

# Biomecânica de restaurações "Endocrown" realizadas pelo sistema de CAD/CAM

Vincent Beigbeder

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 28 de setembro de 2022

Vincent Beigbeder

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Biomecânica de restaurações "Endocrown"  
realizadas pelo sistema de CAD/CAM

Trabalho realizado sob a Orientação do Prof. Doutora Carolina Coelho

## Declaração de Integridade

Eu, Vincent François Paul Beigbeder, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



## AGRADECIMENTOS

Antes de mais, gostaria de agradecer a cada um dos membros do júri pela honra de se interessarem por este trabalho e, em particular, à minha orientadora, a Professora Carolina Coelho, pelos seus conselhos e pela orientação que me deu durante a preparação desta tese.

Gostaria de agradecer aos professores do CESPU que me forneceram conhecimentos sólidos.

Graças aos meus amigos, que me acompanharam durante os meus estudos, com os quais os momentos simples se tornaram inesquecíveis. Os instantes partilhados durante todos estes anos fizeram-nos crescer juntos.

Obrigado ao meu Canard Sauvage, que me deu o amor com que qualquer homem teria sonhado, e que me inspirou na elaboração da minha tese.

Gostaria de expressar todo o meu amor aos meus queridos pais, que sempre me apoiaram e transmitiram os valores que fazem de mim quem eu sou. É sem dúvida graças a eles que estou a falar hoje.

À minha Mãe, Mama, que sempre me compreendeu e me permitiu melhorar em cada momento.

Ao meu Pai, Papa, que me transmitiu tudo e me ensinou que os sonhos são o fruto da perseverança.

Aos meus avós, Pap e Mam, que sempre pensaram em mim ao longo da minha vida, e que transmitiram as suas paixões e o seu gosto pelo conhecimento.

A Portugal, que me abriu as suas portas já há sete anos, e que conquistou o meu coração para o resto da minha vida.



## RESUMO

**Introdução:** As *"endocrowns"* são um novo meio de reabilitação oral em prótese fixa para os dentes endodonciados, que já provaram o seu interesse. A *"endocrown"* não requer qualquer preparação das raízes e conserva um máximo de esmalte. É um dos tratamentos mais conservadores de um dente extensamente destruído. A combinação de CAD/CAM com a *"endocrown"* poderia ser uma alternativa quando confrontada com dentes muito destruídos, mantendo-se ao mesmo tempo conservadora.

**Objetivos:** Realizar uma revisão sistemática integrativa sobre o tema da biomecânica de restaurações *"endocrown"* realizadas pelo sistema CAD/CAM.

**Material e métodos:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados *PubMed* que incluem os estudos publicados que atenderem aos critérios de inclusão no período de 2015 a 2022.

**Resultados:** Os resultados demonstraram um desempenho clínico aceitável para todos os materiais estudados. O protocolo clínico deve ser estritamente respeitado, a fim de otimizar a distribuição do stress. As *"endocrowns"* mostraram um desempenho semelhante ao das coroas com falso coto, mas reagiram de forma diferente à tensão.

**Conclusões:** As *"endocrowns"* são uma alternativa viável para o tratamento de dentes tratados endodonticamente. Uma cuidadosa selecção de materiais e das técnicas de preparação são essenciais para otimizar a distribuição das tensões de lateralidade. No entanto, são necessários mais estudos *in vivo* para confirmar o seu desempenho.

**Palavras chave:** *"Computer-Aided Design"* *"Dental Porcelain"* *"Dental Prosthesis Design"* *"Materials Testing"* *"Dental Stress Analysis"*





## ABSTRACT

**Introduction:** The endocrowns are a new means of oral rehabilitation in fixed prosthesis for endodontically treated teeth, which have already proved their worth. The endocrown does not require any preparation of the roots and preserves a maximum of enamel. It is one of the most conservative treatments for an extensively destroyed tooth. The combination of CAD/CAM and endocrown could be an alternative when faced with severely destroyed teeth, whilst remaining conservative at the same time.

**Objectives:** To perform an integrative systematic review on the topic of biomechanics of "endocrown" restorations performed by the CAD/CAM system.

**Material and methods:** A literature search was conducted in the PubMed database with keywords. The results include published studies that met the criteria in the period from 2015 to 2022.

**Results:** The results demonstrated acceptable clinical performance for all materials studied. The clinical protocol should be strictly followed in order to optimise stress distribution. Endocrowns showed a similar performance to crowns with root retention, but reacted differently to stress.

**Conclusions:** Endocrowns are a viable alternative for the treatment of endodontically treated teeth. Careful selection of materials and preparation techniques are essential to optimize the distribution of laterality stresses. However, further in vivo studies are needed to confirm their performance.

**Keywords:** "Computer-Aided Design" "Dental Porcelain" "Dental Prosthesis Design" "Materials Testing" "Dental Stress Analysis"



RESUMO .....	VII
ABSTRACT .....	IX
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
3.1. <i>PICO</i> :.....	4
3.2. <i>Critérios de elegibilidade dos artigos</i> :.....	4
3.3. <i>Estratégia de pesquisa e processo de seleção de artigos</i> : .....	5
4. RESULTADOS .....	6
5. DISCUSSÃO .....	18
5.1. <i>Os diferentes preparos EC</i> :.....	18
5.1.1. <i>Conicidade axial do preparo EC</i> :.....	18
5.1.2. <i>Espessura oclusal e efeito férula</i> .....	22
5.1.3 <i>Extensão da EC na câmara pulpar</i> .....	23
5.2. <i>Comparação de vários blocos CAD/CAM em confecção de EC</i> .....	24
5.2.1. <i>Comportamento e resistência à fratura</i> .....	24
5.2.2. <i>Adaptação</i> .....	28
5.2.3. <i>O cimento</i> .....	31
5.3. <i>Comparação com outros meios de reabilitação oral</i> .....	32
5.3.1. <i>Coroa</i> .....	32
5.3.2. <i>Coroa com espigão</i> .....	33
6. CONCLUSÕES .....	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
8. AUTORIZAÇÕES DOS AUTORES	

## ÍNDICE DE TABELAS

**Tabela 1:** Tabela de resultados

**Tabela 2:** Propriedades mecânicas de diferentes materiais e estruturas <sup>(8)</sup>.

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1:** Modelo tridimensional com diferentes restaurações EC <sup>(9)</sup>.

**Figura 2:** Gráfico de dispersão dos módulos de elasticidade do material da EC e dos picos de tensão registados na restauração EC <sup>(9)</sup>.

**Figura 3:** Gráfico de dispersão dos módulos de elasticidade do material da EC e dos picos de tensão registados na camada de cimento <sup>(9)</sup>.

**Figura 4:** Gráfico de dispersão de acordo com os módulos de elasticidade do material da EC e os picos de tensão registados na parede do preparo <sup>(9)</sup>.

**Figura 5:** Tensões geradas numa EC: Restaurações de acordo com material restaurador e cimento de resina. GR, blocos Grandio; VE, Vita Enamic; EMX, IPS e.max CAD; MX, Maxcem Elite Chroma <sup>(8)</sup>.

**Figura 6:** Tensões geradas no esmalte de acordo com o material restaurador e tipo de cimento de resina. GR, blocos Grandio; VE, Vita Enamic; EMX, IPS e.max CAD; MX, Maxcem Elite Chroma <sup>(8)</sup>.

**Figura 7:** Tensões geradas em estruturas globais no plano sagital de acordo com o material restaurador e o cimento de resina. GR, blocos Grandio; VE, Vita Enamic; EMX, IPS e.max CAD; MX, Maxcem Elite Chroma <sup>(8)</sup>.

## LISTA DE ABREVIATURAS:

EC: *"Endocrown"*

FEA: *Finite element analysis*

CAD: *Computer-aided design*

CAM: *Computer-aided manufacturing*

## 1. INTRODUÇÃO

Os dentes com canais tratados têm um risco acrescido de falha estrutural devido à perda de volume dentário e às consequências biomecânicas da perda de vitalidade pulpar, e reabilitá-los é um desafio significativo.

A reabilitação destes dentes deve restaurar a função e proteger a estrutura residual do dente contra falhas estruturais e biológicas. A gama de opções restaurativas está a expandir-se ao longo do tempo devido à evolução dos adesivos, à melhoria da cerâmica e ao desenvolvimento nos processos de digitalização e manufatura <sup>(1)</sup>.

Uma alternativa para dentes posteriores com canais tratados e perda estrutural significativa é a utilização de "*endocrowns*" (EC) em vez de coroa/restaurações convencionais com espigão/falso coto e coroas totais. Descrito pela primeira vez por Pissis, a "*endocrown*" combina uma coroa e um núcleo num único material, onde o pilar e a coroa se integram numa única estrutura. Cobre todas as cúspides com uma margem em ombro circular e estende-se até à câmara da polpa. As EC utilizam as paredes interiores da câmara pulpar e os bordos da cavidade como retenção macro-mecânica, enquanto o cimento atua como retenção micro-mecânica. As margens da EC são supragingival o que facilita o controlo da placa bacteriana e a inspeção clínica <sup>(2,3,4)</sup>. A "*endocrown*" é recente, e está agora acessível graças à evolução dos materiais. A "*endocrown*" consiste de uma intervenção mínima comparada com um desgaste máximo das coroas de recobrimento total. De facto, a sua preparação não requer qualquer preparação das raízes, e coloca-se na câmara pulpar. Este tipo de reabilitação é recomendado principalmente para molares, especialmente devido à cimentação que pode ser aplicada sobre uma grande superfície disponível na câmara <sup>(2, 5, 6)</sup>.

O progresso na informática e especialmente na biometria tem vindo a crescer exponencialmente nos últimos 15 anos. Atualmente, a aplicação de CAD/CAM está a tornar-se gradualmente mais vasta, enquanto a tecnologia CAD/CAM aplicada à medicina já existe há mais de 40 anos <sup>(1, 14)</sup>.

A combinação de CAD/CAM com o "*endocrown*" é uma alternativa quando confrontada com dentes muito destruídos, mantendo-se ao mesmo tempo conservadora <sup>(1, 7)</sup>.

Oferece uma considerável economia de tempo, como a impressão e a colocação pode ser feita durante a mesma sessão. Também permite uma confecção personalizada da peça, ou ao operador responsável da totalidade do tratamento, e deste modo, reduzir o custo unitário da peça.

Em comparação com coroas e espigões, a "*endocrown*" atrai a atenção devido a seu aspeto conservador. Estudos de sobrevivência demonstraram que a quantidade de estrutura dentária saudável, bem como a escolha da restauração, são os principais fatores que influenciam a sobrevivência dos dentes tratados endodonticamente <sup>(1, 5, 6)</sup>.

Resta saber se a suas propriedades biomecânica permitem que seja colocado no mesmo nível que as reabilitações mais convencionais.

O aspeto conservador das "*endocrowns*", o *design*, o ganho de tempo e o benefício económico oferecido pela tecnologia de CAD/CAM considera-se um assunto de interesse para a prática clínica do Médico Dentista. Deste modo, é importante conhecer a biomecânica dos materiais selecionados para a confecção da "*endocrown*" em benefício dos pacientes.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo principal:

Realizar uma revisão sistemática integrativa sobre o tema da biomecânica de restaurações “endocrown” realizadas pelo sistema CAD/CAM.

### Objetivos secundários:

- Conhecer os materiais de escolha para confecção de EC em CAD/CAM.
- Identificar as várias preparações possíveis para confecção de EC em CAD/CAM.
- Comparar as EC com outros de tratamentos de prótese fixa.

### Hipóteses:

H0: Não há diferenças entre a biomecânica das EC produzidas por CAD/CAM e as coroas convencionais.

H1: Existe diferença entre a biomecânica das EC produzidas por CAD/CAM e as coroas convencionais.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. PICO:

<b>População</b>	Pacientes com dentes com tratamento endodôntico a necessitar de reabilitação oral coronária.
<b>Interesse</b>	Os diferentes materiais utilizados na confecção de EC em CAD/CAM. Taxa de sobrevivência e risco de fratura das EC.
<b>Contexto</b>	Dente muito destruído já tratado endodônticamente com câmara pulpar que permite o suporte de uma EC. Comparação entre a reabilitação com EC com outras reabilitações orais.
<b>Outcomes</b>	Reabilitação oral com EC realizadas pelo método de CAD/CAM como alternativa de tratamento dos dentes endonciados.

#### 3.2. Crítérios de elegibilidade dos artigos:

- Crítérios de inclusão: Artigos em inglês e português que foram publicados entre janeiro de 2015 e janeiro de 2022 relacionados como tema da biomecânica das EC em CAD/CAM com um resumo relevante que selecione as palavras-chave. Foram selecionados artigos prospetivos, retrospectivos, *in vivo*, *in vitro*, FEA.

- Crítérios de exclusão: Artigos que são revisões sistémicas integrativas. Uma rejeição final por leitura manual com base em títulos, resumo e relevância. Como critérios de exclusão, descartaram-se os artigos que não respeitavam o limite temporal, os que não estavam disponíveis na íntegra.

### 3.3. Estratégia de pesquisa e processo de seleção de artigos:

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados *PubMed*, utilizando os seguintes *Mesh-Terms* na língua inglesa "Computer-Aided Design", "Dental Prosthesis Design", "Materials Testing", "Dental Stress Analysis" e "Dental Porcelain", tendo as mesmas sido agregadas com o operador booleano "AND".

Foram encontrados 13 820 artigos com a conjugação das diferentes palavras-chave: "Computer-Aided Design" AND "Dental Prosthesis Design" (2419 artigos); "Computer-Aided Design" AND "Dental Stress Analysis" (740 artigos); "Materials Testing" AND "Dental Stress Analysis" (6562 artigos); "Dental Porcelain" AND "Dental Stress Analysis" (2095 artigos); e "Dental Prosthesis Design" AND "Dental Stress Analysis" (2004 artigos). Destes, 4125 eram duplicados e foram removidos.

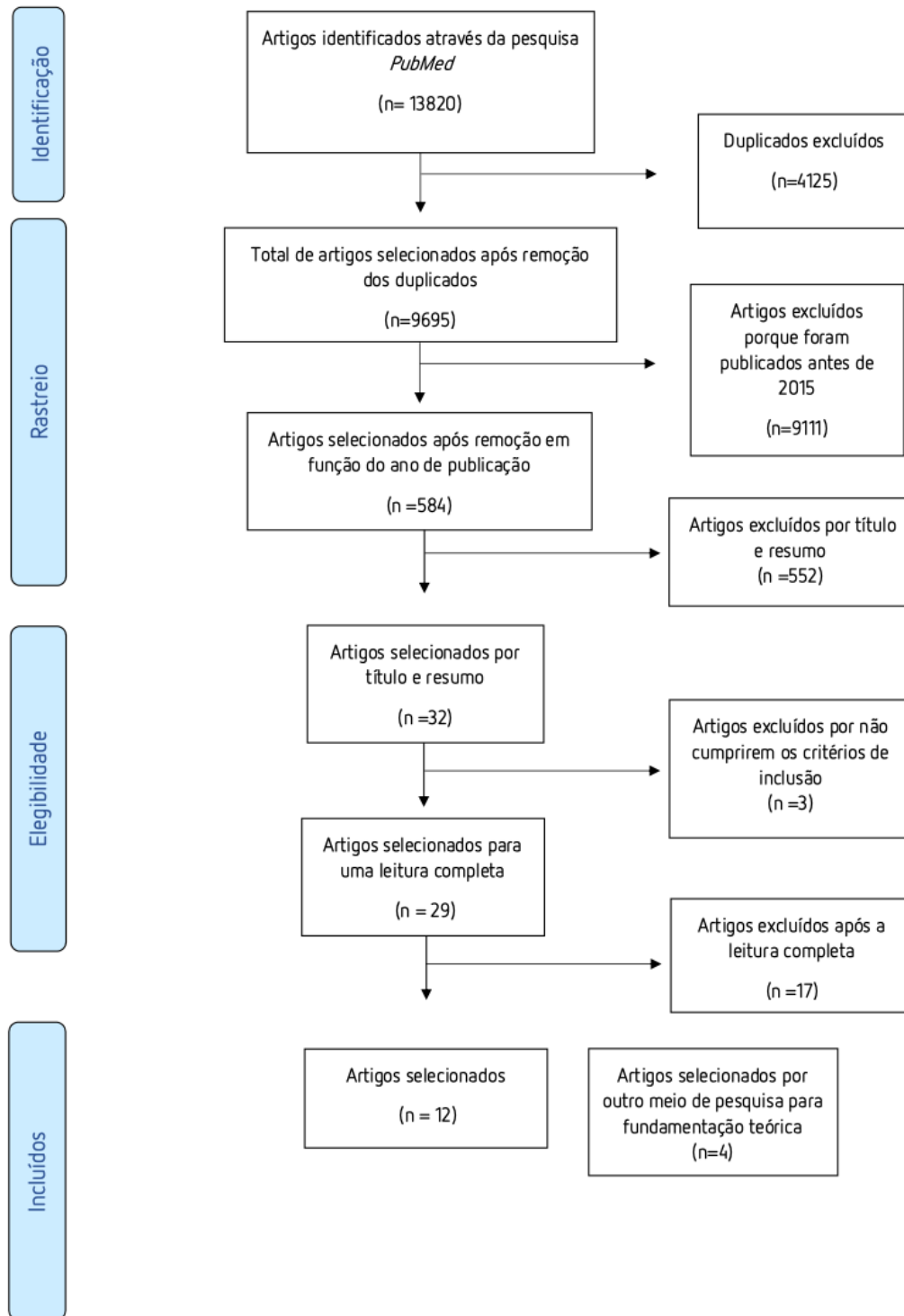
De um total de 9695 artigos, foi feita uma seleção no período entre janeiro de 2015 e janeiro de 2022, que exclui 9111 artigos. Os 584 artigos selecionados foram lidos individualmente em função do título ou do resumo. Por fim, 32 foram lidos integralmente e foi escolhido um total de 12 artigos para inclusão nesta revisão sistemática integrativa, como demonstrado na Fig. 1 (fluxograma de estratégia de pesquisa). Quatro artigos suplementares foram usados para a fundamentação teórica sobre o tema.

A combinação de palavras-chave e os seus resultados no *PubMed*.

Palavras-chave	Resultados
"Computer-Aided Design" AND "Dental Prosthesis Design"	2419 artigos
"Computer-Aided Design" AND "Dental Stress Analysis"	740 artigos
"Materials Testing" AND "Dental Stress Analysis"	6562 artigos
"Dental Porcelain" AND "Dental Stress Analysis"	2095 artigos
"Dental Prosthesis Design" AND "Dental Stress Analysis"	2004 artigos
Total:	13820 artigos

## 4. RESULTADOS

*Fluxograma de estratégia de pesquisa:*



**Tabela 1:** Tabela de resultados

Autores Ano	Objetivos	Método	n-amostra	Resultados	Conclusões
Tribst J, Dal Piva A, et al.  2021  (2)	Avaliar a distribuição de tensões em coroas completas e em EC sob cargas axiais ou oblíquas com diferentes férulas (1 ou 2 mm) e materiais cerâmicos (vitrocerâmica ou cerâmica híbrida).	Foram consideradas amostras com boa adaptação. Uma carga axial foi aplicada à superfície oclusal e a carga oblíqua foi aplicada à cúspide palatina. As tensões de tração resultantes foram mostradas para a coroa, camada de cimento e dente.	16 modelos foram analisados por FEA.	<p>- Quase todos os fatores influenciaram significativamente a distribuição de tensão na coroa e na camada de cimento, bem como no dente.</p> <p>- A única exceção foi encontrada sob carga oblíqua pelo material restaurador e o tipo de coroa que não teve uma influência significativa na distribuição do stress no dente.</p>	<p>Sob carga axial, a coroa tinha as tensões de tração mais baixas do dente, mas sob carga oblíqua, a coroa tinha menos tensão de tração do que a EC.</p> <p>Com o material híbrido cerâmico, foram encontradas tensões mais baixas na coroa, mas tensões mais elevadas estavam presentes na camada de cimento. A férula de 2 mm reduz as tensões de tração resultantes em todas as modalidades.</p>

<p>He J, Zheng Z, et al., 2021 (8)</p>	<p>Avaliar a influência de diferentes tipos de materiais restauradores e de cimentos de resina na distribuição de tensões nas regiões da restauração, na camada de cimento e nos remanescentes dentários em dente tratado com EC.</p>	<p>Foi gerado um modelo 3D de FEA do primeiro molar mandibular que foi restaurado com um software CAD. Materiais restauradores testados: -Vita Enamic (VE)  -IPS e.max CAD (EMX)  -Grandio blocks (GR)  Materiais de cimentação testados: - NX3  -Maxcem Elite Chroma (MX)  Foram aplicadas forças verticais (600 N) a fim de simular condições mastigatórias fisiológicas. A expansão térmica foi utilizada para simular os efeitos de contração da polimerização das camadas de cimento. Os resultados foram obtidos por parcelas colorimétricas da tensão principal máxima na restauração e do resto do dente. O risco de falha da camada de cimento também foi calculado com base na tensão normal.</p>	<p>NA</p>	<p>- O módulo de elasticidade foi positivamente correlacionado com os valores máximos de tensão de tração na restauração, especialmente na superfície de junção.  - Na camada cervical de esmalte e cimento, o material restaurador com um módulo de elasticidade mais elevado gerou valores de tensão de pico mais baixos.  - O cimento com um módulo de elasticidade mais elevado resultou em valores de tensão de pico mais elevados na camada.  - A combinação de EMX e NX3 resultou no menor risco de falha na camada de cimento.</p>	<p>A cerâmica EMX, com o seu módulo de elasticidade mais elevado, foi mais eficaz na proteção da camada de cimento e do tecido residual de esmalte.  Com base na análise do risco de falha da camada de cimento, a combinação de EMX e NX3 foi recomendada como material opcional para EC de dentes posteriores tratados endodonticamente.</p>
--	---	---	-----------	--	--

<p>Acar D, Kalyoncuoglu, et al.,  2021  (3)</p>	<p>Para comparar a resistência à fratura de EC a partir de diferentes blocos híbridos sob forças axiais e laterais.</p>	<p>As restaurações EC foram fabricadas a partir dos seguintes materiais restauradores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IPS e.max CAD (IPS)</li> <li>-Vita Enamic (VE)</li> <li>-GC Cerasmart (GC)</li> <li>-Shofu (SH)</li> <li>-Brilhante Crios (BC)</li> </ul> <p>Os espécimes foram cimentados, envelhecidos artificialmente e depois divididos em dois subgrupos (n = 10) por grupo para testes de fratura. Cada amostra foi colocada numa máquina de ensaio universal e submetida a forças axiais ou laterais aplicadas a uma velocidade de 1 mm/minuto.</p>	<p>100 restaurações EC</p>	<p>- <u>Sob carga axial,</u></p> <p>BC 2072.77 ± 454.65 N</p> <p>IPS 1913.84 ± 501.18 N</p> <p>GC 1406.56 ± 369.49 N</p> <p>VE 1369.5 ± 212.97 N</p> <p>SH 1068.36 ± 214.91 N</p> <p>- <u>Sob carga lateral,</u></p> <p>BC 615.61 ± 191.97 N</p> <p>IPS 670,79 ± 129,68 N</p> <p>CG 391,00 ± 86,35 N</p> <p>VE 496.59 ± 111.27 N</p> <p>SH 543.43 ± 133.89 N</p> <p>- De acordo com a análise Weibull, o grupo VE tem a maior fiabilidade (7,62) sob forças axiais, enquanto o grupo IPS tem a maior fiabilidade (4,68) sob forças laterais.</p>	<p>Todos os blocos híbridos testados mostraram resistência suficiente à fratura para serem utilizados como EC CAD/CAM.</p> <p>Relevância clínica: Os blocos híbridos podem ser utilizados como uma alternativa aos blocos de dissilicato de lítio em restaurações EC.</p>
---	---	--	----------------------------	--	---

<p>Tribst J, Giudice R, et al., 2021 (9)</p>	<p>O objetivo deste estudo era avaliar o efeito dos ângulos de extensão da câmara pulpar das propriedades mecânicas do material de enchimento na resposta biomecânica de uma EC cerâmica.</p>	<p>Um modelo 3D de um molar maxilar tratado endodonticamente foi exportado para software CAD para análise de FEA. O modelo EC foi modificado considerando diferentes ângulos de extensão da câmara pulpar (ângulo reto; 6°, 12° e 18° divergência axial). As amostras foram importadas para o software de engenharia assistido por computador. Foram simulados nove diferentes materiais restauradores de diferentes módulo de elasticidade, ou 36 modelos no total. Uma carga axial (300 N) foi aplicada à superfície oclusal.</p>	<p>36 modelos FEA</p>	<p>A distribuição das tensões mostrou um padrão semelhante entre os modelos, com mais tensão na região de carga para os EC em ângulo reto. A superfície das EC e a camada de cimento mostraram respostas mecânicas diferentes com diferentes materiais restauradores e ângulos de câmara pulpar. Os picos de tensão mostraram que a rigidez do material restaurador é proporcional à magnitude de tensão na superfície da EC, camada de cimento e superfície natural do dente. Além disso, quanto maior o ângulo de preparação, maior o pico de tensão na restauração e no dente, e menor a tensão na camada de cimento.</p>	<p>Os materiais de obtenção flexíveis, por exemplo, cimento de resina e obturação composta de resina fluida, devem ser preferidos para selar o orifício do sistema de canais radiculares ao planejar uma restauração EC como reabilitação.</p> <p>Além disso, as paredes axiais da câmara pulpar devem ser preparadas utilizando as divergências de 6° e 12° para equilibrar a magnitude da tensão na interface adesiva para a modalidade restaurativa.</p>
<p>El Ghoul W, Ozcan M, et al., 2020 (4)</p>	<p>Avaliar o efeito dos materiais de resina e cerâmica na adaptação marginal e interna das EC.</p>	<p>Quarenta molares inferiores foram sub-divididos em 4 grupos (n=10); cada grupo foi restaurado com um material CAD/CAM diferente:</p> <p>Grupo C: nanocerâmica híbrida (Cerasmart; GC Corp), Grupo T: material composto de fibra (Trilor; Bioloren Srl), Grupo E: cerâmica de vidro de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent AG), e Grupo V: cerâmica de vidro de silicato de lítio reforçada com zircônio (Vita Suprinity; VITA Zahnfabrik GmbH).</p> <p>A digitalização digital foi realizada com um scanner digital intraoral (TRIOS 3; 3Shape A/S), e as EC foram fresadas com uma fresadora de 5 eixos (Coritec 250i; imes-icore GmbH). A adaptação marginal e interna dos EC foi medida em 32 pontos.</p>	<p>40 molares mandibulares <i>in vitro</i></p>	<p>- Os grupos a base de resina mostraram desvios maiores do que os grupos em cerâmica.</p> <p>- Os grupos de resina mostraram um desvio médio marginal maior do que o desvio médio interno C (P=.009), T (P&lt;.001).</p> <p>- Os grupos cerâmicos mostraram desvios semelhantes, V (P=.396), E (P=.936).</p> <p>- O maior desvio foi observado no chão da câmara pulpar (P&lt;.001).</p>	<p>- Os grupos em cerâmica (E e V) apresentaram desvios menores do que os grupos em resina (C e T).</p> <p>- Todos os materiais testados tinham fendas internas aceitáveis, e 3 (E, V e C) tinham fendas marginais aceitáveis.</p> <p>- No entanto, a diferença marginal média do material T estava acima do intervalo clinicamente aceitável.</p> <p>- O maior desvio foi observado no chão da câmara pulpar para todos os grupos testados.</p>

<p>Lin J, Lin Z, Zheng Z, 2020 (5)</p>	<p>Avaliar as tensões nas raízes dos molares endodonticamente tratados com perda significativa de tecido coronal e restaurados com EC e coroas tradicionais com falso-coto, durante a simulação mastigatória utilizando análise de FEA.</p>	<p>Uma secção transversal mesio-distal de um primeiro molar inferior direito foi digitalizada e utilizada para criar modelos bidimensionais dos dentes e tecidos de suporte; diferentes designs de coroas. Formaram-se 2 grupos de teste (G 1 e G2). Materiais: Zr (zircónio) e LDRGC (cerâmica de vidro reforçado com dissilicato de lítio). E coroa com diferentes materiais da coroa, Zr e LDRGC, e diferentes materiais de falso coto, GF (fibra de vidro), SS (aço inoxidável) e MC (metal fundido). Uma carga axial de 600 N foi aplicada na fossa central da superfície oclusal.</p>	<p>2 modelos bidimensionais de FEA dos dentes e tecidos de suporte; diferentes designs de coroas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo 1 (G1) - EC com 2 mm de espessura oclusal câmara pulpar de 7mm, ângulo de 6° até 8°</li> <li>- Grupo 2 (G2) - EC com 4 mm de espessura oclusal, câmara pulpar de 5 mm, ângulo de 6° até 8°</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As distribuições de tensão foram semelhantes entre Zr e LDRGC para o ligamento periodontal e osso alveolar.</li> <li>- As tensões principais máximas da parede interna do canal radicular do SS (70,8 MPa) e MC (71,4 MPa) foram superiores às GF (36,0 MPa) e do EC (2,4 MPa).</li> </ul>	<p>As EC reduziram a concentração de stress na parede interna do canal radicular em comparação com a coroa convencional com espigão. Os molares restaurados com EC são menos propensos à fratura da raiz do que os com falsos cotos.</p>
--	---	---	--	---	--



<p>Zimmermann M, Valcanaia A, et al.,  2019  (10)</p>	<p>Avaliação do ajuste de EC fabricadas a partir de diferentes materiais CAD/CAM, utilizando um novo método de avaliação 3D com um sistema de digitalização intraoral.</p>	<p>Foi realizada uma preparação EC num primeiro molar maxilar direito num tipodonto, e as restaurações foram fabricadas com um sistema CAD/CAM (CEREC Omnicam, MC XL). Formaram-se três grupos utilizando três materiais CAD/CAM diferentes (cada 10): cerâmica de silicato de lítio reforçado com zircônio (Celtra Duo; CD), cerâmica de silicato reforçado com leucito (Empress CAD; EM), nanocerâmica de resina (Lava Ultimate; LU).</p> <p>Uma técnica de medição digital 3D (OraCheck, Cyfex AG) utilizando um scanner intraoral (CEREC Omnicam) foi utilizada para medir a diferença de ajuste entre os três materiais. O scan da preparação e o scan do ajuste do EC foram combinados com o software especial de análise de diferenças OraCheck. Foram selecionadas três áreas para medir a precisão do ajuste: Margem (MA), Axial (AX), occlusal (OC). O nível de significância foi fixado na p 0,05.</p>	<p>30 molares maxilar num tipodonto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os resultados variaram entre os melhores <math>88,9 \pm 7,7 \mu\text{m}</math> para a adaptação marginal de restaurações de resina nanocerâmica (LUMA) e os piores <math>182,3 \pm 24,0 \mu\text{m}</math> para a adaptação oclusal de restaurações de silicato de lítio reforçado com zircônia (CDOC).</li> <li>- Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas tanto dentro como entre os grupos de teste.</li> <li>- O grupo CD mostrou diferenças estatisticamente significativas em relação ao grupo LU para ajuste MA e AX (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> <li>- Para o ajuste OC, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos três grupos (<math>p &gt; 0,05</math>).</li> </ul>	<p>Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para diferentes materiais CAD/CAM se o procedimento CAM fosse idêntico. Dentro dos limites deste estudo, a escolha do material CAD/CAM pode influenciar a precisão de ajuste das restaurações fabricadas em CAD/CAM.</p>
---	--	---	---	---	--

<p>Taha D, Spintzyk S, et al. ; 2018 (11)</p>	<p>Para avaliar a adaptação marginal e a resistência à fratura dos EC molares fabricados com CAD/CAM tratados endodonticamente utilizando diferentes blocos maquináveis com carga termomecânica.</p>	<p>Molares mandibulares desvitalizados foram preparados de forma padronizada e divididos em 4 grupos (n = 10) para receber os EC fabricados com CAD/CAM utilizando quatro materiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dissilicato de lítio em cerâmica</li> <li>-Polímero infiltrado na cerâmica,</li> <li>- Silicato de lítio reforçado com zircônio</li> <li>-Nanocerâmica de resina.</li> </ul> <p>Os desvios marginais (<math>\mu\text{m}</math>) foram medidos utilizando um estereomicroscópio antes e depois da cimentação. Após o envelhecimento termomecânico, as medições da fenda marginal foram repetidas, e depois foi realizado um teste de resistência à fratura.</p> <p>A análise ANOVA e Tukey foram utilizadas para avaliar o efeito do material na fenda marginal antes, após a cimentação e após o envelhecimento termomecânico. Foi utilizada uma ANOVA para avaliar o efeito do material na resistência à fratura.</p>	<p>40 molares mandibulares <i>in vitro</i></p>	<p>Resultados da adaptação marginal: Cimentação e envelhecimento termomecânico resultaram num aumento estatisticamente significativo dos valores da fenda marginal para todos os materiais testados, mas o tipo de material testado não afetou a fenda marginal.</p> <p>Resistência à fratura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O resultado da ANOVA mostrou que o tipo de material teve um efeito estatisticamente significativo na resistência à fratura.</li> <li>- Os EC de nanocerâmica de resina (<math>1508,5 \pm 421,7</math> N) mostraram um valor médio de carga de rutura mais elevado com uma diferença estatisticamente significativa em relação aos EC Polímero infiltrado na cerâmica (<math>1241,5 \pm 249,8</math>) e Silicato de lítio reforçado com zircônio (<math>886,9 \pm 195,7</math> N). A diferença com EC dissilicato de lítio em cerâmica (<math>1478,9 \pm 412,2</math> N) foi estatisticamente insignificante.</li> </ul>	<p>Os materiais testados mostraram leituras de fissuras verticais marginais dentro de padrões clinicamente aceitáveis.</p> <p>A nanocerâmica de resina e o dissilicato de lítio apresentaram os valores mais elevados de resistência à fratura, seguidos pela cerâmica infiltrada em polímero, o que favorece a sua utilização.</p> <p>Significado clínico: O comportamento mecânico dos materiais cerâmicos varia de acordo com a sua estrutura e propriedades mecânicas.</p>
---	--	---	--	---	--

<p>Dartora N, de Conto Ferreira M, et al.,  2018  (12)</p>	<p>Avaliar o efeito da profundidade intra-coronal dos dentes restaurados com EC na resistência à fratura.</p>	<p>Foram selecionados 30 molares mandibulares saudáveis, recém extraídos, com dimensões e comprimentos de raiz semelhantes. Os dentes foram seccionados paralelamente à superfície oclusal, 2 mm acima da junção cimento-esmalte, numa máquina de seccionamento para remover a estrutura oclusal do dente e expor a câmara de pulpar. Os canais foram preparados utilizando o Sistema Rotativo Universal ProTaper. As margens foram preparadas em forma de ombro reto com um cone interno e uma largura entre 2,2 mm e 2,7 mm. As paredes axiais tinham um cone interno de 80 -10o . As raízes foram divididas aleatoriamente em 3 grupos (n = 10) de acordo com as diferentes extensões dos EC na câmara pulpar: G-5 mm; G-3 mm; e G-1 mm. Uma barreira de cimento de ionómero de vidro foi aplicada à câmara pulpar para selar as entradas dos canais com uma espessura variável de acordo com a extensão dos EC. A carga cíclica foi aplicada a uma frequência de 5 Hz, começando com uma carga de 80 N, seguida de passos de 120, 160, 200, 240, 280 e 320 N a um máximo de 20.000 ciclos cada. Uma esfera metálica de 6 mm de diâmetro foi utilizada como antagonista. Os espécimes foram simultaneamente termociclados. Todas as peças foram avaliadas utilizando um estereomicroscópio.</p>	<p>30 molares mandibulares saudáveis</p>	<p>- Após carga dinâmica, foi observada uma taxa de sobrevivência de 100% em todos os grupos. - No que diz respeito à resistência a fratura, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (P&lt;0,05).</p> <p>G-5 mm = 2008.61 N G-3 mm = 1795.41 N G-1 mm = 1268.12 N</p> <p>- A fractografia mostrou uma maior frequência de ondulações de compressão para G-5 mm e G-3 mm do que para G-1 mm. A análise por FEA explica os resultados dos testes de fratura e fractografia.</p>	<p>Uma maior extensão da camara pulpar dos resultou num melhor desempenho mecânico.</p>
--	---	--	--	---	---

<p>Taha D, Spintzyk S, et al., 2018 (13)</p>	<p>Para avaliar o efeito de diferentes desenhos de margens e espessuras oclusais na resistência à fratura e modo de falha de dentes tratados endodonticamente restaurados com EC cerâmicos impregnados de polímeros, blocos ENAMIC.</p>	<p>Os molares mandibulares foram tratados endodonticamente e divididos em quatro grupos (n = 8) e preparados para receberem EC cerâmicos impregnados de polímeros fabricados por CAD-CAM. O grupo B2 representa dentes preparados com um desenho de "ponta a ponta" recebendo EC com uma espessura oclusal de 2 mm e o mesmo para o grupo B3.5 mas com uma espessura oclusal de 3,5 mm. O grupo S2 representa dentes preparados com uma linha de acabamento de ombro de 1 mm recebendo EC com uma espessura oclusal de 2 mm e o mesmo para o grupo S3.5 mas com uma espessura oclusal de 3,5 mm. Após a cimentação e o envelhecimento térmico, foi realizado um teste de resistência à fratura e foram observados os modos de falha.</p>	<p>32 molares mandibulares <i>in vitro</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O grupo S3,5 apresentou o valor médio mais elevado da carga de fratura (1,27 ± 0,31 kN).</li> <li>- As EC com uma linha de acabamento ombro mostraram valores médios de resistência à fratura significativamente mais elevados do que as EC com uma margem "ponta a ponta" (<math>p &lt; 0,05</math>).</li> <li>- Contudo, os resultados não foram estatisticamente significativos no que diz respeito à espessura da restauração.</li> <li>-A avaliação dos modos de fratura não revelou qualquer diferença estatisticamente significativa entre os modos de fratura dos grupos testados.</li> </ul>	<p>A adição de uma parede axial curta e de uma linha de acabamento do ombro pode aumentar a resistência à fratura.</p> <p>No entanto, são necessários mais estudos, especialmente sobre o comportamento de fadiga, para garantir que este efeito se mantenha com pequenos aumentos na espessura da restauração.</p>
--	---	--	--	--	---

<p>Rocca G, Daher R, et al., 2018  (14)</p>	<p>Explorando os limites de fadiga dos EC cerâmicos para pré-molares.</p>	<p>Quarenta e oito pré-molares desvitalizados foram cortados no JEC. Foram restaurados com disilicate de lítio CAD-CAM (IPS e.max CAD, Ivoclar-Vivadent) e divididos em quatro grupos (n = 12):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Overlays sem espigão, Grupo A</li> <li>-EC com extensão de 2 mm abaixo da JEC, Grupo B</li> <li>- EC com extensão de 4 mm abaixo da JEC, Grupo C</li> <li>- Coroas com espigão, grupo D</li> </ul> <p>Todos os espécimes foram submetidos a carga termomecânica cíclica (TCML) (1,7 Hz, 49 N, 600.000 ciclos, 1500 ciclos térmicos). As margens foram analisadas antes e depois do carregamento. Os espécimes sobreviventes foram então submetidos a uma carga isométrica cíclica por fases (5 Hz, 200N a 1200N) até à conclusão de 105.000 ciclos ou falha. Em caso de fratura, os fragmentos foram analisados e o modo de falha foi determinado. Os resultados da carga por fases foram analisados estaticamente pela análise de sobrevivência de Kaplan-Meier e teste de classificação de registo (p = 0,05).</p>	<p>48 pré-molares <i>in vitro</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos os espécimes sobreviveram ao teste TCML (carga cíclica termomecânica), com exceção de quatro espécimes do grupo A (desbondagem de restaurações precoces).</li> <li>- Não foram encontradas diferenças nas percentagens de margens fechadas entre os EC (grupos B, C) e as coroas (grupo D).</li> <li>- Após testes por etapas, as diferenças de sobrevivência dentro dos grupos não foram estatisticamente significativas.</li> <li>- A maioria das restaurações sofreu uma fratura não reparável.</li> </ul>	<p>As EC de 2 mm e 4 mm de extensão mostraram resultados de fadiga equivalentes aos das coroas convencionais. Os resultados deste estudo desencorajam a utilização de folheados planos com retenção apenas de adesivos. Significado clínico. Ao restaurar pré-molares desvitalizados extremamente destruídos, as estratégias adesivas devem ser acopladas com retenção macro-mecânica na raiz.</p>
---	---	--	---------------------------------------	--	--

<p>Fages M, Raynal J, et al., 2017 (15)</p>	<p>Analisar os resultados clínicos de 447 reconstruções cerâmica feitas por desenho e fabrico por CAD/CAM ao longo de um período funcional de 7 anos. Destas reconstruções, 212 eram coroas e 235 eram EC.</p>	<p>As restaurações foram colocadas entre 2003 e 2008, num total de 323 pacientes. Foram criados utilizando um método CAD/CAM e os mesmos materiais em todos os casos. Todas as coroas foram fabricadas e cimentadas durante a mesma sessão clínica pelo mesmo praticante. Os dados foram analisados de forma descritiva e as probabilidades de sobrevivência foram calculadas utilizando as estatísticas de Kaplan-Meier.</p>	<p>447 próteses sobre molares <i>in vivo</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 212 coroas</li> <li>- 235 EC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das 447 restaurações, apenas 6 fracassos ocorreram, dando uma taxa de sucesso de 98,66%.</li> <li>- Todas as falhas foram o resultado de fratura parcial da cerâmica.</li> <li>- Das seis fraturas cerâmicas, cinco ocorreram em coroas periféricas e uma num EC.</li> <li>- Todas as fraturas ocorreram nos primeiros 24 meses, duas das quais ocorreram no primeiro mês.</li> <li>- O teste de log-rank comparando as taxas de incidência entre coroas e EC não mostrou diferença significativa (P = 0,08).</li> </ul>	<p>Este estudo de sobrevivência reforçou a utilização de coroas completas de cerâmica CAD/CAM e EC em molares, mostrando uma taxa de sobrevivência muito melhor para EC.</p>
---	--	---	--	---	--

## 5. DISCUSSÃO

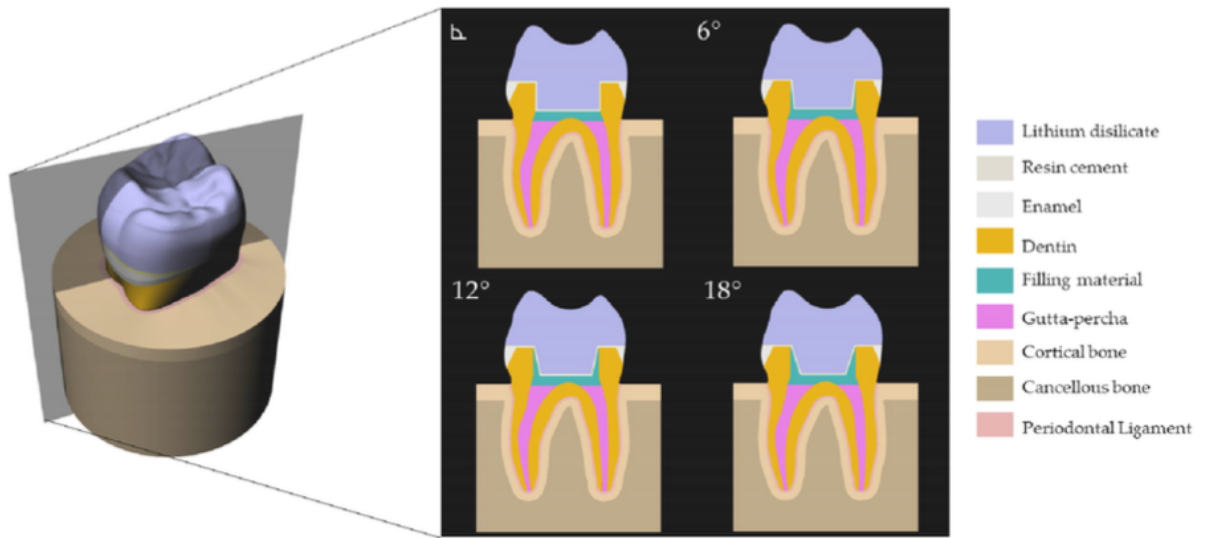
As EC permitem a restauração de dentes com tratamento endodôntico muito destruídos, facilitando ao mesmo tempo a higienização da linha de acabamento. Além disso, proporciona uma preservação superior do tecido dentário, especialmente do esmalte. No entanto, as EC só são utilizadas no setor posterior devido à falta de estética causada pela altura da linha de acabamento e pela falta de superfície adesiva na câmara pulpar dos dentes anteriores <sup>(16, 2, 4, 6)</sup>. Por esta razão, neste estudo apenas serão estudadas EC em dentes posteriores (molares e pré-molares).

A escolha do material restaurador influencia o comportamento da EC e é, portanto, um componente importante do tratamento <sup>(3, 12)</sup>. Além disso, as EC requerem a existência de estrutura dentária natural suficiente para suportar a peça, e a perda cervical da coroa pode ser prejudicial ao tratamento <sup>(2, 11)</sup>. A fiabilidade da EC depende em particular da aderência do cimento, uma vez que esta não ocorre através das raízes, o que limita fortemente a retenção mecânica, pelo que o adesivo desempenha um papel significativo no sucesso do tratamento. Parece também que certas escolhas na preparação, tais como a presença de uma férula ou diferente angulação axial da parede da polpa, são necessárias para melhorar o desempenho da EC <sup>(2, 9, 16, 6)</sup>.

### *5.1. Os diferentes preparos EC:*

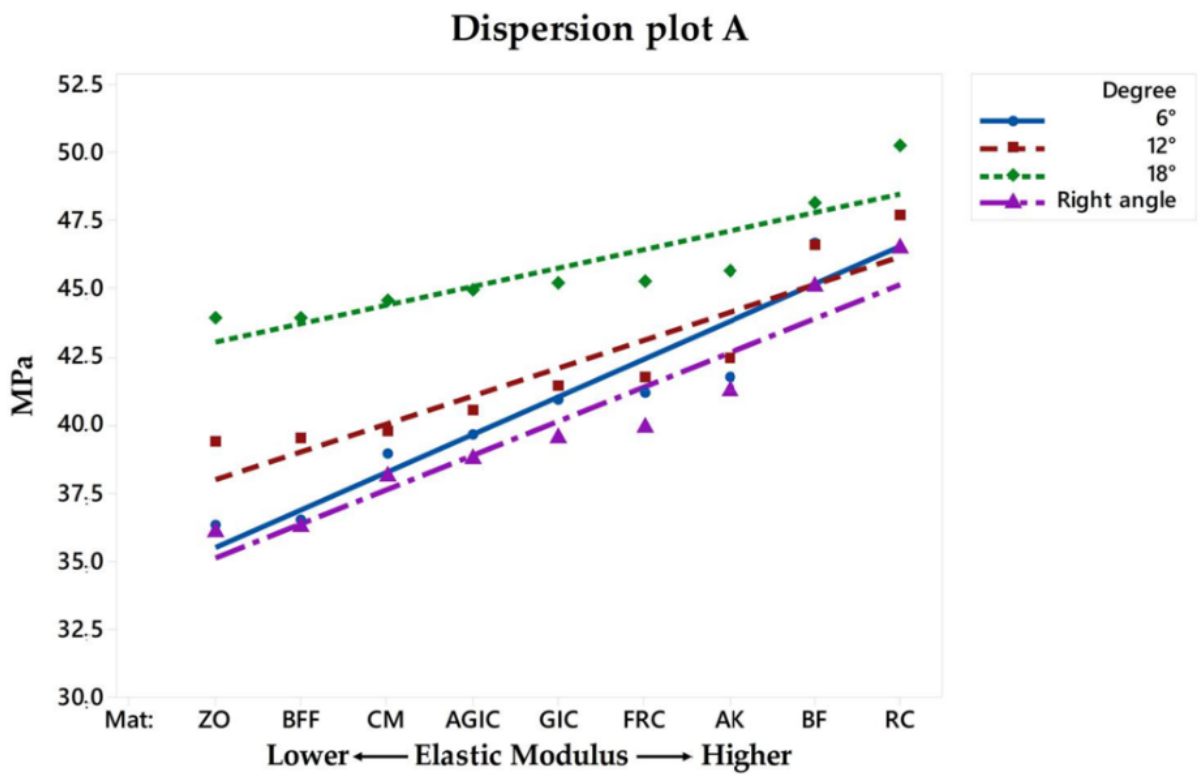
#### *5.1.1. Conicidade axial do preparo EC:*

A conicidade axial do preparo para uma restauração com *Endocrown* está relacionada com a angulação interna do preparo. É importante conhecer qual a angulação que mais se adapta para a EC. Num estudo da FEA que visava investigar diferentes angulações axiais dos preparos para EC, foram estudados quatro modelos: ângulo reto; 6°, 12° e 18°. Nove materiais com diferentes módulos de elasticidade foram simulados, 36 modelos no total. Uma carga axial (300 N) foi aplicada à superfície oclusal <sup>(9)</sup>.



**Figura 1:** Modelo tridimensional com diferentes restaurações EC <sup>(9)</sup>.

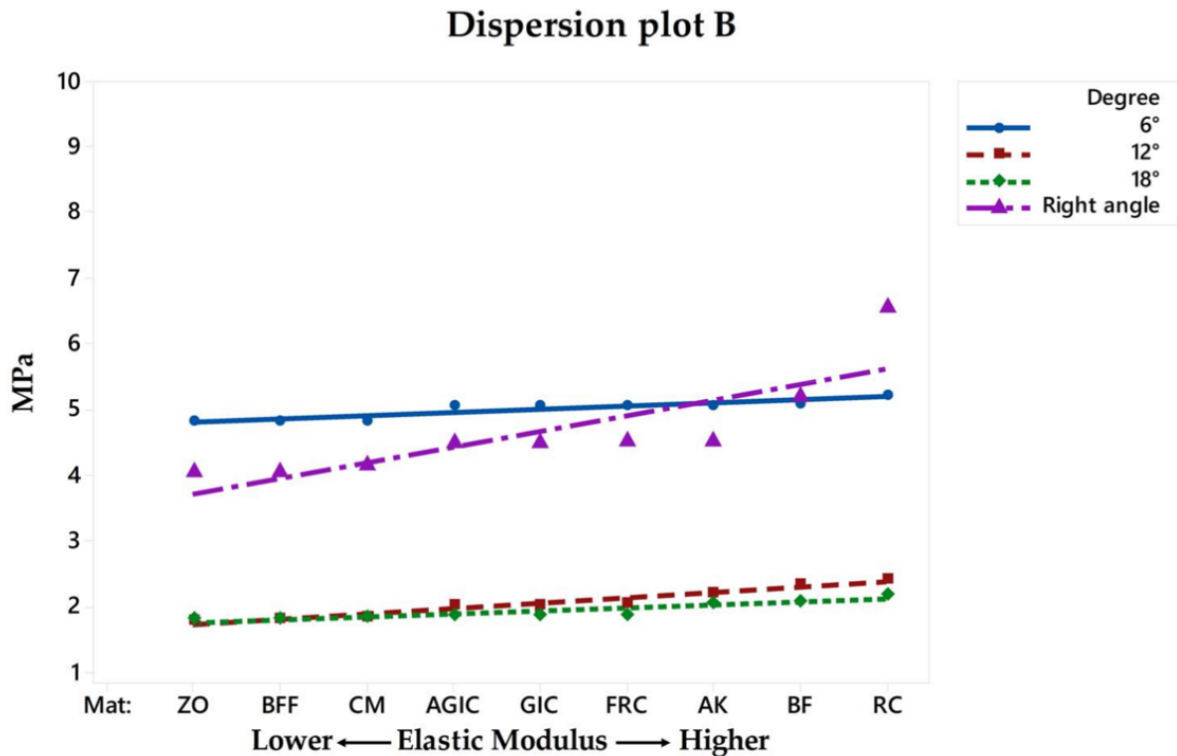
Os resultados deste estudo foram apresentados sob a forma de diagrama.



**Figura 2:** Gráfico de dispersão dos módulos de elasticidade do material da EC e dos picos de tensão registados na restauração EC <sup>(9)</sup>.



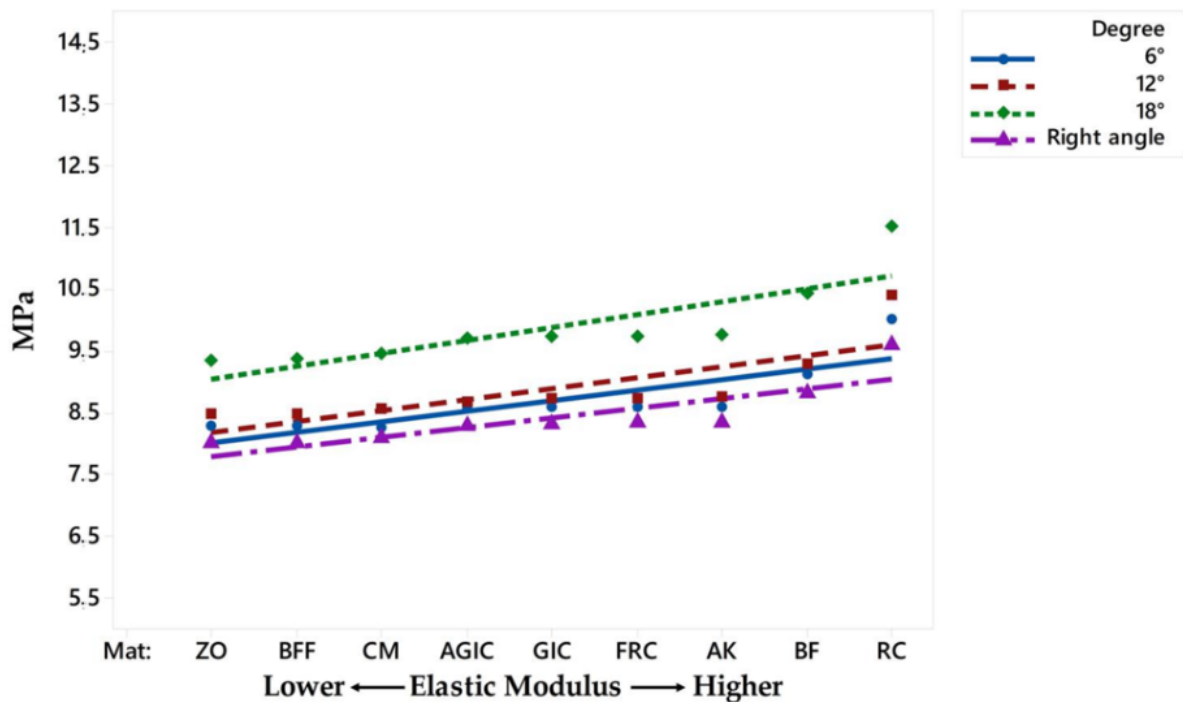
Verificou-se que quanto maior for a angulação axial, maiores serão as tensões na EC. Para o valor de 18 graus, observa-se um forte aumento das tensões na EC. Também foi possível observar que quanto maior for o módulo de elasticidade (quanto mais rígida for a restauração) mais os diferentes valores angulares tendem um para o outro a ponto de os valores de 12 e 6 graus acabarem por se sobreporem; enquanto para o ângulo reto os valores permanecem lineares.



**Figura 3:** Gráfico de dispersão dos módulos de elasticidade do material da EC e dos picos de tensão registados na camada de cimento<sup>(9)</sup>.

Pode ver-se claramente que o módulo de elasticidade da restauração tem muito menos influência sobre as tensões no cimento do que a angulação do preparo. O maior impacto é observado para ângulos retos e o ângulo de 6 graus. Pode-se deduzir que uma angulação entre 12 e 18 graus oferece uma proteção do cimento superior.

### Dispersion plot C



**Figura 4:** Gráfico de dispersão de acordo com os módulos de elasticidade do material da EC e os picos de tensão registados na parede do preparo <sup>(9)</sup>.

Neste diagrama pode-se ver que todas as linhas são relativamente proporcionais, no entanto, enquanto as angulações inferiores mostram tensões mais ou menos semelhantes sobre a estrutura natural dos dentes, a angulação de 18 graus destaca-se claramente e mostra um valor de tensão mais elevado sobre a estrutura natural.

Os ângulos axiais de 6° e 12° mostraram um equilíbrio mais promissor entre as tensões das estruturas. Além disso, as paredes axiais da câmara pulpar preparadas entre 6° e 12° divergência ofereceu um equilíbrio de magnitude de tensão no adesivo. Contudo, o ângulo de 6° concentra as tensões no cimento, podemos inferir que uma angulação ligeiramente mais elevada pode ser preferível para proteger o cimento. Os resultados mostraram que o ângulo do preparo da câmara de pasta e os diferentes materiais influenciam a resposta biomecânica da restauração EC <sup>(9)</sup>.

### *5.1.2. Espessura oclusal e efeito férula*

Num estudo da FEA, foram criados três modelos: EC com 2 mm de altura oclusal, EC com 4 mm de altura oclusal e coroa com espigão. Os materiais utilizados para a restauração foram zircônio ou cerâmica reforçada com dissilicato de lítio, e para os espigões, fibra de vidro, aço inoxidável e metal fundido. Uma carga axial de 600 N foi aplicada na superfície oclusal. A carga axial de 600 N foi concebida para simular a força oclusal máxima. A análise da FEA indica que a espessura oclusal influenciou a distribuição de tensão. As EC de 2 mm de zircônio e cerâmica com dissilicato de lítio mostraram maiores tensões do que as EC de 4 mm concebidos com os mesmos materiais. Na EC de 4 mm, a camada de cimento está afastada do ponto de carga, o que é mais protetor. Mas aumentar a espessura da prótese significa reduzir a força do dente, o que requer um equilíbrio <sup>(16)</sup>.

Num outro estudo foram concebidos quatro grupos de EC; um grupo com uma espessura oclusal de 2 mm sem férula; um com a mesma espessura com férula, outro sem férula com uma espessura oclusal de 3,5mm; e um grupo final da mesma espessura com férula. Os grupos com férula tinham uma linha de acabamento em ombro de 1mm, enquanto os grupos sem férula tinham uma linha em fio de faca <sup>(13)</sup>.

O grupo com o maior valor médio de resistência à fratura foi o grupo com 3,5 mm de espessura oclusal com férula. As EC com uma linha de acabamento em ombro e férula tinham valores médios de resistência à fratura significativamente mais elevados do que os EC sem férula. Para a espessura da restauração, os resultados não foram estatisticamente significativos. O grupo de 3,5 mm com férula teve o maior valor médio de resistência à fratura (1,27 kN ± 0,31 kN) enquanto o grupo de 2 mm sem férula teve o menor valor (0,88 kN ± 0,16 kN). As EC com redução axial e linha de acabamento em ombro tinham valores médios de resistência à fratura superiores aos EC com desenho de fio de faca, e a diferença média era estatisticamente significativa. Podemos deduzir que a adição de uma parede axial curta que proporciona um efeito de férula, e uma linha de acabamento em ombro, pode aumentar a resistência à fratura. Contudo, a violação dos princípios de preparo conservadora para aumentar a espessura oclusal não parece ser tangível <sup>(13)</sup>.

Outro estudo confirmou e aprofundou o interesse do efeito férula, este estudo teve como objetivo comparar coroas e EC e os dois tipos de restauração com férula de 1 mm de altura e 2 mm de altura. As peças foram analisadas pela FEA sob carga axial e lateral a fim de analisar as tensões e os resultados estatisticamente significativos são os seguintes:

- Sob carga axial, as férulas de 2mm nas EC reduziram a magnitude das tensões em comparação com a férula de 1mm na restauração, na camada de cimento, bem como na área do preparo;
- Sob carga oblíqua, as férulas de 2 mm nas EC reduziram a magnitude das tensões em comparação com a férula de 1 mm, na restauração, na camada de cimento, bem como na área do preparo. Podemos, portanto, concluir que uma férula de 2 mm de altura é preferível em todos os aspectos do que uma férula com metade do tamanho <sup>(2)</sup>.

### *5.1.3 Extensão da EC na câmara pulpar*

Num estudo, 30 preparos de EC foram divididos em 3 grupos de diferentes extensões da EC dentro da câmara pulpar. A profundidade intra-pulpar era de 5 mm, 3 mm, e 1 mm. As margens foram preparadas em ombro e as paredes axiais tinham um cone interno de 80-100°, as EC foram obtidas utilizando o sistema CAD/CAM Cerec 3. Foram obtidos três valores médios de resistência à fratura sob carga axial. A EC com uma profundidade de 5 mm registou uma resistência à fratura de 2008.61 N, enquanto a EC de 3 mm registou 1795.41 N; e a EC de 1 mm 1268.12 N. Todos os três grupos mostraram diferenças estatisticamente significativas. Ao analisar o modo de construção, a análise da FEA revelou que as distribuições de força no grupo com a maior extensão não eram as mesmas. Devido ao aumento da área de superfície da restauração, a dispersão das tensões foi maior. Podemos, portanto, deduzir que o aumento da extensão intra-pulpar de uma EC está positivamente correlacionado com o aumento da resistência à fratura da EC, diminuindo assim o risco de danos nas estruturas adjacentes <sup>(12)</sup>.

## 5.2. Comparação de vários blocos CAD/CAM em confecção de EC

### 5.2.1. Comportamento e resistência à fratura

Os materiais utilizados em CAD/CAM tomam a forma de um monobloco maquinável ligado a um espigão metálico para inserção no dispositivo de manufatura de CAM.

Há uma variedade de blocos de natureza diferente que serão estudados neste ponto e são os seguintes:

Vita Enamic (cerâmica infiltrada de polímero)

IPS e.max CAD (cerâmica de dissilicato de lítio)

Grandio Blocks (nano-cerâmica híbrida)

GC Cerasmart (composto híbrido)

Shofu (cerâmica híbrida)

Brilhante Crios (composto híbrido)

Celtra Duo (cerâmica de dissilicato de lítio reforçada com zircônio)

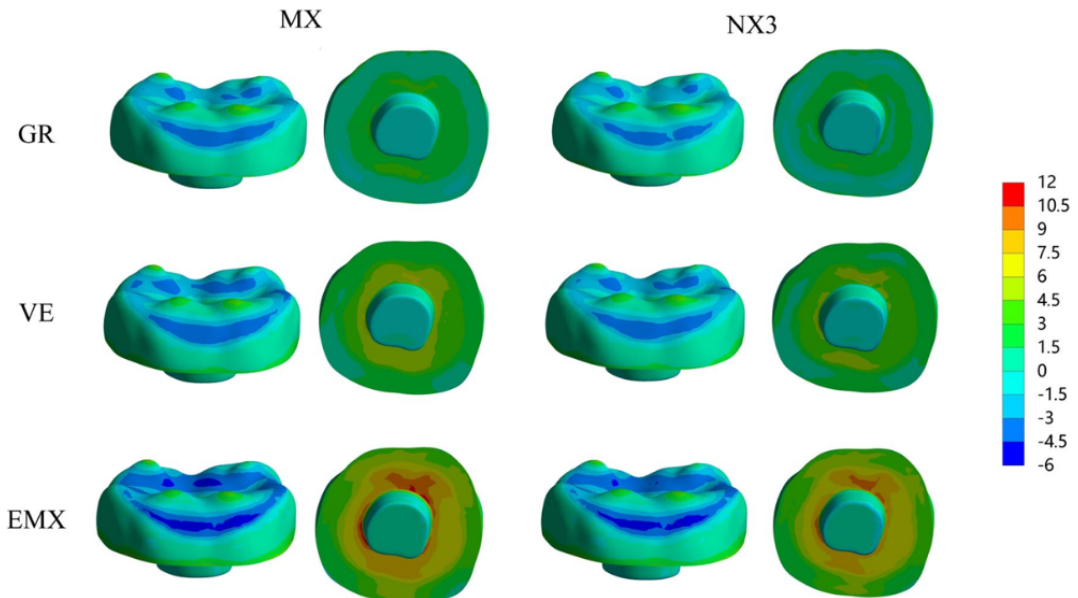
No que diz respeito aos materiais restauradores, quanto maior for o módulo de elasticidade, maior será a concentração de tensão na restauração. Portanto, quanto mais rígido for o material, mais stress ele irá reter.

**Tabela 2:** Propriedades mecânicas de diferentes materiais e estruturas. <sup>(8)</sup>

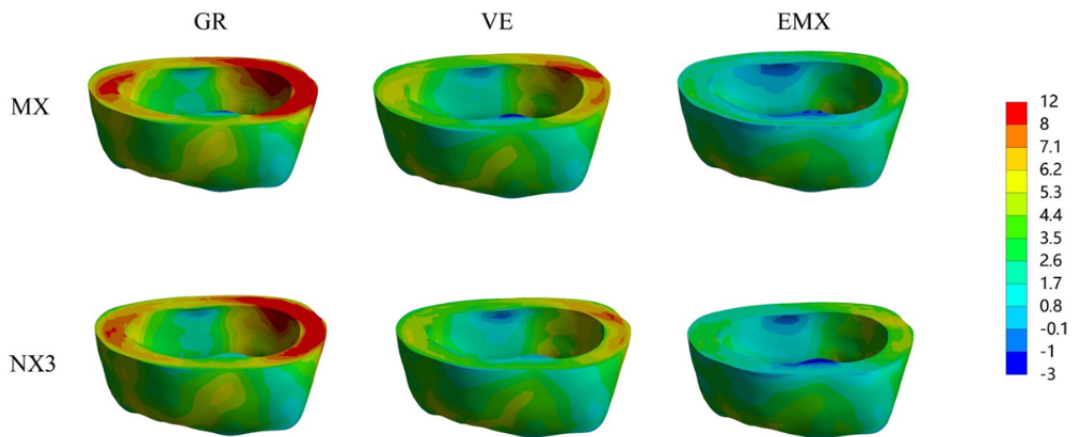
Material	Modulus of elasticity (GPa)	Poisson's ratio	Vol. shrinkage (%)	Linear thermal expansion coefficient	tensile strength (MPa)	Adhesive bond strength to dentin (MPa)
Food	10 [29]	0.3				
Dentin	18.6 [29]	0.31				
Enamel	84.10 [35]	0.33				
Core buildup resin	17 [35]	0.23				
Gutta percha	0.07 [3]	0.4				
Parodontium	0.69 [3]	0.45				
Cortical bone	13.7 [29]	0.3				
Cancellous bone	1.37 [29]	0.3				
Vita enamic (VE)	37.80 [3]	0.24				
IPS e.max CAD (EMX)	95.0 [3]	0.3				
Grandio blocs (GR)	18.0 [3]	0.26				
NX3	7.4 <sup>a</sup>	0.35	4.88 [18]	0.0165	51.9 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a</sup>
MaxCem Elite Chroma (MX)	4.0 <sup>a</sup>	0.35	6.08 [18]	0.0207	46.5 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Supplied by the manufacturer

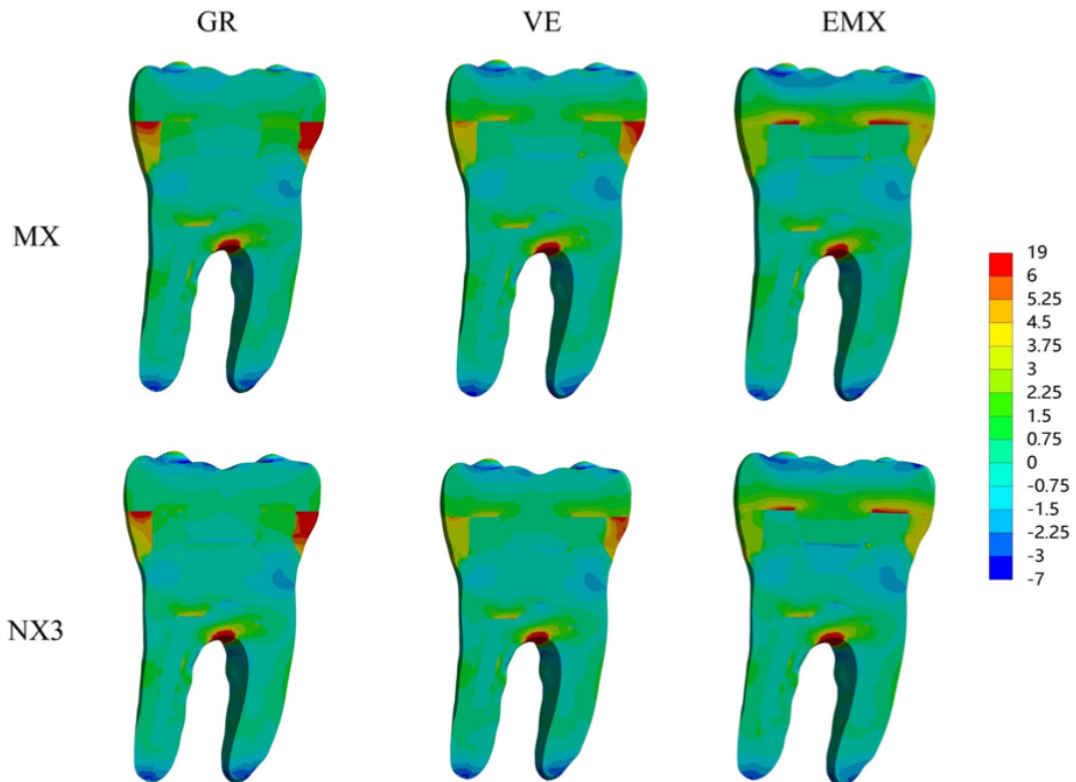
Num estudo da FEA, foi analisado o comportamento dos seguintes materiais: Grandio Blocs, IPS e.max CAD, e Vita enamic <sup>(8)</sup>.



**Figura 5:** Tensões gerado numa EC: Restaurações de acordo com material restaurador e cimento de resina. GR, blocos Grandio; VE, Vita Enamic; EMX, IPS e.max CAD; MX, Maxcem Elite Chroma <sup>(8)</sup>.



**Figura 6:** Tensões gerado em esmalte de acordo com o material restaurador e tipo de cimento de resina. GR, blocos Grandio; VE, Vita Enamic; EMX, IPS e.max CAD; MX, Maxcem Elite Chroma <sup>(8)</sup>.



**Figura 7:** Tensões gerados em estruturas globais no plano sagital de acordo com o material restaurador e o cimento de resina. GR, blocos Grandio; VE, Vita Enamic; EMX, IPS e.max CAD; MX, Maxcem Elite Chroma <sup>(8)</sup>.

IPS e.max CAD com um módulo de elasticidade elevado parece ser mais eficaz na proteção da camada de cimento e do tecido residual do esmalte, em comparação com os blocos Vita Enamic e Grandio. O bloco IPS e.max CAD concentrou uma tensão máxima que estava muito abaixo do limiar da fratura. Sob a mesma carga, uma maior variação de tensão estava presente para os blocos Grandio e esmalte, em contraste com o IPS e.max CAD, onde a tensão estava mais uniformemente distribuída e não concentrada nas paredes e margens do preparo. Portanto, o IPS e.max CAD parece ser mais eficaz na proteção da integridade da interface e na melhoria da eficácia a longo prazo. No que diz respeito à estrutura do dente restante, observou-se que os blocos Vita Enamic e Grandio com um módulo de elasticidade inferior apresentavam maiores picos de tensão no esmalte. A micro-fratura pode ocorrer na margem do esmalte e propagar-se, o que pode levar à fratura a longo prazo. Podemos, portanto, ver que o módulo de elasticidade de um material desempenha um papel importante na proteção da estrutura dentária natural <sup>(8)</sup>.

Um estudo realizado em 2021 por Acar D. et al, comparou a resistência à fratura de EC a partir de diferentes blocos híbridos sob forças axiais e laterais. Foram avaliados 7 blocos diferentes: Vita Enamic (cerâmica com polímeros), IPS e.max CAD (cerâmica de dissilicato de lítio), GC Cerasmart (composto híbrido), Shofu (cerâmica híbrida), Brilliant Crios (composto híbrido), Celtra Duo (cerâmica de dissilicato de lítio reforçada com zircônio). Os estudos sobre a resistência à fratura de blocos consistiram na aplicação de uma carga axial ou lateral na restauração de molares EC utilizando uma máquina de ensaios universal. Os resultados indicam que o maior valor médio de fratura sob carga axial foi encontrado para o bloco Brilliant Crios ( $2072,77 \pm 454,65$  N), seguido pelo grupo IPS e.max CAD ( $1913,84 \pm 501,18$ ), e o grupo Shofu teve a menor resistência à fratura ( $1068,36 \pm 214,91$  N). Sob carga lateral, IPS e.max CAD teve a maior resistência à fratura ( $670,79 \pm 129,68$  N), e o grupo GC Cerasmart teve a menor resistência à fratura ( $391,00 \pm 86,35$  N) <sup>(3)</sup>.

O bloco Brilhante Crios é concebido à base de resina, a semelhança da composição química do bloco composto, o cimento de resina e o agente adesivo de ligação garante uma elevada capacidade de ligação entre estes materiais. No entanto, como o bloco tem um módulo de elasticidade relativamente baixo, próximo do da dentina, a restauração e a dentina subjacente sofrem um grau de deformação semelhante, de modo que uma carga aplicada é transmitida à dentina subjacente em vez de se acumular na restauração, o que pode causar micro-fraturas. O bloco GC Cerasmart, que atingiu um valor de  $1406,56 \pm 369,49$  N sob carga axial, também tinha um módulo elástico próximo do da dentina e continha a mesma proporção de cargas inorgânicas que o Brilliant Crios. Contudo, GC Cerasmart tinha valores de resistência à fratura mais baixos do que Brilhante Crios. Ambos os blocos contêm vidro de bário, contudo o tamanho do vidro de bário encontrado em Brilliant Crios é de 300 nm enquanto o encontrado em Cerasmart é de 1,0  $\mu$ m. Isto pode explicar as diferenças na resistência à fratura observadas entre os dois materiais <sup>(3)</sup>.

GC Cerasmart mostrou a menor resistência à fratura sob carga lateral ( $391,00 \pm 86,35$  N), enquanto que o grupo IPS e.max CAD mostrou a maior resistência à fratura para a mesma direção de carga ( $670,79 \pm 129,68$  N), seguido de Brilliant Crios ( $615,61 \pm 191,97$  N), Shofu Crios ( $543,43 \pm 133,89$  N), e Vita Enamic Crios ( $496,59 \pm 111,27$  N). Os blocos à base de resina GC Cerasmart (composto híbrido) e Brilliant Crios (composto híbrido) foram considerados como tendo uma



resistência aceitável à fratura, e podem ter a vantagem de uma dureza mais baixa que pode ajudar a proteger os dentes antagonistas do desgaste oclusal. No entanto, sob forças laterais, onde a adesão desempenha um papel importante, o grupo IPS e.max CAD tem a maior resistência à fratura e o GC Cerasmart a menor. Infelizmente, há que ter em conta que os intervalos de confiança não permitem uma comparação estatisticamente viável <sup>(3)</sup>.

Além disso, pode-se notar que os EC de cerâmico de dissilicato de lítio são considerados um excelente material restaurador, uma vez que são resistentes ao deslocamento devido às suas propriedades adesivas, que permitem o ataque ácido e promovem o encravamento micromecânico com o cimento de resina, bem como a aderência entre a superfície do dente e o cimento de resina. Talvez por esta razão, os EC IPS e.max CAD exibiram a melhor resistência à fratura sob carga lateral <sup>(12, 6)</sup>.

Descobrimos que todos os materiais investigados têm uma resistência à fratura clinicamente aceitável.

### *5.2.2. Adaptação*

O desenho de uma EC é complexo, com muitos ângulos internos que podem ser difíceis de maquinar para as unidades de fresagem CAM. Foi demonstrado que a precisão do ajuste das restaurações influencia o sucesso clínico a longo prazo das restaurações. Os desvios marginais levam um aumento das micro infiltrações e conseqüentemente à dissolução do cimento. Um desvio entre 75 e 160 µm pode ser considerado aceitável para o ajuste interno e marginal de uma EC.

A maquinabilidade da CAM é um fator crucial e importante especialmente para a área marginal. O ajuste marginal de uma restauração é crucial para o sucesso clínico a longo prazo da restauração <sup>(4, 10)</sup>.

Nos estudos selecionados, as margens foram medidas com um estereomicroscópio.

Existem disponíveis no mercado diversos materiais possíveis de serem utilizados na confecção de EC:

GC Cerasmart (composto híbrido)

Trilor (composto)

IPS e.max CAD (cerâmica de dissilicato de lítio)

Vita Suprinity (cerâmica de vidro de dissilicato de lítio reforçado com zircônio)

Celtra Duo (cerâmica de dissilicato de lítio reforçada com zircônio)

Empress CAD (cerâmica de silicato reforçado com leucite)

Lava Ultimate (nanocerâmica de resina).

Um estudo comparando a adaptação do IPS, Emax CAD, Vita Enamic, Celtra Duo e CG Cerasmart mostraram valores de desvio marginal estatisticamente insignificantes, mas com um aumento significativo após a cimentação e após o envelhecimento termomecânico. A cimentação e o envelhecimento termomecânico resultaram num aumento estatisticamente significativo dos valores do desvio marginal para todos os materiais testados, mas o tipo de material testado não afetou o desvio marginal. Os ciclos de carga termomecânica podem produzir tensões significativas na interface das restaurações, causando a falha da interface de cimento <sup>(11)</sup>.

A aplicação repetida de forças mastigatórias e as diferenças de expansão térmica entre o cimento e o dente ou a restauração podem também contribuir para a deterioração da adaptação marginal. Isto significa que a adaptação de uma restauração EC irá inevitavelmente degradar-se com o tempo <sup>(11)</sup>.

Outro estudo analisou o seguinte: GC Cerasmart, Trilor, IPS e.max CAD, e Vita Suprinity. Neste último, os resultados mostraram que as EC baseadas em resina tinham desvios maiores do que os grupos baseados em cerâmica. Os desvios foram medidos utilizando cortes de 8 pontos para obter 5 medições: M1: desvios marginais C1 e C2: desvios cervicais. A1, A2 e A3: desvios axiais. P1 e P2: divergências pulpar. O Trilor tinha consistentemente os maiores desvios para todas as regiões testadas em frente de IPS e.max CAD, Vita Suprinity, e GC Cerasmart. Enquanto IPS e.max CAD tinha os desvios mais baixos para todas as regiões, com a exceção da região axial, onde o desvio mais baixo foi mantido pelo grupo Vita Suprinity <sup>(4)</sup>.

O ajuste interno médio foi estatisticamente semelhante ao ajuste marginal nos grupos IPS e.max CAD e Vita Suprinity. IPS e.max CAD, Vita Suprinity e GC Cerasmart mostraram tamanhos de espaço marginal aceitáveis, contudo o Trilor estava acima do intervalo clinicamente aceitável ( $197,7 \pm 33,7 \mu\text{m}$  na marginal). No entanto, os desvios internos são aceitáveis para IPS e.max CAD, Vita Suprinity, GC Cerasmart, e Trilor. Pode-se ver que os desvios marginais e internos das EC mudaram dependendo se o material era de cerâmica ou resina. A cerâmica, em particular a cerâmica com dissilicato de lítio, mostrou o menor desvio. Pode notar-se que os maiores desvios foram no chão da cavidade. Onde tinha o único valor a favor da resina (GC Cerasmart  $116,1 \pm 14,3 \mu\text{m}$  contra Vita Suprinity  $110,9 \pm 12,4 \mu\text{m}$ ) que não era estatisticamente significativo <sup>(4)</sup>.

As resinas compostas cheias de partículas, como a Lava Ultimate, têm uma matriz de polímeros com partículas de carga de diferentes tamanhos. Materiais cerâmicos como o Empress CAD ou Celtra Duo consistem numa estrutura de cerâmica de vidro com cristais incorporados. Neste estudo, os compósitos à base de resina tiveram um desempenho estatisticamente melhor para a adaptação marginal do que os materiais cerâmicos. No entanto, os resultados encontrados para todos os grupos mostraram desvios relativamente pequenos.

No mesmo estudo, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas apenas para o ajuste marginal entre os diferentes grupos. Isto pode ser explicado pelo facto de a zona marginal, com a sua estrutura muito fina, ser a mais difícil de fresar. A pressão dos instrumentos de fresagem e a própria resistência do material podem contribuir para fraturas na zona marginal. Este efeito é mais provável de ocorrer em materiais frágeis, tais como a cerâmica <sup>(10)</sup>.

Num outro estudo, foram comparados os materiais Celtra Duo (cerâmica de dissilicato de lítio reforçado com zircónio), Empress CAD (cerâmica de silicato reforçado com leucito), e Lava Ultimate (nanocerâmica de resina). Foram seleccionadas três áreas para medir a precisão de ajuste: margem, axial e oclusal. Neste estudo foi demonstrado que os materiais à base de resina têm melhor precisão marginal do que os materiais de vitrocerâmica. Materiais à base de resina com matriz de polímero podem permitir a fresagem de estruturas mais finas. Por outro lado, a matriz de vidro dos materiais cerâmicos é frágil, e os cristais cerâmicos podem quebrar-se facilmente se for aplicada pressão dos instrumentos de moagem <sup>(10)</sup>.

Quanto maiores forem os cristais, maior é a probabilidade deste efeito. Neste estudo, o material com o maior tamanho de cristal Celtra Duo também teve o pior ajuste marginal, com  $182,3 \pm 24,0$   $\mu\text{m}$ . O melhor ajuste marginal foi encontrado para o grupo Lava Ultimate, com  $88,9 \pm 7,7$   $\mu\text{m}$ . É importante notar que as características do material podem influenciar a maquinabilidade da CAM. A composição do material influencia diretamente o desgaste das brocas da CAM. Quanto mais forte for o material, maior será a taxa de desgaste das brocas da CAM. Estratégias de maquinação específicas dependendo da classe do material podem melhorar a precisão de ajuste das EC fabricadas em CAD/CAM <sup>(10)</sup>.

As restaurações EC Lava Ultimate foram estatisticamente melhores do que o grupo Celtra Duo para a adaptação marginal, mas não foram estatisticamente diferentes do grupo Empress CAD para a adaptação marginal. Verificou-se que o chão das EC eram as áreas de pior ajuste para todos os tipos de restaurações EC fabricadas por CAD/CAM. Estes resultados podem estar relacionados provavelmente devido à capacidade do CAD em analisar com precisão o fundo do preparo. Deste modo, é difícil tirar conclusões definitivas destes estudos relativamente aos vários fatores que influenciam a aptidão das EC. A fresagem da resina parece ser mais precisa por natureza, mas é evidente que a cerâmica híbrida oferece um encaixe largamente satisfatório. Todos os materiais testados mostraram desvios dentro de padrões clinicamente aceitáveis, com a exceção do Trilor no desvio marginal <sup>(10)</sup>.

### *5.2.3. O cimento*

Um cimento com um módulo de elasticidade mais elevado resulta em valores de tensão mais elevados dentro da camada de cimento. Sugere-se, portanto, que um maior módulo de elasticidade pode reduzir o pico de tensão na peça. Contudo, uma variação excessiva no módulo de elasticidade entre a prótese e o cimento pode causar concentração de tensão entre a restauração e o dente natural. Também se deve ter em conta que quanto mais dura for a restauração, menos tensão atinge o cimento. EC com um módulo de elasticidade mais elevado concentram mais tensões e têm uma deformação significativamente menor do cimento. Assim, o valor máximo de tensão na camada de cimento diminui, o que significa que a utilização de um material com um alto módulo de elasticidade é benéfica para a ligação <sup>(8, 6, 7)</sup>.

### *5.3. Comparação com outros meios de reabilitação oral*

#### *5.3.1. Coroa*

Num estudo comparando a EC com fécula e coroa também com fécula. Uma análise da FEA analisando o comportamento de ambos os tipos de restauração, deu-nos os seguintes resultados. Sob carga axial, a superfície da restauração e do preparo mostraram maiores tensões para a coroa completa do que a EC. No entanto, para a camada de cimento, foram observadas maiores tensões com EC do que com coroas. Sob carga oblíqua, a coroa completa mostrou picos de tensão mais baixos do que a EC na restauração, no cimento, bem como na superfície do preparo do dente. A partir destes resultados podemos deduzir que as EC têm um maior risco de falha na camada de cimento do que a coroa completa. Sob carga axial, a EC mostrou as menores tensões de no dente, mas sob carga oblíqua, a coroa completa mostrou menos tensões do que a EC. Podemos constatar que a EC apresenta teoricamente mais risco de falha adesiva em frente da coroa <sup>(2)</sup>.

Num outro estudo sobre pré-molares, foram comparados dois preparos EC, uma coroa, e uma coroa com espigão. A variação entre as duas EC foi a profundidade intra-pulpar de 2 ou 4 mm. O bloco utilizado foi o IPS e.max CAD. Os pré-molares selecionados foram extensamente destruídos. Uma questão importante neste estudo foi a superfície adesiva muito limitada do pré-molar, em comparação com a sua superfície oclusal, o que não ajuda a adesão de uma EC. Relativamente à adaptação marginal, todos os tipos de restauração apresentaram resultados semelhantes. Foram realizados testes de termo-ciclagem, e os EC de 2 e 4 mm mostraram uma maior taxa de sobrevivência, mas não estatisticamente significativa. Isto indica uma tendência para uma melhor resistência à fadiga para a EC <sup>(14)</sup>. O teste consistiu em simular as condições mastigatórias, com uma força mastigatória de 49 N aplicada durante 600.000 ciclos a 1,7 Hz, o que corresponde a aproximadamente 2,5 anos de função clínica ligeira na região pré-molar, contudo, a ausência de estrutura periférica natural que diminui a absorção do choque (onde o ligamento periodontal desempenha um papel importante) teve de ser tida em conta. Neste estudo, a taxa de falha adesiva prematuro para coroas sem retenção do canal radicular foi de 30%, o que faz dela uma contra-indicação para a restauração de um pré-molar muito destruído, ao contrário da EC <sup>(14)</sup>.

Um estudo *in vivo* analisou os resultados clínicos de 447 reconstruções de cerâmica de *chairside* (Vita Mark II) feitas pelo desenho CAD/CAM pelo mesmo profissional durante um período funcional de 7 anos. 212 reconstruções foram coroas e 235 foram EC. As restaurações foram colocadas entre 2003 e 2008 num total de 323 pacientes, pelo que o estudo foi concluído em 2015. Das 447 restaurações, apenas 6 ocorreram fracassos, ou uma taxa de sucesso de 98,66%. Não houve casos de perda de restauração, fratura com perda parcial de dentes, cárie marginal, reparação marginal ou complicações endodônticas; todas as falhas foram devidas a fratura parcial de cerâmica. Das seis fraturas cerâmicas, cinco ocorreram em coroas e uma numa EC. No entanto, não foi encontrada qualquer diferença significativa. A única fratura de uma EC foi num terceiro molar e ocorreu 3 meses após a colocação, o que representa uma taxa de falha de 0,43%. Para coroas periféricas, a taxa de falha foi de 2,35%. Este estudo mostrou uma taxa de sobrevivência mais favorável para as EC <sup>(15)</sup>.

### 5.3.2. Coroa com espigão

Num estudo FEA, foram criados três modelos: EC com 2 mm de altura oclusal, EC com 4 mm de altura oclusal e coroa com espigão. Os materiais utilizados para a restauração foram a zircónia ou a cerâmica de vidro reforçado com dissilicato de lítio, e para os espigões, fibra de vidro, aço inoxidável e metal fundido. Uma carga axial de 600 N foi aplicada na superfície oclusal. Os preparos das coroas com espigão foram criados com desgaste oclusal de 2,0 mm, axial em ombro de 0,5 a 1,5 mm, um ângulo de conicidade de 6 a 8 graus e um comprimento de espigão de 14,0 mm.

Na parede interna do canal radicular distal as tensões eram muito mais elevadas para as coroas dos espigões: aço inoxidável (70,8 MPa), metal fundido (71,4 MPa), fibra de vidro (36,0 MPa), e EC (2,4 MPa) <sup>(16)</sup>.

Em primeiro lugar, deve notar-se que as distribuições de tensão na raiz foram semelhantes para os diferentes materiais das EC e para as diferentes espessuras oclusais também. No entanto, o comportamento da EC diferiu significativamente comparativamente ao das coroas. A EC tinha apenas um pico de tensão, enquanto as coroas com espigão tinham dois picos de tensão. Estes picos são devidos à área de bifurcação da raiz e na região apical do espigão. Na área de bifurcação da raiz, as tensões EC atingem valores mais elevados do que para as coroas. No entanto, a EC mostrou uma distribuição relativamente uniforme do stress na raiz e no tecido de suporte periodontal, o que pode ser explicado pelas seguintes razões. A coroa tem retenção extra-coronal, enquanto a EC utilizou retenção intra-coronal. A retenção intra-coronal da EC era mais conducente à transferência de força para a parede da câmara pulpar e tecido periodontal, em vez de para a parede do canal radicular. Além disso, a EC elevou o centro de rotação da restauração em comparação com a coroa com espigão. A instrumentação do canal radicular enfraquece a estrutura natural, e a concentração de stress na extremidade do espigão é muito mais elevada e pode ser considerada a mais prejudicial. Constatou-se que as tensões na extremidade do espigão em torno de espigões metálicos atingiram valores dezenas de vezes superiores aos da EC. A EC diminuiria então o risco de fratura acidental da raiz em coroas com espigão, especialmente com espigões metálicos (ou espigão com um alto módulo de elasticidade) <sup>(16)</sup>.

Num estudo sobre pré-molares, 48 pré-molares desvitalizados foram cortados na junção esmalte cimento. Foram restaurados com IPS e.max CAD e divididos em quatro grupos: coroa sem retenção intra-radicular, EC com 2 mm de profundidade intra-radicular, EC com 4 mm de profundidade intra-radicular e coroas com espigão e núcleo.

Coroas com espigão mostraram uma taxa de sobrevivência estatisticamente não-diferente em comparação com as EC. No entanto, os resultados da termociclagem mostram uma tendência para uma melhor resistência à fadiga dos EC do que as coroas. Deve também ter-se em conta que a espessura cerâmica da coroa do espigão foi limitada pela presença do núcleo. EC com 2 mm e 4 mm de profundidade intra-puplar deram resultados em termos de integridade marginal equivalente a coroas postais. Ao restaurar pré-molares desvitalizados extremamente destruídos, as estratégias adesivas devem ser acopladas à retenção mais profunda que a EC pode proporcionar <sup>(6, 14)</sup>.

Deve também ter-se em conta que a comparação de EC com coroas sem retenção nas raízes nem sempre é relevante, uma vez que as EC não permitem a reabilitação dos dentes vivos. Além disso, em algumas condições, a forma das EC não oferece uma resistência óptima contra forças laterais, o que poderia ser um ponto fraco em alguns casos de oclusão. Temos também de ter em conta que as EC não permitem o tratamento de todos os dentes, o seu limite estético não é adequado para o sector anterior <sup>(7, 12, 15)</sup>. Além disso, a necessidade de aderência à câmara pulpar faz dela uma contra-indicação no sector anterior. Finalmente, a maioria dos estudos analisados foram estudos *in vitro*, que não oferecem a fiabilidade dos estudos *in vivo* <sup>(5, 14, 16, 7)</sup>.



## 6. CONCLUSÕES

Dos artigos selecionados para esta revisão sistemática integrativa da literatura sobre o tema “Biomecânica de restaurações "Endocrown" realizadas pelo sistema de CAD/CAM”, foi possível extrair as seguintes conclusões:

- Em relação às escolhas do preparo de uma EC; a angulação da parede da câmara pulpar regula a distribuição de tensões na restauração, contudo, se a angulação for demasiado forte, as tensões concentram-se na restauração ou na superfície do preparo. Em contraste, muito pouca ou nenhuma angulação axial concentra a tensão no cimento. Foi concluído que uma angulação entre 8 e 12 graus seria ideal para a conicidade interna do preparo.
- No que respeita à espessura oclusal, um aumento da espessura oclusal afastaria o ponto de carga da superfície de cimentação, o que poderia contribuir para a proteção da EC, mas isto não foi provado e é contrário ao objetivo conservador da EC. No entanto, foi demonstrado que a presença de uma férula, especialmente de 2 mm, melhora muito o equilíbrio das tensões na EC. Observou-se que o aumento da profundidade intra-pulpar proporciona uma melhor proteção para a EC.
- No que diz respeito aos materiais, o módulo de elasticidade de um material desempenha um papel importante na proteção da estrutura natural. A escolha do material também pode ter um impacto nas propriedades adesivas da restauração. Tanto a resina como os materiais cerâmicos oferecem vantagens singulares e continua a ser difícil classificar os dois. Como esta revisão não abordou o tema da estética, porque falava dos dentes posteriores, parece que os blocos de resina oferecem algumas vantagens significativas.
- As margens entre a restauração e a estrutura natural aumentam inevitavelmente com a atividade mastigatória. As propriedades do material podem influenciar o desgaste da fresagem durante a fabricação da peça, o que por sua vez também pode diminuir a adaptação de uma EC, e não é uma peça fácil de maquinar. Quanto à camada de cimento, vimos que o elevado módulo de elasticidade do cimento e da restauração, embora permanecendo próximo, contribui para uma proteção do cimento.

- Em comparação às coroas, as EC concentram as tensões no cimento, especialmente sob cargas oblíquas no que diz respeito às coroas. No entanto, sob cargas axiais, as EC têm uma boa distribuição de tensões na restauração e no preparo. Para pré-molares, as EC têm um desempenho semelhante ao das coroas com espigão, e um desempenho superior a uma coroa sem um espigão. Os espigões, devido à sua natureza invasiva, aumentam inevitavelmente o risco de fratura da raiz quando comparados com as EC.

Podemos assim observar que as EC em CAD/CAM oferece um desempenho muito satisfatório, no entanto, é importante ter em conta que o tema EC é muito recente, e há uma grande falta de estudos *in vivo*. Nos estudos atuais, as condições orais não podem ser completamente representadas. No futuro, chegar-se-á certamente a conclusões mais fortes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mannocci F, Bhuvu B, Roig M, Zarow M, Bitter K, Dummer PMH, et al. European Society of Endodontology position statement: The restoration of root filled teeth. *Endod. J.* 2021. p. 1974–81.
2. Tribst JPM, Dal Piva AM de O, de Jager N, Bottino MA, de Kok P, Kleverlaan CJ. Full-Crown Versus Endocrown Approach: A 3D-Analysis of Both Restorations and the Effect of Ferrule and Restoration Material. *J Prosthodont* 2021 1;30(4):335–44.
3. Acar DH, Kalyoncuoğlu E. The fracture strength of endocrowns manufactured from different hybrid blocks under axial and lateral forces. *Clin Oral Investig.* 2021 1;25(4):1889–97.
4. el Ghouli WA, Özcan M, Ounsi H, Tohme H, Salameh Z. Effect of different CAD-CAM materials on the marginal and internal adaptation of endocrown restorations: An in vitro study. *J Prosthodont. Dent.* 2020 1;123(1):128–34.
5. Lin J, Lin Z, Zheng Z. Effect of different restorative crown design and materials on stress distribution in endodontically treated molars: A finite element analysis study. *BMC Oral Health.* 2020 20(1):226.
6. Govare N, Contrepolis M. Endocrowns: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2020 123(3):411-418
7. Al-Dabbagh RA, Pros Mc, CRS Edin Mp. Survival and success of endocrowns: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2021 125(3):415.e1-415.e9.
8. He J, Zheng Z, Wu M, Zheng C, Zeng Y, Yan W. Influence of restorative material and cement on the stress distribution of endocrowns: 3D finite element analysis. *BMC Oral Health.* 2021 5;21(1):495
9. Tribst JPM, Giudice R Io, dos Santos AFC, Borges ALS, Silva-Concílio LR, Amaral M, et al. Lithium disilicate ceramic endocrown biomechanical response according to different pulp chamber extension angles and filling materials. *Materials.* 2021 9;14(5):1307

10. Zimmermann M, Valcanaia A, Neiva G, Mehl A, Fasbinder D. Three-Dimensional Digital Evaluation of the Fit of Endocrowns Fabricated from Different CAD/CAM Materials. *J Prosthodont* 2019 28(2):504-509
11. Taha D, Spintzyk S, Sabet A, Wahsh M, Salah T. Assessment of marginal adaptation and fracture resistance of endocrown restorations utilizing different machinable blocks subjected to thermomechanical aging. *J Esthet Restor Dent*. 2018 1;30(4):319–28.
12. Dartora NR, de Conto Ferreira MB, Moris ICM, Brazão EH, Spazin AO, Sousa-Neto MD, et al. Effect of Intracoronar Depth of Teeth Restored with Endocrowns on Fracture Resistance: In Vitro and 3-dimensional Finite Element Analysis. *J Endod*. 2018 1;44(7):1179–85.
13. Taha D, Spintzyk S, Schille C, Sabet A, Wahsh M, Salah T, et al. Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. *J Prosthodont Res*. 2018 1;62(3):293–7.
14. Rocca GT, Daher R, Saratti CM, Sedlacek R, Suchy T, Feilzer AJ, et al. Restoration of severely damaged endodontically treated premolars: The influence of the endo-core length on marginal integrity and fatigue resistance of lithium disilicate CAD-CAM ceramic endocrowns. *J Dent*. 2018 1; 68:41–50.
15. Fages M, Raynal J, Tramini P, Cuisinier F, Durand JC. Chairside Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacture All-Ceramic Crown and Endocrown Restorations: A 7-Year Survival Rate Study. *J Prosthodont*. 2017 ;30(6):556–60.
16. Thomas RM, Kelly A, Tagiyeva N, Kanagasingam S. Comparing endocrown restorations on permanent molars and premolars: a systematic review and meta-analysis. *Br Dent J*. 2020

## 8. AUTORIZAÇÕES DOS AUTORES

### Lithium Disilicate Ceramic Endocrown Biomechanical Response According to Different Pulp Chamber Extension Angles and Filling Materials

 Traduire le message en : Français | Ne jamais traduire à partir de : Anglais



Joao Paulo Tribst <joao.tribst@gmail.com>



À : Vous

Lun 22/08/2022 08:10

Cc : Lais Silva Concilio; Alexandre Borges; Marina Amaral

Dear Vincent Beigbeder,

The copyright from articles published in MDPI is retained by the authors.

So I can confirm that you can use the figures and tables to illustrate your thesis, the only condition is to be given proper credit with the article citation.

Good luck completing your thesis.

Best regards,

**João Paulo Mendes Tribst**

DDS, MSc, PhD

Assistant Professor, Department of Reconstructive Dentistry, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA), Amsterdam, the Netherlands.



## re:Influence of restorative material and cement on the stressdistribution of endocrowns: 3D finite element analysis



645613053 <645613053@qq.com>

À : Vous

Lun 22/08/2022 03:32

Dear VINCENT BEIGBEDER,  
Yes,You can use the table and figure!

----- 原始邮件 -----

发件人: "VINCENT BEIGBEDER";

发件时间: 2022-08-20 23:56

收件人: "645613053@qq.com" <645613053@qq.com>;

主题: Influence of restorative material and cement on the stressdistribution of endocrowns: 3D finite element analysis

Hello,

My name is Vincent Beigbeder, a final year dental student at CESPU University in northern Portugal.

I am writing to you to ask for permission to use the tables and photos from the article "Influence of restorative material and cement on the stress distribution of endocrowns: 3D finite element analysis"; in order to complete my final thesis, entitled "Biomechanics of Endocrown restorations made by the CAD/CAM system".

This thesis will not be published but only available in the internal data of the CESPU university.

Thank you for your interest.

Cordially  
Vincent Beigbeder