, e o conjunto removido de forma invertida, sendo então posicionado em uma placa com perfuração circular de 15mm (Figura 3). Posteriormente, resina acrílica autopolimerizável (JET – Clássico, Campo Limpo Paulista, Brasil) foi vertida no interior do cilindro de PVC (Figura 4).

Figura 1 - Recobrimento radicular com cera n. 7 para simulação de ligamento periodontal



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 2 - Dente fixado em haste vertical de Delineador B2 para inclusão



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 3 - Conjunto posicionado em uma placa com perfuração circular de 15mm para inclusão



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

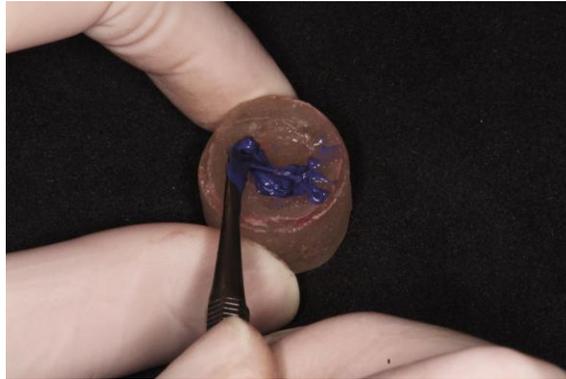
Figura 4 - Resina acrílica autopolimerizável sendo vertida no interior do cilindro de PVC



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

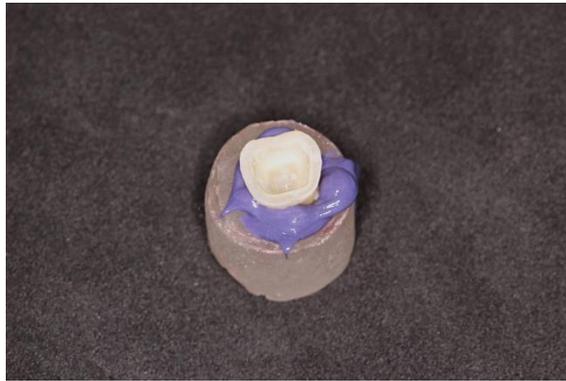
O material de moldagem do tipo poliéter (Impregum Soft – 3M ESPE, Saint Paul, EUA), foi inserido no alvéolo (Figura 5) e o dente reintroduzido sob pressão digital (Figura 6). Após a cura, os excessos foram removidos com o auxílio de uma lâmina de bisturi n.15 (Solidor, Suzhou Kyuan Medical Apparatus Co. Ltda., Suzhou City, China) e as amostras armazenadas em água destilada em estufa a 37°C (SOARES *et al.*, 2005) (Figura 7).

Figura 5 - Material de moldagem Impregum; 3M ESPE, sendo inserido no alvéolo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 6 - Dente reintroduzido sob pressão digital



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 7 - Após a polimerização os excessos foram removidos com lâmina de bisturi nº 15



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após 2 horas da inclusão, os dentes foram removidos dos alvéolos artificiais e limpos com água quente.

3.5 CONFECÇÃO DOS PREPAROS

A embocadura dos canais foi selada com resina do tipo fluida (Filtek Z350 XT Flow – 3M ESPE, Saint Paul, EUA) e sistema adesivo convencional de três passos (Adper Scotchbond Multiuso – 3M ESPE, Saint Paul, EUA), ambos utilizados conforme as instruções do fabricante.

Para as amostras dos grupos onde a férula foi realizada, as coroas foram seccionadas 3mm acima da junção amelocementária. O preparo foi realizado com profundidade de 4mm, parede gengival de 1,5mm de largura, férula com 1mm de altura e 1,5mm de espessura e término a 1mm da junção amelocementária, utilizando-se ponta diamantada #3131 (KG Sorensen, Cotia, Brasil) para delimitação da profundidade, garantindo expulsividade e conformação interna da câmara pulpar, e ponta diamantada #4137 (KG Sorensen, Cotia, Brasil) para a planificação, desgaste axial e formação do chanfro, sendo ambas utilizadas em alta rotação (Kavo Dental, Biberach an der Riß, Alemanha) e com irrigação constante. As pontas diamantadas foram trocadas a cada cinco preparos. As amostras dos grupos sem férula tiveram a porção coronária seccionadas 1mm acima da junção amelocementária, sendo a profundidade interna de 4mm, e espessura de parede circunferencial de 1,5mm. As medidas dos preparos foram conferidas com o auxílio de uma sonda periodontal milimetrada (Sonda Universal Carolina do Norte – Quinelato, Rio Claro, Brasil).

3.6 CONFECÇÃO DAS RESTAURAÇÕES

Todas as restaurações foram confeccionadas pela técnica CAD/CAM em laboratório situado na cidade de Juiz de Fora – MG. Troquéis em gesso foram obtidos e cobertos por revelador não aquoso em spray (D70 – Metal-Chek, Bragança Paulista, Brasil) (Figura 8) para serem escaneados pelo scanner inEos X5 (Dentsply Sirona, York, EUA) (Figura 9). As restaurações foram desenhadas no software inLab CAD SW16.0 (Dentsply Sirona, York, EUA) (Figuras 10 e 11) e fresadas no equipamento inLab MC XL (Dentsply Sirona, York, EUA) (Figura 12).

Figura 8 - Troquéis cobertos por revelador não aquoso em spray D70 Metal-Chek



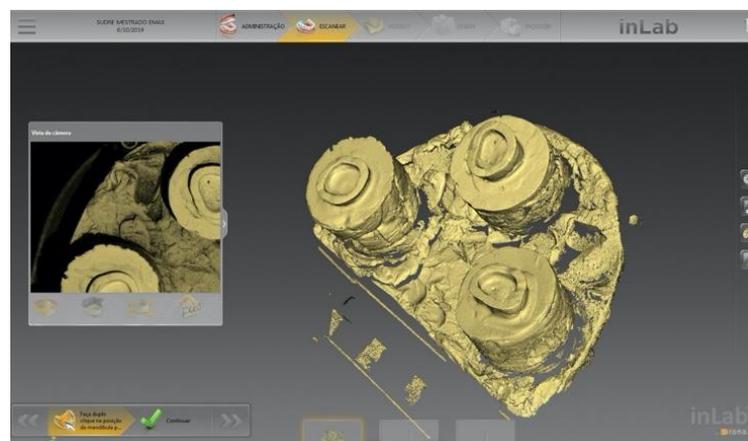
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 9 - Amostras escaneadas pelo scanner inEos X5



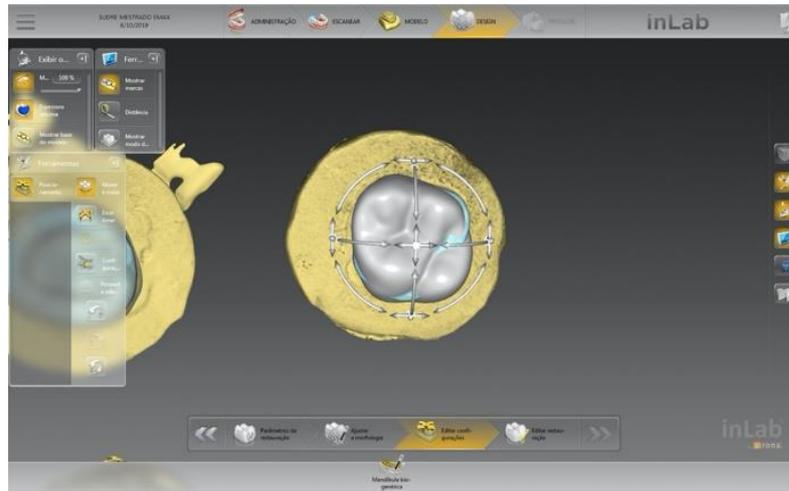
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 10 - Restaurações sendo desenhadas no software inLab CAD SW16.0



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 11 - Restaurações sendo desenhadas no software inLab CAD SW16.0



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Foram utilizados blocos de cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e cerâmica feldspática híbrida (Vita Enamic – VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) (Figura 12). Após a fresagem, as peças de cerâmica de dissilicato de lítio foram levadas a queima para completa cristalização (Forno Programat EP 3000 – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e o glaze das peças foi feito utilizando-se IPS Ivocolor Glaze Paste (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Figura 13). Já as peças de cerâmica híbrida após a fresagem passaram pelo polimento manual, com o kit de pontas VITA ENAMIC Polishing Set technical (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha).

Figura 12 - Bloco de cerâmica feldspática híbrida, ENAMIC (VITA Zahnfabrik)



Fonte: https://www.vita-zahnfabrik.com/VITA_ENAMIC_LABNEWSLETTER_CADCAM_22013_ru.html (2019).

Figura 13 - Glaze Ivocolor, pigmento SD2 Ivocolor e IPS e.max CAD

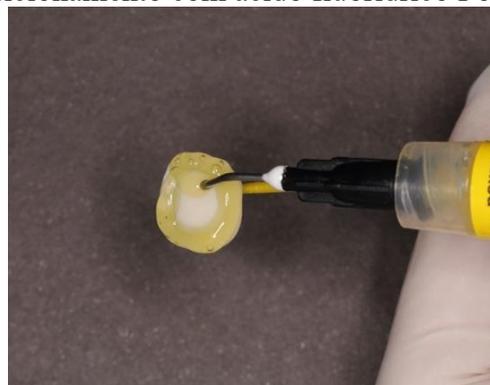


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.7 CIMENTAÇÃO

Para a cimentação das peças de dissilicato de lítio foi realizado condicionamento com ácido fluorídrico a 5% (Condicionador Ácido Power C etching 5% – BM4, Maringá, Brasil) por 20s, já para as peças de cerâmica feldspática híbrida o condicionamento foi realizado por 60s, ambas foram lavadas com jato de ar e água por 15s, secas com jato de ar por 5s (EL GHOUL *et al.*, 2019) (Figura 14). Foi feita aplicação de ácido fosfórico a 37% (Condac 37% – FGM, Joinville, Brasil) na parte interna das peças por 60s, para total remoção dos cristais precipitados (GIRALDO *et al.*, 2016; TURKISTANI; DIMASHKIEH; RAYYAN, 2019), as mesmas foram lavadas com jato de ar e água por 15s e secas com jato de ar por 5s (Figura 15). Foi aplicado uma camada de silano (Silano – Dentsply Sirona, York, EUA) de forma ativa com um aplicador descartável (Brush Fino; KG Sorensen, Cotia, Brasil), e a superfície foi seca com jato de ar por 15 segundos (Figura 16). Uma fina camada de adesivo foi aplicada sobre as peças e o excesso removido com um novo aplicador descartável e então fotopolimerizado por 20 segundos (Figura 17).

Figura 14 - Condicionamento com ácido fluorídrico Power C etching 5% (BM4)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 15 - Aplicação de ácido fosfórico Condac 37 (FGM)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 16 - Aplicação de Silano (Dentsply Sirona)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 17 - Aplicação de adesivo Adper Scotchbond Multiuso (3M ESPE)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

No substrato dental, todo o preparo foi limpo utilizando água e pedra pomes com o auxílio de uma escova de Robinson (Figura 18). O esmalte foi condicionado com ácido fosfórico a 37% (Condac 37 – FGM, Joinville, Brasil) por 30s (Figura 19). O cimento resinoso (Relyx U200 – 3M ESPE, Saint Paul, EUA) foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante, na proporção 1:1 (Figura 20), sendo então inserido no interior da peça e levado em posição. O conjunto foi inserido em um dispositivo confeccionado para a cimentação, onde uma esfera de 10mm de diâmetro foi posicionada no centro da face oclusal, exercendo uma pressão de 0,5kg por 5 minutos (PEREIRA *et al.*, 2015) (Figura 21), o excesso de cimento foi removido, e todas as faces foram então fotopolimerizadas por 40s com um aparelho fotopolimerizador com intensidade de luz de 3000mW/cm² e comprimento de onda de 395 a 480 nm (Valo – Ultradent Products, South Jordan, EUA) (Figura 22). As amostras foram mantidas em estufa a 37°C em ambiente úmido por 24h, previamente à realização dos ensaios mecânicos.

Figura 18 - Limpeza do preparo com água, pedra pomes e escova de Robinson



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 19 - Condicionamento seletivo com ácido fosfórico Condac 37 (FGM)



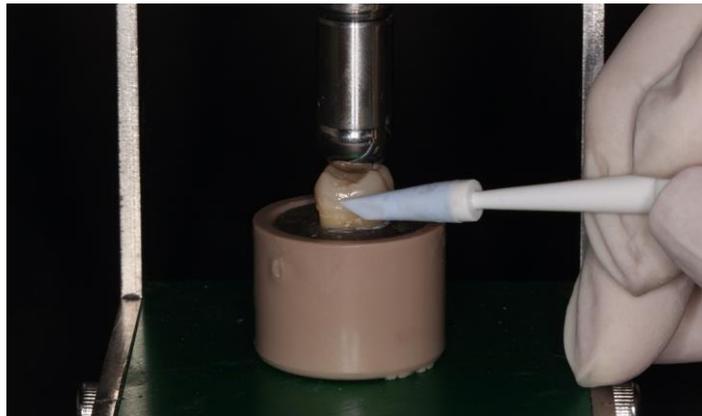
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 20 - Cimento RelyX U200 (3M ESPE) manipulado na proporção 1:1



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 21 - Conjunto em posição em dispositivo de cimentação e remoção do excesso de cimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 22 - Fotopolimerização de todas as faces por 40s com fotopolimerizador Valo (Ultradent Products)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.8 ENSAIOS MECÂNICOS

As amostras foram submetidas a simulações de envelhecimento. Inicialmente realizou-se envelhecimento por ciclagem térmica, com 5.000 ciclos, com variação de temperatura de 5 a 55°C, com intervalo entre os banhos de 30s (Máquina de banho para teste cíclico, Modelo 521-6D, Ethik Technology Produtos e Equipamentos Científicos Ltda, Vargem Grande Paulista, Brasil) (AKTAS; YERLIKAYA; AKCA, 2018; EL-DAMANHOURY; HAJ-ALI; PLATT, 2015; KANAT-ERTÜRK *et al.*, 2018). Logo após, foi realizado envelhecimento com ciclagem mecânica onde foram realizados 600.000 ciclos a 4Hz, sendo a força exercida no sentido axial com uma esfera de 3mm de diâmetro na fossa central da coroa, com carga de 125N, estando as amostras submersas em água a 37°C (ER-11000 – ERIOS, São Paulo, Brasil) (KANAT-ERTÜRK *et al.*, 2018; PEDROLLO LISE *et al.*, 2017; SEDREZ-PORTO *et al.*, 2019).

Finalizada a fase de envelhecimento, as amostras foram submetidas a teste de resistência a fratura em uma máquina de ensaio dinâmica (Instron Electropuls E3000, Norwood, EUA) operando em modo estático e com uma célula de carga de 5KN. Uma esfera com 6mm de diâmetro exerceu uma carga no sentido axial da amostra, tocando a porção central da coroa, com velocidade de 1mm/minuto, até que ocorresse a fratura, sendo os valores resultantes obtidos em Newton (N). Durante a realização do teste de fratura, um defletômetro (Instron, Norwood, EUA) foi acoplado próximo à região cervical de todas as amostras, para determinação da deformação da estrutura dental (μm) quando do carregamento com 100N (Figura 23).

Figura 23 - Amostra posicionada na máquina de ensaio com defletômetro em posição



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.9 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA

As amostras fraturadas foram analisadas em estereomicroscópio para determinar o padrão de fratura, classificando-as em 4 tipos (SOARES *et al.*, 2008):

- Tipo I – Fraturas envolvendo pequena porção de estrutura dental coronária;
- Tipo II – Fraturas envolvendo pequena porção de estrutura dental coronária e falha coesiva da restauração;
- Tipo III – Fraturas envolvendo estrutura dental, falha coesiva e/ou adesiva da restauração, com envolvimento periodontal;
- Tipo IV – Fraturas verticais de raiz e coroa.

3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados foi realizada utilizando-se o Programa SigmaPlot. (Systat Software Inc, San Jose, EUA). Para análise dos resultados de resistência a fratura, foi realizado o teste ANOVA-two-way ($\alpha=5\%$) para determinação da interação dos fatores em estudo e em seguida realizados os testes ANOVA-one-way e Dunnett ($\alpha=5\%$) para comparação entre os grupos. Para análise dos resultados de deformação das amostras foi realizado o teste ANOVA-two-way ($\alpha=5\%$) para determinação da interação entre os fatores em estudo e em seguida realizado o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha=5\%$) para comparação entre os grupos. A análise dos resultados dos padrões de fratura foi realizada utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha=5\%$).

4 RESULTADOS

Para a análise dos resultados de resistência a fratura, com relação aos fatores estudados (material e fêrula), foi verificada significância estatística para o fator material ($p < 0,001$) e para a interação fêrula x material ($p = 0,008$).

Os resultados de resistência à fratura estão descritos na Tabela 2. A presença de fêrula no preparo não interferiu nos valores de resistência à fratura para cada material, de forma que não houve diferença significativa nos valores do grupo de Dissilicato de Lítio com e sem fêrula ($1745,9 \pm 618,45\text{N}$ e $2174,5 \pm 595,73\text{N}$, respectivamente) ($p = 0,080$) e entre os grupos Feldspática Híbrida com e sem fêrula ($1431,63 \pm 371,28\text{N}$ e $1001,53 \pm 257,57\text{N}$, respectivamente) ($p = 0,080$).

Tabela 2 – Resultados de resistência a fratura dos grupos testados – Média (Desvio Padrão) em N

Dissilicato de Lítio com fêrula	1745,9 ($\pm 618,45$) ^{A*,a**}	Feldspática Híbrida com fêrula	1431,63 ($\pm 371,28$) ^{A,a}	p= 0,07
Dissilicato de Lítio sem fêrula	2174,5 ($\pm 595,73$) ^{A,a}	Feldspática Híbrida sem fêrula	1001,53 ($\pm 257,57$) ^{A,b}	p= 0,001
p= 0,08		p= 0,08		
Comparação com grupo Controle				
Dissilicato de lítio com fêrula		1745,9 ($\pm 618,45$) ^A		
Dissilicato de lítio sem fêrula		2174,5 ($\pm 595,73$) ^A		
Feldspática híbrida com fêrula		1431,63 ($\pm 371,28$) ^A		
Feldspática híbrida sem fêrula		1001,53 ($\pm 257,57$) ^B		
Controle		1858,78 ($\pm 572,85$) ^A		
p=0,002				

* Letras maiúsculas iguais demonstram que não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência à fratura de cada material comparando com e sem fêrula pelo teste One-Way Anova e pos-hoc de Dunnet ($p > 0,05$).

** Letras minúsculas iguais demonstram que não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência à fratura entre os materiais dentro de cada tipo de preparo (com e sem fêrula) pelo teste One-Way Anova e pos-hoc de Dunnet ($p > 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Verificou-se diferença estatística entre os materiais quando o tipo de preparo sem férula foi comparado, sendo que o grupo Dissilicato de Lítio ($2174,5 \pm 595,73\text{N}$) apresentou maior valor de resistência à fratura comparado ao grupo Feldspática Híbrida ($1001,53 \pm 257,57\text{N}$) ($p=0,001$). Porém, não houve diferença significativa nos valores de resistência à fratura entre os materiais quando a férula foi realizada ($p=0,07$). Ao comparar os materiais cerâmicos quanto a presença ou não de férula com o grupo controle ($1858,78 \pm 572,85\text{N}$), somente o grupo Feldspática Híbrida sem férula apresentou diferença significativa ($p=0,002$), apresentando menor resistência à fratura ($1001,53 \pm 257,57\text{N}$).

Para a análise dos resultados de deformação na força padrão, com relação aos fatores estudados (material e férula), não foi verificada significância estatística para nenhum fator estudado ($p>0,05$).

A análise dos resultados de deformação quando do carregamento com 100N, comparando-se os grupos em estudo, encontra-se descrito na Tabela 3. Não foi verificada diferença estatística significativa entre os grupos ($p=0,179$).

Tabela 3 – Resultados de deformação média da estrutura dental (μm) com carregamento de 100N

Grupos	Deformação (μm)
Dissilicato de lítio com férula	19,79 ^a
Dissilicato de lítio sem férula	80,29 ^a
Feldspática híbrida com férula	53,45 ^a
Feldspática híbrida sem férula	50,32 ^a
Controle	40,5 ^a

Letras minúsculas iguais demonstram que não houve diferença estatística significativa nos valores de deformação da estrutura dental entre os grupos pelo teste Kruskal-Wallis ($p=0,179$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O resultado das análises dos padrões de fratura dos espécimes encontra-se na Tabela 4. Não foi verificada diferença significativa entre os grupos experimentais ($p=0,182$), mas todos eles apresentaram-se com diferença significativa quando comparados com o grupo controle ($p=0,001$).

Tabela 4 – Resultados de padrão de fratura (de acordo com SOARES *et al.*, 2008)

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Dissilicato de Lítio com férula		4	5	1
Dissilicato de Lítio sem férula		2	5	3
Feldspática Híbrida com férula		3	7	
Feldspática Híbrida sem férula		4	5	1
Controle	8		2	

Não foi verificada diferença significativa entre os grupos experimentais ($p=0,182$), mas todos eles apresentaram-se com diferença significativa quando comparados com o grupo controle ($p=0,001$), segundo o Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5 DISCUSSÃO

As restaurações do tipo *endocrown* se apresentam como uma alternativa para a restauração de dentes tratados endodonticamente, ou até para aqueles que seriam indicados a extração, devido a redução do espaço interoclusal ou devido a curvatura acentuada de raiz (SEVİMLİ *et al.*, 2015). Sua aplicabilidade tem aumentando, uma vez que as retenções macro e micromecânicas se complementam e aumentam a durabilidade clínica das restaurações (DOGUI *et al.*, 2018).

O presente estudo comparou a resistência à fratura de preparos para *endocrown*, com férula e sem férula, utilizando dois materiais cerâmicos distintos, fabricados pelo método CAD/CAM, com dentes hígidos. Uma hipótese nula testada foi de que a férula e o material cerâmico não influenciariam na resistência a fratura das amostras. Com os resultados obtidos, verifica-se que a presença ou ausência da férula não apresentou efeito para um mesmo material cerâmico. Entretanto, quando comparando os resultados entre os materiais testados, com relação ao preparo sem férula, verificou-se diferença estatística significativa, onde o grupo dissilicato de lítio mostrou-se superior ao grupo feldspática híbrida. Isto pode estar relacionado à composição dos dois materiais. A cerâmica feldspática híbrida, por ser composta de 75%, em volume, de cerâmica feldspática, apresenta menor resistência a fratura do que o dissilicato de lítio (ZHANG; KELLY, 2017). Parece-nos que a conformação do preparo com férula, pode ter sido crucial, neste caso, protegendo o material restaurador e colaborando para um maior resultado de resistência a fratura. Taha e colaboradores (2018), utilizaram a mesma cerâmica feldspática híbrida para análise do efeito da presença de férula. Os grupos férula com altura de 2 e 3,5mm também apresentaram resultados de resistência à fratura com diferença estatística significativa quando comparados ao grupo sem férula. Segundo os autores, a presença da férula age criando uma ação contrária às forças de cisalhamento nas paredes axiais, melhorando a distribuição das tensões na região cervical e na parede de fundo.

O fator número de paredes remanescentes também deve ser considerado. Santos Pantaleon e colaboradores (2019) avaliaram a resistência a fratura de incisivos submetidos a tratamento endodôntico e restaurados com retentores intrarradiculares de fibra de vidro e coroas totais, variando-se a altura da férula em duas paredes. Os autores constataram que, mesmo quando a altura da férula foi maior, a presença de quatro paredes circundantes contribuiu mais decisivamente para o aumento da resistência. A presença de férula em toda a extensão cervical do preparo cavitário, mesmo com 1mm de altura, o mesmo utilizado no presente estudo, apresentou-se como um fator relevante para a resistência à fratura.

Quanto maior a quantidade de estrutura dental remanescente, melhor o desempenho biomecânico da restauração realizada (JULOSKI; APICELLA; FERRARI, 2014). Em preparos para coroas totais com retentores intrarradiculares, a férula confere à estrutura dental maior resistência à fratura durante as forças de mastigação, sejam elas no sentido axial ou lateral (FONTANA *et al.*, 2019). Poucos foram os estudos analisando a influência de férula em preparos para *endocrown*. No estudo de Einhorn e colaboradores (2019), onde uma cerâmica de dissilicato de lítio foi utilizada, os grupos com presença de férula, variando-se a altura entre 1 e 2mm e com profundidade de 2mm, apresentaram valores de resistência a fratura mais elevados do que o grupo sem férula. Segundo os autores a presença de férula cria uma área disponível para adesão maior, acarretando em maior resistência à fratura do conjunto dente/restauração. Seus resultados são divergentes dos obtidos neste estudo, onde a presença de férula não apresentou resultados com diferença estatística significativa, o que pode ser explicado pela profundidade dos preparos (4mm). O preparo realizado sem férula e com profundidade de 4mm possui uma maior área para adesão, o que pode ter resultado em maiores valores de resistência à fratura. Outro fato a ser considerado seria a conformação do preparo. Quanto mais complexo, pior pode ser a adaptação da restauração e maior a linha de cimentação. Isto decorreria da limitação do diâmetro das pontas diamantadas durante o processo de fresagem. Neste caso, as restaurações do preparo sem férula seriam de mais fácil produção.

O teste de resistência à fratura pode ser realizado carregando-se as amostras com forças no sentido axial ou lateral. Especificamente, neste estudo, foi realizado carregamento no sentido axial, objetivando-se avaliar a influência da resistência dos materiais e sua correlação com o desenho do preparo cavitário (ROCCA; KREJCI, 2013). Neste tipo de teste algumas características, como módulo de elasticidade e espessura do material, são decisivas para a sobrevivência dos mesmos. Estudos sobre preparos do tipo *endocrown* como os de Gresnigt e colaboradores (2016) e El Ghouli e colaboradores (2019) foram realizados com cargas no sentido axial e lateral utilizando cerâmica de dissilicato de lítio. Os resultados encontrados, quando a força foi realizada no sentido axial, corroboram com os do presente estudo ($2428 \pm 566\text{N}$ e $2914 \pm 205\text{N}$, respectivamente). Os valores de resistência se apresentaram maiores no sentido axial, quando comparado com as forças laterais ($1118 \pm 173\text{N}$; $1516 \pm 202\text{N}$, respectivamente).

Quanto ao padrão de fratura, os grupos testes apresentaram diferença estatística significativa quando comparando ao grupo controle. Mesmo com a alta resistência a compressão da cerâmica de dissilicato de lítio, a mesma não foi capaz de distribuir uniformemente as tensões geradas como a estrutura dental hígida. Por seu módulo de elasticidade ser maior que o do dente pode

ocorrer acúmulo de tensões nas áreas mais frágeis, que são as interfaces adesivas das paredes circundantes e da parede de fundo (EL GHOUL *et al.*, 2019). A cerâmica feldspática híbrida, apesar de possuir um módulo de elasticidade semelhante ao do dente (SILVA *et al.*, 2017), também parece não ter sido capaz de distribuir uniformemente as tensões. Por serem peças monolíticas, as restaurações *endocrown* apresentam um número de interfaces reduzido, o que pode colaborar para tornar o padrão de fratura mais semelhante entre os grupos experimentais (TURKISTANI; DIMASHKIEH; RAYYAN, 2019).

As novas cerâmicas feldspáticas híbridas são compostas de 75% cerâmica feldspática e 25% de polímero. A parte cerâmica possui uma forma tridimensional com partículas interconectadas entre si, sendo capaz de distribuir melhor as tensões e promover uma resistência mais elevada, quando comparado aos compósitos. O seu processo de fabricação permite a obtenção de um material com total conversão das partículas e livre de defeitos. Sua confecção pelo método CAD/CAM permite ser fresada em espessuras menores, com menor quantidade de lascamento das regiões marginais, além de menor tempo de confecção e maior vida útil das pontas diamantadas da fresadora (MAINJOT *et al.*, 2016). A cerâmica de dissilicato de lítio é formada através de um processo térmico, onde o metassilicato de lítio é transformado em dissilicato de lítio, o qual possui uma estrutura mais estável. Possui 70% de sua composição de cristais de dissilicato imersos em uma matriz vítrea. Tais cristais se apresentam alongados, com comprimento entre 2,0 a 3,0 μ m e de forma dispersa (SILVA *et al.*, 2017; WILLARD; CHU, 2018). Esta disposição permite que a propagação de trincas se torne mais difícil. (ZHANG; KELLY, 2017). Ambos os materiais possuem em sua estrutura um grande percentual de composição inorgânica que, além da conformação dos cristais, possuem a capacidade de conter o aumento de trincas. Os altos valores de resistência a flexão e módulo de elasticidade tornam a cerâmica de dissilicato de lítio mais resistente (WILLARD; CHU, 2018).

Ensaio mecânicos de resistência à fratura possuem limitações quanto ao fornecimento de informações ultra-estruturais e biomecânicas do comportamento da estrutura dental e dos materiais restauradores no momento anterior ao limite máximo de ruptura (REES; JACOBSEN; HICKMAN, 1994). Desta forma, informações obtidas através de testes adicionais realizados juntamente ao ensaio de resistência apresentam sua importância. A deformação de uma estrutura pode ocorrer por meio de concentração de tensões oriundas da aplicação de carga, podendo acontecer em regime elástico ou plástico, acarretando em simples deformação elástica da estrutura analisada quanto na formação de trincas, propagação de fraturas e colapso da estrutura como um todo (REES; JACOBSEN; HICKMAN, 1994). A análise dos resultados de deformação deste estudo, quando simulando uma força normal de oclusão – 100N, demonstrou

que nenhum dos materiais ou desenhos de preparo analisados foi capaz de alterar a deformação da estrutura de forma significativa, mesmo quando comparados ao grupo controle ($p=0,182$). Desta forma, hipótese nula de que o tipo de material e o tipo de preparo não influenciariam na deformação da estrutura dentária foi aceita, na forma como realizado.

A realização dos testes de ciclagem térmica e mecânica, onde as amostras foram submetidas a envelhecimento de aproximadamente 2 anos e meio (ROCCA *et al.*, 2016), pode ter causado o surgimento de microtrincas no corpo da restauração e comprometimento da interface adesiva (EL-DAMANHOURY; HAJ-ALI; PLATT, 2015). Durante a realização do teste de resistência a fratura estas microtrincas podem ter se propagado, tornando-se muito extensas, havendo comprometimento da adesividade e diminuindo o valor do resultado final.

Dentes que apresentam tratamento endodôntico geralmente apresentam grande perda de estrutura dental, seja por fraturas ou por lesões de cárie, o que aumenta a complexidade do procedimento restaurador (GRESNIGT *et al.*, 2016). Ainda hoje a técnica mais utilizada trata-se da desobstrução dos canais radiculares, seguida de cimentação de retentores intraradiculares e finalização com cimentação de restaurações indiretas (GRESNIGT *et al.*, 2016). O uso de retentores a base de fibra de vidro tem se mostrado mais vantajoso pois apresenta módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina, quando comparado àqueles produzidos com ligas metálicas fundidas. Apesar dos retentores de fibra de vidro apresentarem menor resistência a fratura, são capazes de transmitir, de melhor forma, as tensões para o tecido radicular, incorrendo em menor formação de trincas ou fraturas (BACCHI *et al.*, 2019; FONTANA *et al.*, 2019). Buscando uma alternativa ao uso destas técnicas, surgiram as restaurações do tipo *endocrown*, onde a desobstrução dos canais radiculares não é necessária. Tem-se um menor desgaste do remanescente dental e menores chances de fraturas e/ou perfurações radiculares (GRESNIGT *et al.*, 2016).

O uso da técnica se mostra vantajoso desde o preparo até a cimentação, pois é de fácil reprodutibilidade. O desgaste da estrutura dental para a confecção do preparo é mínimo, gerando maior área para adesão e mais estrutura para suportar as forças mastigatórias. Os novos materiais odontológicos, assim como os cimentos autoadesivos, permitem que as chances de erro do operador se tornem menores, garantindo uma longevidade ainda maior. A tecnologia CAD/CAM se apresenta como uma aliada na aplicação deste tipo de tratamento, uma vez que os materiais quando fresados se apresentam na sua forma mais resistente, além do menor tempo de confecção e a possibilidade de utilização de scanners intra-orais (ALGHAZZAWI, 2016).

Mais estudos para o entendimento do funcionamento das restaurações do tipo *endocrown* devem ser realizados. A presença de férula ainda pode ser mais bem analisada, visto que outras variáveis, como direção do carregamento da força, materiais para cimentação e materiais restauradores podem ser considerados e comparados. A cerâmica de dissilicato de lítio se apresentou como o material capaz de suportar maiores valores de carregamento até a ruptura, independente do desenho do preparo, e com resultados semelhantes ao grupo controle. O efeito da realização de férula parece estar relacionado à capacidade de resistência à fratura do material selecionado. Parece-nos que a férula deve ser realizada em preparos onde a resistência do material esteja diretamente relacionada à sua capacidade de resistir a deformações e ao seu limite de ruptura.

6 CONCLUSÃO

O uso de *endocrown* para restauração de dentes endodonticamente tratados parece ser vantajoso quando comparado ao uso de retentores intrarradiculares e coroas totais. Neste tipo de tratamento não há a necessidade de desobstrução dos canais radiculares, o que muitas das vezes poderia causar um enfraquecimento do remanescente radicular e possíveis perfurações. Além da simplicidade da técnica, onde a conformação do preparo é mais simples, não necessita de desgaste severo da estrutura dental. Muitos estudos compararam a presença de férula em preparos para coroas totais com retentores intrarradiculares, mas poucos são aqueles que avaliaram a influência da férula nas restaurações do tipo *endocrown*. É necessário que mais estudos, tendo a férula com fator de estudo, sejam realizados para uma comparação mais fiel dos resultados, tanto para a conformação ideal de preparo quanto para os tipos de materiais mais indicados. Nota-se também que o tipo de teste realizado, com suas variações, como posicionamento de amostras, carga aplicada, frequência e combinação de testes, pode influenciar nos resultados obtidos (VIANNA *et al.*, 2018).

O uso de cerâmicas como dissilicato de lítio e feldspática híbrida para a confecção de restaurações do tipo *endocrown* foi relatado nos estudos de Einhorn *et al.*, 2019; El Ghouli *et al.*, 2019. Sedrez Porto *et al.*, 2019 e Taha *et al.*, 2018. A cerâmica de dissilicato de lítio se mostra uma boa alternativa, uma vez que em preparos com e sem férula obteve altos valores de resistência a fratura, não havendo diferença estatística significativa. A conformação dos seus cristais produz uma área menor entre eles, aumentando sua resistência (SILVA *et al.*, 2017). Por ser tratar de restauração monolítica mais espessa, a força necessária para que ocorra a propagação de trincas a ponto de fraturar a restauração deve ser mais elevada. Já a cerâmica feldspática híbrida quando utilizada em preparos sem férula apresentou diferença estatística significativa, apesar de possuir propriedades mais semelhantes da estrutura dentária (SILVA *et al.*, 2017). Os resultados de resistência a fratura demonstram que sua resistência em preparos com férula é maior, pois a conformação de preparo gera uma proteção do material durante a aplicação de forças no sentido axial, melhor indicando sua utilização nesta configuração.

A comparação dos grupos teste com o grupo controle apresentou diferença estatisticamente significativa quando analisado o padrão de fratura, onde o grupo controle obteve melhores resultados. Os grupos testes tiveram um alto percentual de fraturas do tipo III e IV, por serem peças monolíticas com somente uma interface adesiva. Quanto à deformação da estrutura dentária, tanto a cerâmica de dissilicato de lítio quanto a feldspática híbrida não apresentaram

diferença estatística quando comparadas ao grupo controle, sendo sua deformação semelhante à estrutura dental. Ambos os materiais podem ser utilizados para restaurações do tipo *endocrown*, mas o que mostrou um melhor desempenho em todos os fatores de estudo foi a cerâmica de dissilicato de lítio.

REFERÊNCIAS

- ABU-IZZE, F.O. *et al.* Fatigue behavior of ultrafine tabletop ceramic restorations. **Dent Mater**, v. 34, n. 9, p. 1401-1409, sep. 2018.
- AHLHOLM, P. *et al.* Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: A review. **J Prosthodont**, v. 27, n. 1, p. 35-41, Jan. 2018.
- AKTAS, G.; YERLIKAYA, H.; AKCA, K. Mechanical failure of endocrowns manufactured with different ceramic materials: an in vitro biomechanical study. **J Prosthodont**, v. 27, n. 4, p. 340-346, apr. 2018.
- ALGHAZZAWI, T. F. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. **J Prosthodont**, v. 60, n. 2, p.72-84, abr. 2016.
- BACCHI, A. *et al.* Fracture strength and stress distribution in premolars restored with cast post-and-cores or glass-fiber posts considering the influence of ferrule. **Biomed Res Int**, v. 3, p. 1-7, 2019.
- BATISTA, V.E.S. *et al.* Influence of the ferrule effect on the failure of fiber-reinforced composite post-and-core restorations: A systematic review and meta-analysis. **J. Prosthet. Dent**, jun. 2019.
- BINDL, A.; MORMANN, W.H. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years – preliminary results. **J Adhe Dent**, v. 1, n. 3, p. 255-265, aut, 1999.
- DA FONSECA, G.F. *et al.* Computer-aided design finite element modeling of different approaches to rehabilitate endodontically treated teeth. **J Indian Prosthodont Soc**, v.18, n. 4, p. 329-335, oct/dec, 2018.
- DEEPAK, S.; NIVEDHITHA, M. S. Endocrown - Post Endodontic Restoration - A Questionnaire Survey. **Int. J Pharm Sci Rev Res**, v. 9(10), 2017.
- DEJAK, B.; MLOTKOWSKI, A. 3D-Finite element analysis of molars restored with endocrowns and posts during masticatory simulation. **Dent Mater**, v. 29, n. 12, p. e309-e317, dec. 2013.
- DOGUI, H. *et al.* Endocrown: An Alternative Approach for Restoring Endodontically Treated Molars with Large Coronal Destruction. **BMJ Case Rep**, v. 2018, p.1-6, 30 ago. 2018.
- EINHORN, M. *et al.* Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. **J Prosthodont.**, v.28, n. 1, p.237-242, oct. 2019.
- EL-DAMANHOURY H. M.; HAJ-ALI R. N.; PLATT J. A. Fracture resistance and microleakage of endocrowns utilizing three CAD-CAM blocks. **Oper Dent.**, v. 40, n. 2, p. 201-210, mar/apr. 2015.

- EL GHOUL, W. *et al.* Fracture resistance and failure modes of endocrowns manufactured with different CAD/CAM materials under axial and lateral loading. **J Esthet Restor Dent**, v. 31, n. 4, p.378-387, 8 may. 2019.
- EL GHOUL, W.A. *et al.* Effect to different CAD-CAM materials on the marginal and internal adaptation of endocrown restorations: An in vitro study. **J Prosthet Dent**, v. 23, n. 18, p.31097 – 7, apr. 2019.
- FONTANA, P. E. *et al.* Effect of Ferrule Thickness on Fracture Resistance of Teeth Restored with a Glass Fiber Post or Cast Post. **Oper Dent**, v. 44, n. 6, p.299-308, nov. 2019.
- FONSECA, R.B. *et al.* The influence of the cavity preparation design on marginal accuracy of laboratory-processed resin composite restorations. **Clin Oral Investig**, v. 12, n. 1, p. 53-59, aug. 2008.
- GIRALDO, T. C. *et al.* Active and Passive Application of the Phosphoric Acid on the Bond Strength of Lithium Disilicate. **Braz Dent J**, v. 27, n. 1, p.90-94, fev. 2016.
- GRESNIGT, M.M. *et al.* Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. **Dent Mater**, v. 32, n. 5, p. 607-614, may, 2016.
- JULOSKI, J.; APICELLA, D.; FERRARI, M. The effect of ferrule height on stress distribution within a tooth restored with fiber posts and ceramic crown: A finite element analysis. **Dent Mater**, v. 30, n. 12, p.1304-1315, dec, 2014.
- KANAT-ERTÜRK, B. *et al.* Fracture strengths of endocrown restorations fabricated with different preparation depths and CAD/CAM materials. **Dent Mater J**, v.37, n. 2, p. 256-265, mar. 2018.
- KAR, S.; TRIPATHI, A.; TRIVEDI, C. Effect of different ferrule length on fracture resistance of endodontically treated teeth: an in vitro study. **J Clin Diagn Res**, v. 11, n.4, p. zc49-zc52, apr. 2017.
- KRANCE, A. *et al.* Fracture resistance of all-ceramic crowns based on different preparation designs for restoring endodontically treated molars. **J Esthet Restor Dent**, v. 31, n. 1, p. 72-79, jan. 2019.
- LAWSON, N.C.; BANSAL, R.; BURGESS, J.O. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. **Dent Mater**, v. 32, n. 11, p. 275-283, nov, 2016.
- MA, P.S. *et al.* Load fatigue of teeth with different ferrule lengths, restored with fiber posts, composite resin cores, and all-ceramic crowns. **J Prosthet Dent**, v. 102, n. 4, p. 229-234, oct, 2009.
- MAINJOT, A.K. *et al.* From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. **J Dent Res**, v. 95, n. 5, p.487-495, may, 2016.
- MENEZES, M.S. *et al.* Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. **Int Endod J**, v. 41, n. 6, p.476-484, jun. 2008.

MESQUITA, G.C. *et al.* Can the Cure Time of Endodontic Sealers Affect Bond Strength to Root Dentin? **Brazilian Dental Journal**, v. 24, n. 4, p.340-343, jul. 2013.

MORMANN, H.W. The evolution of the CEREC system. **J Am Dent Assoc**, v. 137, p. 7s-13s, sep. 2006.

NAUMANN, M. *et al.* “Ferrule comes first. Post is second!” Fake news and alternative facts? A systematic review. **J Endod.**, v 44, p. 212-219, feb. 2018.

PEDROLLO LISE, D. *et al.* Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. **J Dent.**, v. 59, p. 54-61, apr. 2017.

PEREIRA, R.D. *et al.* Effect of photoactivation timing on the mechanical properties of resin cements and bond strength of fiberglass post to root dentin. **Oper Dent**, v. 40, n. 5, p. 206-221, sep, 2015.

PISSI, P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique. **Pract periodontics Aesthet Dent**, v. 7, n. 5, p. 83-94, jun/jul, 1995.

REES J.S., JACOBSEN P.H., HICKMAN, J. The elastic modulus of dentine determined by static and dynamic methods. **Clin Mater**, v. 17, n. 1, p. 11-15, 1994.

ROCCA, G.T.; KREJCI, I. Crown and post-fere adhesive restorations for endodontically treated posterior teeth: from direct composite to endocrowns. **Eur J Esthet Dent**, v. 8, n. 2, p. 156-179, 2013.

ROCCA, G.T. *et al.* Fatigue behavior of resin-modified monolithic CAD–CAM RNC crowns and endocrowns. **Dent Mater**, v. 32, n. 12, p. 338-350, dec, 2016.

SANTANA, F.R. *et al.* Effect of root canal sealer and artificial accelerated aging on fibreglass post bond strength to intraradicular dentin. **J Clin Exp Dent**, v. 6; n. 4, p. 350-356, oct, 2014.

SANTOS PANTALEON, D. *et al.* Effect of ferrule location with varying heights on fracture resistance and failure mode of restored endodontically treated maxillary incisors. **J Prosthodont**, v. 28, n. 6, p.677-683, jul. 2019.

SEDREZ-PORTO, J.A. *et al.* Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. **J Dent.**, v. 52, p. 8-14, sep. 2016.

SEDREZ-PORTO, J.A. *et al.* New material perspective for endocrown restorations: effects on mechanical performance and fracture behavior. **Braz Oral Res**, v. 33, p.01-12, feb. 2019.

SEVIMLI, G.; CENGIZ, S.; ORUC, M.S. Endocrowns: review. **J Istamb Univ Fac Dent**, v. 49, n. 2, p. 57-63, apr, 2015.

SILVA, L. H. D. *et al.* Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. **Braz Oral Res**, v. 31, n. 1, p.133-146, aug. 2017.

SOARES, C.J. *et al.* Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. **Braz. Oral. Res**, v.19, n 1, p. 11-16, mar. 2005.

SOARES, P.V. *et al.* Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution. **J Prosthet Dent**, v. 99, n. 2, p. 114-122, feb. 2008.

SORENSEN, J.A.; ENGELMAN, M.J. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent.**, v. 63, p. 529-536, may. 1990.

STAVRIDAKIS, M.; BROKOS, Y.; KREJCI I. Is the glass half empty or half full? A novel “philosophical” approach to the “mystery” of the so-called ferrule effect. **Med Hypotheses**, v.115, p. 35-41, jun. 2018.

TAHA, D. *et al.* Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. **J Prosthodont**, v. 62, n. 3, p.293-297, jul. 2018.

TAHA, D. *et al.* Assessment of marginal adaptation and fracture resistance of endocrown restorations utilizing different machinable blocks subjected to thermomechanical aging. **J Esthet Restor Dent**, v. 30, n.4, p.319-328, jul. 2018.

TRIBST, J.P.M. *et al.* Endocrown restorations: Influence of dental remnant and restorative material on stress distribution. **Dent Mater**, v. 34, n. 10, p. 1466-1473, oct. 2018.

TURKISTANI, A.A.; DIMASHKIEH, M.; RAYYAN, M. Fracture resistance of teeth restored with endocrowns: An in vitro study. **J Esthet Restor Dent**, p.1-6, nov. 2019.

VALDIVIA, A.D.C.M. *et al.* Biomechanical effect of ferrule in incisors restored with a fiberglass post and lithium-disilicate ceramic crown after thermal cycling and fatigue loading. **J Adhes Dent**, v. 20, n. 2, p. 133-142, mar, 2018.

VALLITTU, P.K. *et al.* From Body-on-frame to unibody constructions and designs mimicking biological structures – an overview. **Eur J Oral Sci**, v.126, n. 1, p. 95-101, oct, 2018.

VIANNA, A.L.S.V. *et al.* Effect of cavity preparation design and ceramic type on the stress distribution, strain and fracture resistance of CAD/CAM onlays in molars. **J Appl Oral Sci**, v. 26, p. 1-10, aug. 2018.

WANG, X. *et al.* Evaluation of fiber posts vs metal posts for restoring severely damaged endodontically treated teeth: a systematic review and meta-analysis. **Quintessence Int**, v. 50, n. 1, p.8-20, dez. 2019.

WILLARD, A.; CHU, T. G. The science and application of IPS e.Max dental ceramic. **Kaohsiung J. Med. Sci**, v. 34, n. 4, p.238-242, apr. 2018.

ZHANG, Y.; KELLY, J.R. Dental ceramics for restoration and metal veneering. **Dent Clin North Am**, v. 61, n. 4, p. 797-819, oct, 2017.

ZHU, J. *et al.* Influence of remaining tooth structure and restorative material type on stress distribution in endodontically treated maxillary premolars: A finite element analysis. **J Prosthet Dent**, v.117, n. 5, p.646-655, may. 2017.

ZOIDIS, P.; BAKIRI, E.; POLYZOIS, G. Using modified polyetheretherketone (PEEK) as an alternative material for endocrown restorations: A short-term clinical report. **J Prosthet Dent**, v. 117, n. 3, p.335-339, mar. 2017.

APÊNDICE A – Artigo científico

Efeito da férula e do material restaurador em restaurações do tipo *endocrown*

RESUMO

Avaliou-se a resistência à fratura e deformação da estrutura dental após realização de preparos cavitários com a presença ou ausência de férula, utilizando-se dois materiais restauradores cerâmicos diferentes – dissilicato de lítio e feldspática híbrida. Foram selecionados 50 dentes molares humanos hígidos, os quais foram distribuídos aleatoriamente em 5 grupos (n=10): (1) Controle – dentes hígidos; (2) Preparo com férula e dissilicato de lítio; (3) Preparo sem férula e dissilicato de lítio; (4) Preparo com férula e feldspática híbrida; e (5) Preparo sem férula e cerâmica feldspática híbrida. A férula foi realizada com 1mm de altura, 1,5mm de espessura e término a 1mm da junção amelocementária. Nas amostras dos grupos sem férula a porção coronária foi seccionada 1mm acima da junção amelocementária e parede com espessura de 1,5mm. As restaurações foram produzidas através do método CAD/CAM, cimentadas utilizando-se um cimento resinoso autoadesivo e submetidas ao envelhecimento através de ciclagem térmica e mecânica. Foi realizado teste de resistência à fratura, com carregamento axial, com defletômetro posicionado próximo à região cervical de cada amostra. Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística utilizando-se os testes Two-way ANOVA, One-way ANOVA, Dunnett e Kruskal-Wallis ($\alpha=5\%$). Foi verificada, para a resistência à fratura, significância estatística para o fator material ($p<0,001$) e para a interação férula x material ($p=0,008$). O grupo cerâmica feldspática híbrida sem férula apresentou os menores valores de resistência a fratura. Não se observou diferença estatística, entre os grupos, para a deformação da estrutura dental quando do carregamento com 100N ($p=0,179$). Não foi verificada diferença significativa entre os grupos experimentais para o resultado dos padrões de fratura ($p=0,182$), mas todos apresentaram-se com diferença significativa quando comparados com o grupo controle ($p=0,001$). Conclui-se que a férula deve ser realizada em preparos onde a resistência do material restaurador esteja diretamente relacionada à sua capacidade de resistir a deformações e ao seu limite de ruptura.

Palavras-chave: Cerâmica. Férula. Resistência a compressão. Deformação. CAD/CAM.

INTRODUÇÃO

A restauração de dentes endodonticamente tratados é um desafio, pois comumente se apresentam com grande perda de estrutura, seja devido a fraturas ou lesões de cárie (GRESNIGT *et al.*, 2016). Por anos, a técnica mais utilizada foi o uso de retentores intrarradiculares, núcleos de preenchimento e coroas totais ou parciais (DA FONSECA *et al.*, 2018; DEEPAK; NIVEDHITHA, 2017; DEJAK; MLOTKOWSKI, 2013; DOGUI *et al.*, 2018; PEDROLLO LISE *et al.*, 2017; SEDREZ-PORTO *et al.*, 2019; TAHA *et al.*, 2018; ZHU, *et al.*, 2017; ZOIDIS; BAKIRI; POLYZOIS, 2017). Inicialmente os retentores intrarradiculares utilizados eram fabricados com ligas metálicas, como Ni-Cr e Co-Cr, mas se observou que seu uso gerava um alto índice de fraturas catastróficas da estrutura dental devido ao alto módulo de elasticidade gerar concentração de tensões na interface dente/material restaurador, além de não ser esteticamente favorável. Uma substituição para tais retentores, são os retentores de fibra de vidro, que possuem módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina radicular, contribuindo para uma melhor distribuição das tensões e não interferindo na estética (BARBOSA KASUYA, *et al.*, 2019; KANAT-ERTURK *et al.*, 2018; PEDROLLO LISE *et al.*, 2017; SANTOS PANTALEON *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019).

Buscando-se uma alternativa ao uso de retentores intrarradiculares, Pissi, em 1995, descreveu uma nova modalidade de tratamento, denominada “técnica da porcelana monobloco”, sendo posteriormente descrita por Bindl e Mormann, em 1999, como *coroas endodônticas adesivas* (DOGUI *et al.*, 2018; SEVIMLI; CENGIZ; ORUC, 2015; ZOIDIS; BAKIRI; POLYZOIS, 2017). Estas restaurações foram posteriormente denominadas de *endocrown*. Consiste em uma restauração monolítica, retida na parte interna da câmara pulpar e nas margens do dente, sendo a retenção obtida de forma macromecânica, pelo preparo, e micromecânica, através do uso de sistema adesivo (KRANCE *et al.*, 2019; SEDREZ-PORTO *et al.*, 2019; TRIBST *et al.*, 2018). Para sua confecção não há a necessidade da desobstrução dos canais radiculares, não havendo assim remoção de estrutura dentária e risco de perfurações, além de apresenta uma melhor adaptação marginal, onde o término não necessita ser confeccionado na região subgingival e possui menor tempo clínico de execução (KANAT-ERTURK *et al.*, 2018; KRANCE *et al.*, 2019; TAHA *et al.*, 2018).

Sua aplicabilidade tem aumentado, uma vez que os sistemas adesivos, os cimentos resinosos e as cerâmicas têm evoluído e apresentado melhores resultados clínicos. Tanto para a confecção de coroas totais ou parciais, quanto para restaurações do tipo *endocrown*, a cerâmica de dissilicato de lítio é uma das mais utilizadas, pois possui alta resistência a flexão e estética, podendo ser empregada em trabalhos restauradores anteriores e posteriores (LAWSON;

BANSAL; BURGESS, 2016; WILLARD; CHU, 2018; ZHANG; KELLY, 2017). Em busca de um material que apresentasse módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, permitindo melhor distribuição das tensões, sem perda de resistência, foi criada a cerâmica feldspática híbrida, que se apresenta como uma matriz de cerâmica feldspática infiltrada por um material resinoso, contendo dimetacrilato de uretano e dimetacrilato de trietileno glicol (KANAT-ERTURK *et al.*, 2018; ZHANG; KELLY, 2017). É cada vez mais utilizada clinicamente, uma vez que combina as melhores características das cerâmicas e dos compósitos (ABU-IZZE *et al.*, 2018; KANAT-ERTURK *et al.*, 2018).

A presença de, no mínimo, 1 a 2mm de estrutura dentária sadia, denomina-se fêrula (FONTANA *et al.*, 2019; SANTOS PANTALEON *et al.*, 2019; STAVRIDAKIS; BROKOS; KREJCI, 2018). Muitos estudos relatam seu benefício em dentes onde foram utilizados retentores intrarradiculares, núcleos de preenchimento e coroas, por permitir uma melhor distribuição de tensões, proteção da interface adesiva, maior quantidade de fraturas reparáveis e impedir o deslocamento da peça protética (FONTANA *et al.*, 2019; KAR; TRIPATHI; TRIVEDI, 2017; MA *et al.*, 2009; SANTOS PANTALEON *et al.*, 2019; SORENSEN; ENGELMAN, 1990; VALDIVIA *et al.*, 2018). Entretanto, poucos estudos relatam seus possíveis benefícios em preparos do tipo *endocrown* (EINHORN *et al.*, 2019). O objetivo do presente estudo foi avaliar a resistência à fratura, deformação da estrutura dental e o padrão de fratura após a realização de restaurações do tipo *endocrown*, quando na ausência ou presença de fêrula, utilizando dois tipos de materiais, uma cerâmica de dissilicato de lítio e uma cerâmica feldspática híbrida. As hipóteses nulas a serem testadas foram que a presença de fêrula e o material cerâmico não influenciam na resistência à fratura e na deformação da estrutura dental de preparos do tipo *endocrown*.

MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Universidade Federal de Juiz de Fora sob o CAE n. 91961318.7.0000.5147. Foram selecionados 50 dentes molares hígidos livres de trincas e defeitos no esmalte. A área da superfície oclusal dos dentes foi padronizada. Foram descartados os elementos dentais que possuíam mais de 10% de variação, em relação ao valor médio, de área de coroa (FONSECA, 2008). Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 5 grupos (n=10). Duas conformações de preparos para *endocrown* (com e sem fêrula) e dois materiais cerâmicos diferentes (dissilicato de lítio e feldspática híbrida) foram testados. Os materiais utilizados encontram-se descritos na Tabela 1.

Dez dentes foram designados para o grupo controle e não receberam nenhum tipo de tratamento. Os demais foram submetidos a tratamento endodôntico pela técnica manual convencional, com limas do tipo K-File #10-30 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio a 5% (Asfer; Indústria Química Brasileira, São Caetano do Sul, Brasil). A obturação dos canais foi feita através de técnica de condensação lateral com cones de guta-percha (Guta-Percha; Dentsply, Ballaigues, Suíça) e cimento endodôntico a base de óxido de zinco e eugenol (Pulp Fill; Biodinâmica, São Paulo, Brasil). Após a obturação foi aguardado um período de 21 dias para a continuidade do experimento (MENEZES, *et al.*, 2008; MESQUITA *et al.*, 2013; SANTANA *et al.*, 2014). A embocadura dos canais foi selada com resina do tipo fluida (Filtek Z350 XT Flow – 3M ESPE, Saint Paul, EUA).

Os quarenta dentes foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos (n=10), de acordo com o tipo de preparo realizado e o material a ser utilizado para a restauração:

1. Preparo cavitário do tipo *endocrown* com férula e restaurado com cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein);
2. Preparo cavitário do tipo *endocrown* sem férula e restaurado com cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein);
3. Preparo cavitário do tipo *endocrown* com férula e restaurado com cerâmica feldspática híbrida (VITA Enamic; VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha);
4. Preparo cavitário do tipo *endocrown* com férula e restaurado com cerâmica feldspática híbrida (VITA Enamic; VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha).

Simulação do ligamento periodontal

Os dentes foram embutidos em resina acrílica autopolimerizável (JET – Clássico, Campo Limpo Paulista, Brasil) para simulação do ligamento periodontal. As raízes foram demarcadas 3mm abaixo da junção amelocementária, para caracterização da altura normal do osso alveolar. Um material de moldagem do tipo poliéter (Impregum Soft – 3M ESPE, Saint Paul, EUA) foi utilizado e as amostras armazenadas em água destilada em estufa a 37°C (SOARES *et al.*, 2005).

Confecção dos preparos

Para as amostras dos grupos onde a férula foi realizada, as coroas foram seccionadas 3mm acima da junção amelocementária. O preparo foi realizado com profundidade de 4mm, parede gengival de 1,5mm de largura, férula com 1mm de altura e 1,5mm de espessura e término a

1mm da junção amelocementária, utilizando-se ponta diamantada #3131(KG Sorensen, Cotia, Brasil) para delimitação da profundidade e #4137 (KG Sorensen, Cotia, Brasil) para planificação, desgaste axial e formação do chanfro. As amostras dos grupos sem férula tiveram a porção coronária seccionadas 1mm acima da junção amelocementária, sendo a profundidade interna de 4mm, e espessura de parede circunferencial de 1,5mm. As medidas dos preparos foram conferidas com o auxílio de uma sonda periodontal milimetrada (Sonda Universal Carolina do Norte – Quinelato, Rio Claro, Brasil).

Confeção das restaurações cerâmicas

Todas as restaurações foram confeccionadas pelo método CAD/CAM através de escaneamentos dos troquéis em gesso pelo equipamento inEos X5 (Dentsply Sirona, York, EUA). As restaurações foram desenhadas no software inLab CAD SW16.0 (Dentsply Sirona, York, EUA) e fresadas no equipamento inLab MC XL (Dentsply Sirona, York, EUA).

Foram utilizados blocos de cerâmica de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e cerâmica feldspática híbrida (Vita Enamic – *VITA Zahnfabrik*, Bad Säckingen, Alemanha). Após a fresagem, as peças de cerâmica de dissilicato de lítio foram levadas a queima para completa cristalização (Forno Programat EP 3000 – Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e o glaze das peças foi feito utilizando-se IPS Ivocolor Glaze Paste (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Já as peças de cerâmica híbrida, após a fresagem, passaram pelo polimento manual, com o kit de pontas VITA ENAMIC Polishing Set technical (*VITA Zahnfabrik*, Bad Säckingen, Alemanha).

Cimentação das restaurações cerâmicas

Para as peças de dissilicato de lítio foi realizado condicionamento com ácido fluorídrico a 5% (Condicionador Ácido Power C etching 5% – BM4, Maringá, Brasil) por 20s, lavadas com jato de ar e água por 15s, secas com jato de ar por 5s (EL GHOUL *et al.*, 2019). Foi feita aplicação de ácido fosfórico a 37% (Condac 37% – FGM, Joinville, Brasil) na parte interna das peças por 60s, para total remoção dos cristais precipitados (GIRALDO *et al.*, 2016; TURKISTANI; DIMASHKIEH; RAYYAN, 2019), as mesmas foram lavadas com jato de ar e água por 15s e secas com jato de ar por 5s. Foi aplicada uma camada de silano (Silano – Dentsply Sirona, York, EUA) de forma ativa com um aplicador descartável (Brush Fino; KG Sorensen, Cotia, Brasil), e a superfície foi seca com jato de ar por 15s. Uma fina camada de adesivo foi aplicada sobre as peças e o excesso removido com um novo aplicador descartável e então fotopolimerizado por 20s.

O tratamento de superfície das peças de cerâmica híbrida foi feito de forma semelhante ao descrito anteriormente, com a alteração de que a aplicação de ácido fluorídrico a 5% (Condicionador Ácido Power C etching 5% – BM4, Maringá, Brasil) foi realizada por 60s.

No substrato dental, todo o preparo foi limpo utilizando-se água e pedra pomes com o auxílio de uma escova de Robinson. O esmalte foi condicionado com ácido fosfórico a 37% (Condac 37 – FGM, Joinville, Brasil) por 30s. O cimento resinoso (Relyx U200 – 3M ESPE, Saint Paul, EUA) foi manipulado de acordo com as instruções do fabricante, inserido no interior da peça e levado em posição. Todas as faces foram então fotopolimerizadas por 40s com um aparelho fotopolimerizador com intensidade de luz de 3000mW/cm² e comprimento de onda de 395 a 480nm (Valo – Ultradent Products, South Jordan, EUA). As amostras foram mantidas em estufa a 37°C em ambiente úmido por 24h, previamente à realização dos ensaios mecânicos.

Envelhecimento

As amostras foram submetidas a simulações de envelhecimento. Inicialmente realizou-se envelhecimento por ciclagem térmica, com 5.000 ciclos, com temperaturas de 5 e 55°C, com intervalo entre os banhos de 30s (Máquina de banho para teste cíclico, Modelo 521-6D, Ethik Technology Produtos e Equipamentos Científicos Ltda, Vargem Grande Paulista, Brasil) (AKTAS; YERLIKAYA; AKCA, 2018; EL-DAMANHOURY; HAJ-ALI; PLATT, 2015; KANAT-ERTÜRK *et al.*, 2018).

Logo após, foi realizado ciclagem mecânica onde foram realizados 600.000 ciclos a 4Hz, sendo a força exercida no sentido axial com uma esfera de 3mm de diâmetro na fossa central da coroa, com carga de 125N, estando as amostras submersas em água a 37°C (ER-11000 – ERIOS, São Paulo, Brasil) (KANAT-ERTÜRK *et al.*, 2018; PEDROLLO LISE *et al.*, 2017; SEDREZ-PORTO *et al.*, 2019).

Ensaio mecânico

Foi realizado teste de resistência à fratura em uma máquina de ensaio dinâmica (Instron Electropuls E3000, Norwood, EUA), operando em modo estático e com uma célula de carga de 5KN. Uma esfera com 6mm de diâmetro exerceu uma carga no sentido axial da amostra, tocando a porção central da coroa, com velocidade de 1mm/minuto, até que ocorresse a fratura, sendo os valores resultantes obtidos em Newton (N). Durante a realização do teste de fratura um defletômetro (Instron, Norwood, EUA) foi acoplado na região cervical das amostras, para determinação da deformação das mesmas (μm) quando atingido o carregamento de 100N.

Análise do padrão de fratura

As amostras fraturadas foram analisadas em estereomicroscópio para determinar o padrão de fratura classificando-as em 4 tipos (SOARES *et al.*, 2008):

- Tipo I – Fraturas envolvendo pequena porção de estrutura dental coronária;
- Tipo II – Fraturas envolvendo pequena porção de estrutura dental coronária e falha coesiva da restauração;
- Tipo III – Fraturas envolvendo estrutura dental, falha coesiva e/ou adesiva da restauração, com envolvimento periodontal;
- Tipo IV – Fraturas verticais de raiz e coroa

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada utilizando-se o Programa SigmaPlot. (Systat Software Inc, San Jose, EUA). Para análise dos resultados de resistência a fratura foi realizado o teste Two-way ANOVA ($\alpha=5\%$) para determinação da interação dos fatores em estudo e em seguida realizados os testes One-way ANOVA e Dunnett ($\alpha=5\%$) para comparação entre os grupos. Para análise dos resultados de deformação das amostras foi realizado o teste Two-way ANOVA ($\alpha=5\%$) para determinação da interação entre os fatores em estudo e em seguida realizado o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha=5\%$) para comparação entre os grupos. A análise dos resultados dos padrões de fratura foi realizada utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha=5\%$).

RESULTADOS

Para a análise dos resultados de resistência a fratura, com relação aos fatores estudados (material e férula), foi verificada significância estatística para o fator material ($p<0,001$) e para a interação férula x material ($p=0,008$).

Os resultados de resistência à fratura estão descritos na Tabela 2. A presença de férula no preparo não interferiu nos valores de resistência à fratura para cada material, de forma que não houve diferença significativa nos valores do grupo de Dissilicato de Lítio com e sem férula ($1745,9 \pm 618,45\text{N}$ e $2174,5 \pm 595,73\text{N}$, respectivamente) ($p= 0,080$) e entre os grupos Feldspática Híbrida com e sem férula ($1431,63 \pm 371,28\text{N}$ e $1001,53 \pm 257,57\text{N}$, respectivamente) ($p= 0,080$). Verificou-se diferença estatística entre os materiais quando o tipo de preparo sem férula foi comparado, sendo que o grupo Dissilicato de Lítio ($2174,5 \pm 595,73\text{N}$) apresentou maior valor de resistência à fratura comparado ao grupo Feldspática Híbrida ($1001,53 \pm 257,57\text{N}$) ($p= 0,001$). Porém, não houve diferença significativa nos valores de resistência à fratura entre os materiais quando a férula foi realizada ($p=0,07$). Ao comparar os

materiais cerâmicos quanto a presença ou não de férula com o grupo controle ($1858,78 \pm 572,85\text{N}$), somente o grupo Feldspática Híbrida sem férula apresentou diferença significativa ($p=0,002$), apresentando menor resistência à fratura ($1001,53 \pm 257,57\text{N}$).

Para a análise dos resultados de deformação na força padrão, com relação aos fatores estudados (material e férula), não foi verificada significância estatística para nenhum fator estudado ($p>0,05$).

A análise dos resultados de deformação quando do carregamento com 100N, comparando-se os grupos em estudo, encontra-se descrito na Tabela 3. Não foi verificada diferença estatística significativa entre os grupos ($p=0,179$).

O resultado das análises dos padrões de fratura dos espécimes encontra-se na Tabela 4. Não foi verificada diferença significativa entre os grupos experimentais ($p=0,182$), mas todos eles apresentaram-se com diferença significativa quando comparados com o grupo controle ($p=0,001$).

DISCUSSÃO

As restaurações do tipo *endocrown* se apresentam como uma alternativa para a restauração de dentes tratados endodonticamente, ou até para aqueles que seriam indicados a extração, devido a redução do espaço interoclusal ou devido a curvatura acentuada de raiz (SEVİMLİ *et al.*, 2015). Sua aplicabilidade tem aumentando, uma vez que as retenções macro e micromecânicas se complementam e aumentam a durabilidade clínica das restaurações (DOGUI *et al.*, 2018).

O presente estudo comparou a resistência à fratura de preparos para *endocrown*, com férula e sem férula, utilizando dois materiais cerâmicos distintos, fabricados pelo método CAD/CAM, com dentes hígidos. Uma hipótese nula testada foi de que a férula e o material cerâmico não influenciariam na resistência a fratura das amostras. Com os resultados obtidos, verifica-se que a presença ou ausência da férula não apresentou efeito para um mesmo material cerâmico. Entretanto, quando comparando os resultados entre os materiais testados, com relação ao preparo sem férula, verificou-se diferença estatística significativa, onde o grupo dissilicato de lítio mostrou-se superior ao grupo feldspática híbrida. Isto pode estar relacionado à composição dos dois materiais. A cerâmica feldspática híbrida, por ser composta de 75%, em volume, de cerâmica feldspática, apresenta menor resistência a fratura do que o dissilicato de lítio (ZHANG; KELLY, 2017). Parece-nos que a conformação do preparo com férula, pode ter sido crucial, neste caso, protegendo o material restaurador e colaborando para um maior resultado de resistência a fratura. Taha e colaboradores (2018), utilizaram a mesma cerâmica feldspática

híbrida para análise do efeito da presença de férula. Os grupos férula com altura de 2 e 3,5mm também apresentaram resultados de resistência à fratura com diferença estatística significativa quando comparados ao grupo sem férula. Segundo os autores, a presença da férula age criando uma ação contrária às forças de cisalhamento nas paredes axiais, melhorando a distribuição das tensões na região cervical e na parede de fundo.

O fator número de paredes remanescentes também deve ser considerado. Santos Pantaleon e colaboradores (2019) avaliaram a resistência a fratura de incisivos submetidos a tratamento endodôntico e restaurados com retentores intrarradiculares de fibra de vidro e coroas totais, variando-se a altura da férula em duas paredes. Os autores constataram que, mesmo quando a altura da férula foi maior, a presença de quatro paredes circundantes contribuiu mais decisivamente para o aumento da resistência. A presença de férula em toda a extensão cervical do preparo cavitário, mesmo com 1mm de altura, o mesmo utilizado no presente estudo, apresentou-se como um fator relevante para a resistência à fratura.

Quanto maior a quantidade de estrutura dental remanescente, melhor o desempenho biomecânico da restauração realizada (JULOSKI; APICELLA; FERRARI, 2014). Em preparos para coroas totais com retentores intrarradiculares, a férula confere à estrutura dental maior resistência à fratura durante as forças de mastigação, sejam elas no sentido axial ou lateral (FONTANA *et al.*, 2019). Poucos foram os estudos analisando a influência de férula em preparos para *endocrown*. No estudo de Einhorn e colaboradores (2019), onde uma cerâmica de dissilicato de lítio foi utilizada, os grupos com presença de férula, variando-se a altura entre 1 e 2mm e com profundidade de 2mm, apresentaram valores de resistência a fratura mais elevados do que o grupo sem férula. Segundo os autores a presença de férula cria uma área disponível para adesão maior, acarretando em maior resistência à fratura do conjunto dente/restauração. Seus resultados são divergentes dos obtidos neste estudo, onde a presença de férula não apresentou resultados com diferença estatística significativa, o que pode ser explicado pela profundidade dos preparos (4mm). O preparo realizado sem férula e com profundidade de 4mm possui uma maior área para adesão, o que pode ter resultado em maiores valores de resistência à fratura. Outro fato a ser considerado seria a conformação do preparo. Quanto mais complexo, pior pode ser a adaptação da restauração e maior a linha de cimentação. Isto decorreria da limitação do diâmetro das pontas diamantadas durante o processo de fresagem. Neste caso, as restaurações do preparo sem férula seriam de mais fácil produção.

O teste de resistência à fratura pode ser realizado carregando-se as amostras com forças no sentido axial ou lateral. Especificamente, neste estudo, foi realizado carregamento no sentido axial, objetivando-se avaliar a influência da resistência dos materiais e sua correlação com o

desenho do preparo cavitário (ROCCA; KREJCI, 2013). Neste tipo de teste algumas características, como módulo de elasticidade e espessura do material, são decisivas para a sobrevivência dos mesmos. Estudos sobre preparos do tipo *endocrown* como os de Gresnigt e colaboradores (2016) e El Ghoul e colaboradores (2019) foram realizados com cargas no sentido axial e lateral utilizando cerâmica de dissilicato de lítio. Os resultados encontrados, quando a força foi realizada no sentido axial, corroboram com os do presente estudo ($2428 \pm 566\text{N}$ e $2914 \pm 205\text{N}$, respectivamente). Os valores de resistência se apresentaram maiores no sentido axial, quando comparado com as forças laterais ($1118 \pm 173\text{N}$; $1516 \pm 202\text{N}$, respectivamente).

Quanto ao padrão de fratura, os grupos testes apresentaram diferença estatística significativa quando comparando ao grupo controle. Mesmo com a alta resistência a compressão da cerâmica de dissilicato de lítio, a mesma não foi capaz de distribuir uniformemente as tensões geradas como a estrutura dental hígida. Por seu módulo de elasticidade ser maior que o do dente pode ocorrer acúmulo de tensões nas áreas mais frágeis, que são as interfaces adesivas das paredes circundantes e da parede de fundo (EL GHOUL *et al.*, 2019). A cerâmica feldspática híbrida, apesar de possuir um módulo de elasticidade semelhante ao do dente (SILVA *et al.*, 2017), também parece não ter sido capaz de distribuir uniformemente as tensões. Por serem peças monolíticas, as restaurações *endocrown* apresentam um número de interfaces reduzido, o que pode colaborar para tornar o padrão de fratura mais semelhante entre os grupos experimentais (TURKISTANI; DIMASHKIEH; RAYYAN, 2019).

As novas cerâmicas feldspáticas híbridas são compostas de 75% cerâmica feldspática e 25% de polímero. A parte cerâmica possui uma forma tridimensional com partículas interconectadas entre si, sendo capaz de distribuir melhor as tensões e promover uma resistência mais elevada, quando comparado aos compósitos. O seu processo de fabricação permite a obtenção de um material com total conversão das partículas e livre de defeitos. Sua confecção pelo método CAD/CAM permite ser fresada em espessuras menores, com menor quantidade de lascamento das regiões marginais, além de menor tempo de confecção e maior vida útil das pontas diamantadas da fresadora (MAINJOT *et al.*, 2016). A cerâmica de dissilicato de lítio é formada através de um processo térmico, onde o metassilicato de lítio é transformado em dissilicato de lítio, o qual possui uma estrutura mais estável. Possui 70% de sua composição de cristais de dissilicato imersos em uma matriz vítrea. Tais cristais se apresentam alongados, com comprimento entre 2,0 a 3,0 μm e de forma dispersa (SILVA *et al.*, 2017; WILLARD; CHU, 2018). Esta disposição permite que a propagação de trincas se torne mais difícil. (ZHANG; KELLY, 2017). Ambos os materiais possuem em sua estrutura um grande percentual de

composição inorgânica que, além da conformação dos cristais, possuem a capacidade de conter o aumento de trincas. Os altos valores de resistência a flexão e módulo de elasticidade tornam a cerâmica de dissilicato de lítio mais resistente (WILLARD; CHU, 2018).

Ensaio mecânicos de resistência à fratura possuem limitações quanto ao fornecimento de informações ultra-estruturais e biomecânicas do comportamento da estrutura dental e dos materiais restauradores no momento anterior ao limite máximo de ruptura (REES; JACOBSEN; HICKMAN, 1994). Desta forma, informações obtidas através de testes adicionais realizados juntamente ao ensaio de resistência apresentam sua importância. A deformação de uma estrutura pode ocorrer por meio de concentração de tensões oriundas da aplicação de carga, podendo acontecer em regime elástico ou plástico, acarretando em simples deformação elástica da estrutura analisada quanto na formação de trincas, propagação de fraturas e colapso da estrutura como um todo (REES; JACOBSEN; HICKMAN, 1994). A análise dos resultados de deformação deste estudo, quando simulando uma força normal de oclusão – 100N, demonstrou que nenhum dos materiais ou desenhos de preparo analisados foi capaz de alterar a deformação da estrutura de forma significativa, mesmo quando comparados ao grupo controle ($p=0,182$). Desta forma, hipótese nula de que o tipo de material e o tipo de preparo não influenciariam na deformação da estrutura dentária foi aceita, na forma como realizado.

A realização dos testes de ciclagem térmica e mecânica, onde as amostras foram submetidas a envelhecimento de aproximadamente 2 anos e meio (ROCCA *et al.*, 2016), pode ter causado o surgimento de microtrincas no corpo da restauração e comprometimento da interface adesiva (EL-DAMANHOURY; HAJ-ALI; PLATT, 2015). Durante a realização do teste de resistência a fratura estas microtrincas podem ter se propagado, tornando-se muito extensas, havendo comprometimento da adesividade e diminuindo o valor do resultado final.

Dentes que apresentam tratamento endodôntico geralmente apresentam grande perda de estrutura dental, seja por fraturas ou por lesões de cárie, o que aumenta a complexidade do procedimento restaurador (GRESNIGT *et al.*, 2016). Ainda hoje a técnica mais utilizada trata-se da desobstrução dos canais radiculares, seguida de cimentação de retentores intraradiculares e finalização com cimentação de restaurações indiretas (GRESNIGT *et al.*, 2016). O uso de retentores a base de fibra de vidro tem se mostrado mais vantajoso pois apresenta módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina, quando comparado àqueles produzidos com ligas metálicas fundidas. Apesar dos retentores de fibra de vidro apresentarem menor resistência a fratura, são capazes de transmitir, de melhor forma, as tensões para o tecido radicular, incorrendo em menor formação de trincas ou fraturas (BACCHI *et al.*, 2019, FONTANA *et al.*, 2019). Buscando uma alternativa ao uso destas técnicas, surgiram as restaurações do tipo

endocrown, onde a desobstrução dos canais radiculares não é necessária. Tem-se um menor desgaste do remanescente dental e menores chances de fraturas e/ou perfurações radiculares (GRESNIGT *et al.*, 2016).

O uso da técnica se mostra vantajoso desde o preparo até a cimentação, pois é de fácil reprodutibilidade. O desgaste da estrutura dental para a confecção do preparo é mínimo, gerando maior área para adesão e mais estrutura para suportar as forças mastigatórias. Os novos materiais odontológicos, assim como os cimentos autoadesivos, permitem que as chances de erro do operador se tornem menores, garantindo uma longevidade ainda maior. A tecnologia CAD/CAM se apresenta como uma aliada na aplicação deste tipo de tratamento, uma vez que os materiais quando fresados se apresentam na sua forma mais resistente, além do menor tempo de confecção e a possibilidade de utilização de scanners intra-orais (ALGHAZZAWI, 2016).

Mais estudos para o entendimento do funcionamento das restaurações do tipo *endocrown* devem ser realizados. A presença de férula ainda pode ser mais bem analisada, visto que outras variáveis, como direção do carregamento da força, materiais para cimentação e materiais restauradores podem ser considerados e comparados. A cerâmica de dissilicato de lítio se apresentou como o material capaz de suportar maiores valores de carregamento até a ruptura, independente do desenho do preparo, e com resultados semelhantes ao grupo controle. O efeito da realização de férula parece estar relacionado à capacidade de resistência à fratura do material selecionado. Parece-nos que a férula deve ser realizada em preparos onde a resistência do material esteja diretamente relacionada à sua capacidade de resistir a deformações e ao seu limite de ruptura.

CONCLUSÃO

De acordo com o presente estudo, pode-se concluir que restaurações *endocrown* realizadas com cerâmica de dissilicato de lítio, apresentaram melhores resultados de resistência à fratura, independente do desenho do preparo cavitário, e apresentando resultados semelhantes ao grupo controle. O uso de cerâmica feldspática híbrida em restaurações *endocrown* sem férula é limitado, sendo sua utilização indicada em casos onde se têm estrutura dental remanescente. O desenho do preparo cavitário e o material restaurador não influenciaram na deformação da estrutura dental, não apresentando diferenças com o grupo controle. Quanto ao fator padrão de fratura, observou-se diferença significativa do grupo controle com os grupos experimentais, sendo que para estes últimos as fraturas envolvendo estrutura dental, falha coesiva e/ou adesiva da restauração, com envolvimento periodontal (tipo III) foram as mais observadas.

REFERÊNCIAS

ABU-IZZE, F.O. *et al.* Fatigue behavior of ultrafine tabletop ceramic restorations. **Dent Mater**, v. 34, n. 9, p. 1401-1409, sep. 2018.

AKTAS, G.; YERLIKAYA, H.; AKCA, K. Mechanical failure of endocrowns manufactured with different ceramic materials: an in vitro biomechanical study. **J Prosthodont**, v. 27, n. 4, p. 340-346, apr. 2018.

ALGHAZZAWI, T. F. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. **J Prosthodont**, v. 60, n. 2, p.72-84, abr. 2016.

BACCHI, A. *et al.* 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. 3, p. 1-7, 2019.

BARBOSA KASUYA, A.V. *et al.* Development of a fiber-reinforced material for fiber posts: Evaluation of stress distribution fracture load, and failure mode of restored roots. **J Prosthet Dent**, v. 4, p. 1-10, oct, 2019.

BINDL, A.; MORMANN, W.H. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years – preliminary results. **J Adhe Dent**, v. 1, n. 3, p. 255-265, aut, 1999.

DA FONSECA, G.F. *et al.* Computer-aided design finite element modeling of different approaches to rehabilitate endodontically treated teeth. **J Indian Prosthodont Soc**, v.18, n. 4, p. 329-335, oct/dec, 2018.

DEEPAK, S.; NIVEDHITHA, M. S. Endocrown - Post Endodontic Restoration - A Questionnaire Survey. **Int. J Pharm Sci Rev Res**, v. 9(10), 2017.

DEJAK, B.; MLOTKOWSKI, A. 3D-Finite element analysis of molars restored with endocrowns and posts during masticatory simulation. **Dent Mater**, v. 29, n. 12, p. e309-e317, dec. 2013.

DOGUI, H. *et al.* Endocrown: An Alternative Approach for Restoring Endodontically Treated Molars with Large Coronal Destruction. **BMJ Case Rep**, v. 2018, p.1-6, 30 ago. 2018.

EINHORN, M. *et al.* Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. **J Prosthodont.**, v.28, n. 1, p.237-242, oct. 2019.

EL-DAMANHOURY, H. M.; HAJ-ALI R. N.; PLATT J. A. Fracture resistance and microleakage of endocrowns utilizing three CAD-CAM blocks. **Oper Dent.**, v. 40, n. 2, p. 201-210, mar/apr. 2015.

EL GHOUL, W. *et al.* Fracture resistance and failure modes of endocrowns manufactured with different CAD/CAM materials under axial and lateral loading. **J Esthet Restor Dent**, v. 31, n. 4, p.378-387, 8 may. 2019.

EL GHOUL, W.A. *et al.* Effect to different CAD-CAM materials on the marginal and internal adaptation of endocrown restorations: An in vitro study. **J Prosthet Dent**, v. 23, n. 18, p.31097 – 7, apr. 2019.

- FONTANA, P. E. *et al.* Effect of Ferrule Thickness on Fracture Resistance of Teeth Restored with a Glass Fiber Post or Cast Post. **Oper Dent**, v. 44, n. 6, p.299-308, nov. 2019.
- FONSECA, R.B. *et al.* The influence of the cavity preparation design on marginal accuracy of laboratory-processed resin composite restorations. **Clin Oral Investig**, v. 12, n. 1, p. 53-59, aug. 2008.
- GIRALDO, T. C. *et al.* Active and Passive Application of the Phosphoric Acid on the Bond Strength of Lithium Disilicate. **Braz Dent J**, v. 27, n. 1, p.90-94, fev. 2016.
- GRESNIGT, M.M. *et al.* Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. **Dent Mater**, v. 32, n. 5, p. 607-614, may, 2016.
- JULOSKI, J.; APICELLA, D.; FERRARI, M. The effect of ferrule height on stress distribution within a tooth restored with fiber posts and ceramic crown: A finite element analysis. **Dent Mater**, v. 30, n. 12, p.1304-1315, dec, 2014.
- KANAT-ERTÜRK, B. *et al.* Fracture strengths of endocrown restorations fabricated with different preparation depths and CAD/CAM materials. **Dent Mater J**, v.37, n. 2, p. 256-265, mar. 2018.
- KAR, S.; TRIPATHI, A.; TRIVEDI, C. Effect of different ferrule length on fracture resistance of endodontically treated teeth: an in vitro study. **J Clin Diagn Res**, v. 11, n.4, p. zc49-zc52, apr. 2017.
- KRANCE, A. *et al.* Fracture resistance of all-ceramic crowns based on different preparation designs for restoring endodontically treated molars. **J Esthet Restor Dent**, v. 31, n. 1, p. 72-79, jan. 2019.
- LAWSON, N.C.; BANSAL, R.; BURGESS, J.O. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. **Dent Mater**, v. 32, n. 11, p. 275-283, nov, 2016.
- MA, P.S. *et al.* Load fatigue of teeth with different ferrule lengths, restored with fiber posts, composite resin cores, and all-ceramic crowns. **J Prosthet Dent**, v. 102, n. 4, p. 229-234, oct, 2009.
- MAINJOT, A.K. *et al.* From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. **J Dent Res**, v. 95, n. 5, p.487-495, may, 2016.
- MENEZES, M.S. *et al.* Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. **Int Endod J**, v. 41, n. 6, p.476-484, jun. 2008.
- MESQUITA, G.C. *et al.* Can the Cure Time of Endodontic Sealers Affect Bond Strength to Root Dentin? **Brazilian Dental Journal**, v. 24, n. 4, p.340-343, jul. 2013.
- PEDROLLO LISE, D. *et al.* Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. **J Dent.**, v. 59, p. 54-61, apr. 2017.

- PISSI, P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique. **Pract periodontics Aesthet Dent**, v. 7, n. 5, p. 83-94, jun/jul, 1995.
- REES J.S., JACOBSEN P.H., HICKMAN, J. The elastic modulus of dentine determined by static and dynamic methods. **Clin Mater**, v. 17, n. 1, p. 11-15, 1994.
- ROCCA, G.T.; KREJCI, I. Crown and post-fere adhesive restorations for endodontically treated posterior teeth: from direct composite to endocrowns. **Eur J Esthet Dent**, v. 8, n. 2, p. 156-179, 2013.
- ROCCA, G.T. *et al.* Fatigue behavior of resin-modified monolithic CAD–CAM RNC crowns and endocrowns. **Dent Mater**, v. 32, n. 12, p. 338-350, dec, 2016.
- SANTANA, F.R. *et al.* Effect of root canal sealer and artificial accelerated aging on fibreglass post bond strength to intraradicular dentin. **J Clin Exp Dent**, v. 6; n. 4, p. 350-356, oct, 2014.
- SANTOS PANTALEON, D. *et al.* Effect of ferrule location with varying heights on fracture resistance and failure mode of restored endodontically treated maxillary incisors. **J Prosthodont**, v. 28, n. 6, p.677-683, jul. 2019.
- SEDREZ-PORTO, J.A. *et al.* New material perspective for endocrown restorations: effects on mechanical performance and fracture behavior. **Braz Oral Res**, v. 33, p.01-12, feb. 2019.
- SEVIMLI, G.; CENGIZ, S.; ORUC, M.S. Endocrowns: review. **J Istamb Univ Fac Dent**, v. 49, n. 2, p. 57-63, apr, 2015.
- SILVA, L. H. D. *et al.* Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. **Braz Oral Res**, v. 31, n. 1, p.133-146, aug. 2017.
- SOARES, C.J. *et al.* Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. **Braz. Oral. Res**, v.19, n 1, p. 11-16, mar. 2005.
- SOARES, P.V. *et al.* Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution. **J Prosthet Dent**, v. 99, n. 2, p. 114-122, feb. 2008.
- SORENSEN, J.A.; ENGELMAN, M.J. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. **J Prosthet Dent.**, v. 63, p. 529-536, may. 1990.
- STAVRIDAKIS, M.; BROKOS, Y.; KREJCI I. Is the glass half empty or half full? A novel “philosophical” approach to the “mystery” of the so-called ferrule effect. **Med Hypotheses**, v.115, p. 35-41, jun. 2018.
- TAHA, D. *et al.* Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. **J Prosthodont**, v. 62, n. 3, p.293-297, jul. 2018.
- TAHA, D. *et al.* Assessment of marginal adaptation and fracture resistance of endocrown restorations utilizing different machinable blocks subjected to thermomechanical aging. **J Esthet Restor Dent**, v. 30, n.4, p.319-328, jul. 2018.

TRIBST, J.P.M. *et al.* Endocrown restorations: Influence of dental remnant and restorative material on stress distribution. **Dent Mater**, v. 34, n. 10, p. 1466-1473, oct. 2018.

TURKISTANI, A.A.; DIMASHKIEH, M.; RAYYAN, M. Fracture resistance of teeth restored with endocrowns: An in vitro study. **J Esthet Restor Dent**, p.1-6, nov. 2019.

VALDIVIA, A.D.C.M. *et al.* Biomechanical effect of ferrule in incisors restored with a fiberglass post and lithium-disilicate ceramic crown after thermal cycling and fatigue loading. **J Adhes Dent**, v. 20, n. 2, p. 133-142, mar, 2018.

WANG, X. *et al.* Evaluation of fiber posts vs metal posts for restoring severely damaged endodontically treated teeth: a systematic review and meta-analysis. **Quintessence Int**, v. 50, n. 1, p.8-20, dez. 2019.

WILLARD, A.; CHU, T. G. The science and application of IPS e.Max dental ceramic. **Kaohsiung J. Med. Sci**, v. 34, n. 4, p.238-242, apr. 2018.

ZHANG, Y.; KELLY, J.R. Dental ceramics for restoration and metal veneering. **Dent Clin North Am**, v. 61, n. 4, p. 797-819, oct, 2017.

ZHU, J. *et al.* Influence of remaining tooth structure and restorative material type on stress distribution in endodontically treated maxillary premolars: A finite element analysis. **J Prosthet Dent**, v.117, n. 5, p.646-655, may. 2017.

ZOIDIS, P.; BAKIRI, E.; POLYZOIS, G. Using modified polyetheretherketone (PEEK) as an alternative material for endocrown restorations: A short-term clinical report. **J Prosthet Dent**, v. 117, n. 3, p.335-339, mar. 2017.

TABELAS

Tabela 1- Materiais utilizados

Tipo	Composição (Conforme informações do fabricante)	Fabricante
Cerâmica de dissilicato de lítio	SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, MgO, Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ e outros óxidos.	IPS Emax CAD (Ivoclar Vivadent AG)
Cerâmica feldspática híbrida	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, B ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ e polímero de metacrilato	VITA – Enamic (Ivoclar Vivadent AG)
Ácido fluorídrico	HF – 5%	Power C-etching (BM4)
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄ – 37%, espessante, água deionizada e corante.	Condac 37 (FGM)
Silano Primer	Álcool Etílico 95% e Silano A 174	Silano (Dentsply Sirona)
Silano Ativador	Álcool Etílico 95% e Ácido Acético Glacial	Silano (Dentsply Sirona)
Primer	2-hidroxietilmetacrilato e ácido polialcenóico	Adper Scotchbond Multiuso Plus Primer (3M ESPE)
Adesivo	Bis-GMA, 2- hidroxietilmetacrilato e trifenilantimônio	Adesivo Adper Scotchbond Multiuso (3M ESPE)
Resina composta fluida	Cerâmica silanizada tratada, Dimetacrilato substituída, Bis-GMA, Sílica tratada de silano, TEGDMA, Fluoreto de itérbio (YbF ₃), polímero policaprolactona reagida, Difeniliodônio hexafluorofosfato	Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE)
Cimento Resinoso	Pó de vidro, superfície modificada com 2-propenóico, 2 metil-3-(trimetoxissilil) propílico e feniltrimetoxi silano, 2-ácido propenóico, 2-metil-, 1,1'-[1-(hidroximetil) -1,2 etanodiiil] éster, produtos de reação com 2-hidroxi-1,3-propanodiiil-dimetacrilato e óxido de fósforo, TEGDMA, sílica tratada de silano, óxidos de vidro químico, Persulfato de sódio, Terc-butil 3,5,5-trimetil peroxihexanoato, Ácido acético, sla de cobre (2+) monohidratado,	RelyX U200 (3M ESPE)
Guta-percha	Guta percha, óxido de zinco,sulfato de metais pesados, cera	Guta-percha (Dentsply Maillefer)
Cimento endodôntico	Pó: Óxido de zinco, resina hidrogenada, subcarbonato de bismuto, sulfato de bário e borato de cálcio. Líquido: eugenol, óleo de amêndoas e BHT	Endofill (Dentsply Maillefer)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 2 – Resultados de resistência a fratura dos grupos testados – Média (Desvio Padrão) em N.

Dissilicato de Lítio com férula	1745,9 ($\pm 618,45$) ^{A*,a**}	Feldspática Híbrida com férula	1431,63 ($\pm 371,28$) ^{A,a}	p= 0,07
Dissilicato de Lítio sem férula	2174,5 ($\pm 595,73$) ^{A,a}	Feldspática Híbrida sem férula	1001,53 ($\pm 257,57$) ^{A,b}	p= 0,001
p= 0,08		p= 0,08		
Comparação com grupo Controle				
Dissilicato de lítio com férula	1745,9 ($\pm 618,45$) ^A			
Dissilicato de lítio sem férula	2174,5 ($\pm 595,73$) ^A			
Feldspática híbrida com férula	1431,63 ($\pm 371,28$) ^A			
Feldspática híbrida sem férula	1001,53 ($\pm 257,57$) ^B			
Controle	1858,78 ($\pm 572,85$) ^A			
p=0,002				

* Letras maiúsculas iguais demonstram que não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência à fratura de cada material comparando com e sem férula pelo teste One-Way Anova e pos-hoc de Dunnet ($p > 0,05$).

** Letras minúsculas iguais demonstram que não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência à fratura entre os materiais dentro de cada tipo de preparo (com e sem férula) pelo teste One-Way Anova e pos-hoc de Dunnet ($p > 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 3 – Resultados de deformação média da estrutura dental (μm) com carregamento de 100N.

Grupos	Deformação (μm)
Dissilicato de lítio com férula	19,79 ^a
Dissilicato de lítio sem férula	80,29 ^a
Feldspática híbrida com férula	53,45 ^a
Feldspática híbrida sem férula	50,32 ^a
Controle	40,5 ^a

Letras minúsculas iguais demonstram que não houve diferença estatística significativa nos valores de deformação da estrutura dental entre os grupos pelo teste Kruskal-Wallis ($p = 0,179$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 4 – Resultados de padrão de fratura (de acordo com SOARES *et al.*, 2008).

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Dissilicato de Lítio com férula		4	5	1
Dissilicato de Lítio sem férula		2	5	3
Feldspática Híbrida com férula		3	7	
Feldspática Híbrida sem férula		4	5	1
Controle	8		2	

Não foi verificada diferença significativa entre os grupos experimentais ($p=0,182$), mas todos eles apresentaram-se com diferença significativa quando comparados com o grupo controle ($p=0,001$), segundo o Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação biomecânica de férula em restaurações endocrown

Pesquisador: TAMIRIS ALACOQUE DE CARVALHO FREITAS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 91961318.7.0000.5147

Instituição Proponente: FACULDADE DE ODONTOLOGIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.798.780

Apresentação do Projeto:

Serão necessários 40 terceiros molares. Para padronização das dimensões será executada medição com paquímetro digital. Serão selecionados dentes que apresentarem área de coroa com variação máxima de 10% em relação ao valor médio. Os dentes doados serão armazenados em solução fisiológica sob refrigeração até o momento do uso. Todas as amostras serão escaneadas previamente pelo scanner NextEngine 3D Laser Scanner. Cada raiz será recoberta por uma camada de espessura de 0,3mm de Impregum Soft para simular o ligamento periodontal. Os dentes serão incluídos em resina acrílica ativada quimicamente (JET Clássico) no interior de tubos de PVC (20mmX25mmX15mm), com a face oclusal voltada para baixo. Serão demarcadas a lápis, linhas de referência que servirão de guia para incluí-las numa posição centralizada, de modo que a resina acrílica recubra a porção radicular até 2mm apicalmente à junção amelo-cementária. As amostras

serão identificadas com os números escritos nos tubos de PVC e distribuídas aleatoriamente em quatro

grupos (n=10): G1: Restauração endocrown de cerâmica e férula remanescente com 2 mm de altura;

G2: Restauração endocrown de cerâmica sem férula;

G3: Restauração endocrown de resina composta e férula remanescente com 2mm de altura;

G4: Restauração endocrown de resina composta sem férula.

Apresentação do projeto está clara, detalhada de forma objetiva, descreve as bases científicas que justificam o estudo, estando de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SÃO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **Fax:** (32)1102-3788 **E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br