



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Araçatuba

Júlia de Sette Sato Piva

**Novos materiais livres de metal para confecção de
próteses monolíticas em sistema CAD/CAM**

**Araçatuba
2022**

Júlia de Sette Sato Piva

**Novos materiais livres de metal para confecção de
próteses monolíticas em sistema CAD/CAM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Odontologia de
Araçatuba da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Odontologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Aimée Maria
Guiotti

**Araçatuba
2022**

Dedico o presente trabalho à minha família que fez com que minha graduação na FOA fosse possível.

AGRADECIMENTOS

À minha família por fazerem parte da minha conquista na realização da graduação na FOA, sempre me incentivando e sendo minha rede de apoio. Em especial à minha mãe Patricia, meu pai João e minha avó Aparecida.

Ao meu namorado Rafael, que sempre esteve do meu lado desde os melhores momentos até os mais difíceis, me apoiando e me dando forças.

À todos os amigos que estiveram comigo por esses anos e que me apoiaram e me ajudaram quando precisei, em especial ao Luís Fernando, Fernanda, Heloisa, Mabily, Rafaela, Pedro e Bruno que se tornaram minha família em Araçatuba.

À Universidade Estadual Paulista por proporcionar um ensino de qualidade.

À todos os professores da FOA que dedicaram seu tempo e atenção à minha formação.

À banca examinadora por disponibilizarem seu tempo para avaliarem meu trabalho e em especial à minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Aimée Maria Guiotti por ter aceitado me orientar nesse trabalho, além de todo o auxílio para a realização do mesmo.

À todos os funcionários da FOA que são de extrema importância para a faculdade, e que sempre foram tão solícitos comigo, em especial à Jane, Gabi e Carlos.

À todos os pacientes que passaram por mim durante esses 5 anos, me proporcionando a oportunidade de aprender uma Odontologia de maneira humanizada.

*“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não
seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma
como nos acostumamos a ver o mundo”.*

Albert Einstein

PIVA. J. Novos materiais livres de metal para confecção de próteses monolíticas em sistema CAD/CAM. 2022. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

RESUMO

A busca por naturalidade dos procedimentos restauradores em reabilitação oral tem contribuído para o desenvolvimento de vários tipos de materiais livres de metal (“*metal free*”). A confecção de próteses com estes sistemas totalmente puros, mostra-se como excelente alternativa restauradora, com potencial estético superior às próteses metalocerâmicas. É indiscutível que a tecnologia CAD/CAM (Computer-aided design/Computer-aided manufacturing) vem se tornando realidade nos consultórios e laboratórios de Prótese Dentária de todo o mundo. Esta tecnologia possibilita o uso de cerâmicas e polímeros na fabricação de próteses, com qualidade e resistência mecânica satisfatórias, padronizando os processos, reduzindo custos e tempo clínico-laboratorial. A grande diversidade destes novos materiais restauradores livres de metal, com suas distintas propriedades estéticas e mecânicas, faz com que seja necessária uma seleção racional desses materiais, a fim de se alcançar a longevidade desejada do tratamento protético reabilitador. Dentre estes materiais, destacam-se as cerâmicas vítreas, as zircônias monolíticas, as cerâmicas infiltradas por polímeros e as resinas nanocerâmicas. O objetivo do trabalho foi avaliar os dados mais relevantes e atuais sobre as propriedades destes novos materiais, os sistemas disponíveis, suas indicações, limitações e seu uso associado com a tecnologia CAD/CAM. Este estudo consiste em uma pesquisa eletrônica da literatura publicada nos últimos 15 anos, nas bases de dados: Medline/Pubmed, Embase, Scielo, Bireme, Lilacs e BBO, utilizando-se os seguintes descritores do MESH: [CAD-CAM AND restorative materials AND monolithic] OR [Monolithic CAD-CAM restorative materials].

Palavras-chave: Prótese dentária. Materiais restauradores. CAD/CAM.

PIVA, J. **New metal-free materials for making monolithic prostheses in CAD/CAM system.** 2022. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

ABSTRACT

The search for naturalness of restorative procedures in oral rehabilitation has contributed to the development of various types of metal-free materials (“metal free”). The manufacture of prostheses with these totally pure systems is shown to be an excellent restorative alternative, with an aesthetic potential superior to metal-ceramic prostheses. It is indisputable that CAD/CAM (Computer-aided design/Computer-aided manufacturing) technology has become a reality in dental clinics and laboratories around the world. This technology allows the use of ceramics and polymers in the manufacture of prostheses, with satisfactory quality and mechanical resistance, standardizing the processes, reducing costs and clinical-laboratory time. The great diversity of these new metal-free restorative materials, with their different aesthetic and mechanical properties, makes a rational selection of these materials necessary, in order to achieve the desired longevity of the prosthetic rehabilitation treatment. Among these materials, we highlight glass ceramics, monolithic zirconia, polymer-infiltrated ceramics and nanoceramic resins. The objective of this work was to evaluate the most relevant and current data on the properties of these new materials, the available systems, their indications, limitations and their use associated with CAD/CAM technology. This study consists of an electronic search of the literature published in the last 15 years, in the following databases: Medline/Pubmed, Embase, Scielo, Bireme, Lilacs and BBO, using the following MESH descriptors: [CAD-CAM AND restorative materials AND monolithic] OR [Monolithic CAD-CAM restorative materials].

Keywords: Dental prosthesis. Restorative materials. CAD/CAM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação atual das cerâmicas odontológicas.....	11
---	----

LISTA DE SIGLAS

CAD/CAM	Desenho assistido por computador/fabricação assistida por computador
ZLS	Monossílicato de Lítio reforçado por zircônia
zircônia (HT)	Zircônia de alta translucidez
Zircônia (UT)	Zircônia cúbica ultratranslúcida.
mm	Milímetros
PICN	Rede de cerâmica infiltrada por polímero
MDP	<i>10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate</i>

Sumário

1 INTRODUÇÃO	9
2 PROPOSIÇÃO	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Cerâmica Feldspática	13
3.2. Cerâmicas de Leucita	14
3.3. Cerâmica de fluorapatita	15
3.4. Dissílicato de Lítio	16
3.5. Silicato de Lítio reforçado por Zircônia	17
3.6. Zircônia	18
3.7. Cerâmicas de Matriz Resinosa (Cerâmica infiltrada por polímero)	21
3.8. Resinas nanocerâmicas	22
4 DISCUSSÃO	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Para facilitar o entendimento das cerâmicas, a classificação das mesmas no que se refere à sua composição é bastante interessante. A classificação mais recente categoriza estes materiais de acordo com a presença ou não de conteúdo de vidro (ou de sílica) em sua composição e pode ser descrito da seguinte forma: 1- Cerâmicas com matriz vítrea (vitrocerâmicas): 1.1 Cerâmicas Feldspáticas (fase vítrea preponderante); 1.2 Cerâmicas sintéticas ou vidros ceramizados (fase vítrea com conteúdo cristalino): à base de leucita; à base de dissilicato de lítio; à base de silicato de lítio reforçado com zircônia e à base de fluorapatita; 1.3 Cerâmicas infiltradas por vidro (pouca fase vítrea e grande conteúdo de fase cristalina): alumina; alumina e magnésio; alumina e zircônia. 2- Cerâmicas policristalinas (sistemas totalmente cristalinos): 2.1 Alumina; 2.2 Zircônia. 3- Cerâmica com matriz resinosa: 3.1 Cerâmica Híbrida e 3.2 Resinas nanocerâmicas (KELLY *et al.*, 2011; GRACIS *et al.*, 2015).

Os sistemas cerâmicos podem ser processados utilizando-se de diversos métodos, como a técnica de estratificação (método convencional), a forma prensada (ou injetada), slip-cast (ou técnica de colagem de barbotina) e CAD/CAM (*Computer-aided design* [desenho assistido por computador]/*Computer-aided manufacturing* [manufatura assistida por computador]). É importante dizer que cerâmicas com a mesma composição podem ser processadas de formas diferentes, o que poderá resultar em restaurações com maior ou menor longevidade clínica. É indiscutível que a tecnologia CAD/CAM vem se tornando realidade nos consultórios e laboratórios de prótese dentária de todo o mundo (DAVIDOWITZ *et al.*, 2011). Esta tecnologia possibilita o uso de cerâmicas e polímeros na fabricação de próteses, com qualidade e resistência mecânica satisfatórias, padronizando os processos, reduzindo custos e tempo laboratorial.

Dentre as vantagens deste sistema está a diminuição do tempo clínico, bem como um menor risco de infecção cruzada entre clínica e laboratório. Além disso, quando o escaneamento intraoral é utilizado, o grau de desconforto do paciente pode ser substancialmente reduzido ou até eliminado (CHRISTENSEN 2009). O desempenho clínico de restaurações CAD/CAM é excelente, com taxas de sucesso e sobrevivência compatíveis com as restaurações convencionais (WEBER *et al.*, 2009).

Com esse sistema é possível fabricar uma ampla variedade de materiais livres de metal (STAWARCZYK *et al.*, 2013).

As cerâmicas podem ser manufaturadas de duas formas diferentes, como duas estruturas (*coping* + cobertura estética) ou como restaurações monolíticas. As multicamadas apresentam como desvantagens o risco de lascamento da cerâmica de cobertura (*“chipping”*), devido a alguns fatores, como: menor resistência à fratura da cerâmica de cobertura comparada com o material da infraestrutura, menor espessura da camada de infraestrutura, *copings* não anatomizados, presença de defeitos na cerâmica de cobertura ou na interface infraestrutura/cobertura, estresse residual que surge da incompatibilidade do coeficiente de expansão térmica linear e da presença de tensão entre a cerâmica de infraestrutura e a cobertura devido ao processo de resfriamento (BELLI; PETSCHLT; LOHBAUER, 2013; GUESS *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2017; ZAHRAN *et al.*, 2008; ZHAO *et al.*, 2012). O fato dos constantes lascamentos da cerâmica de cobertura, principalmente da zircônia, fez com que os sistemas evoluíssem, surgindo as restaurações cerâmicas monolíticas.

Desse modo, este estudo consiste em uma revisão de literatura bem atualizada, em que se buscou eletronicamente, artigos publicados nos últimos 15 anos, nas bases de dados: Medline/Pubmed, Embase, Scielo, Bireme, Lilacs e BBO, utilizando-se os seguintes descritores do MESH: [CAD-CAM AND restorative materials AND monolithic] OR [Monolithic CAD-CAM restorative materials]. O objetivo do trabalho foi avaliar os dados mais relevantes e atuais sobre as propriedades destes novos materiais CAD/CAM monolíticos, apresentando os sistemas disponíveis comercialmente, suas indicações, limitações e seu uso associado com a tecnologia CAD/CAM.

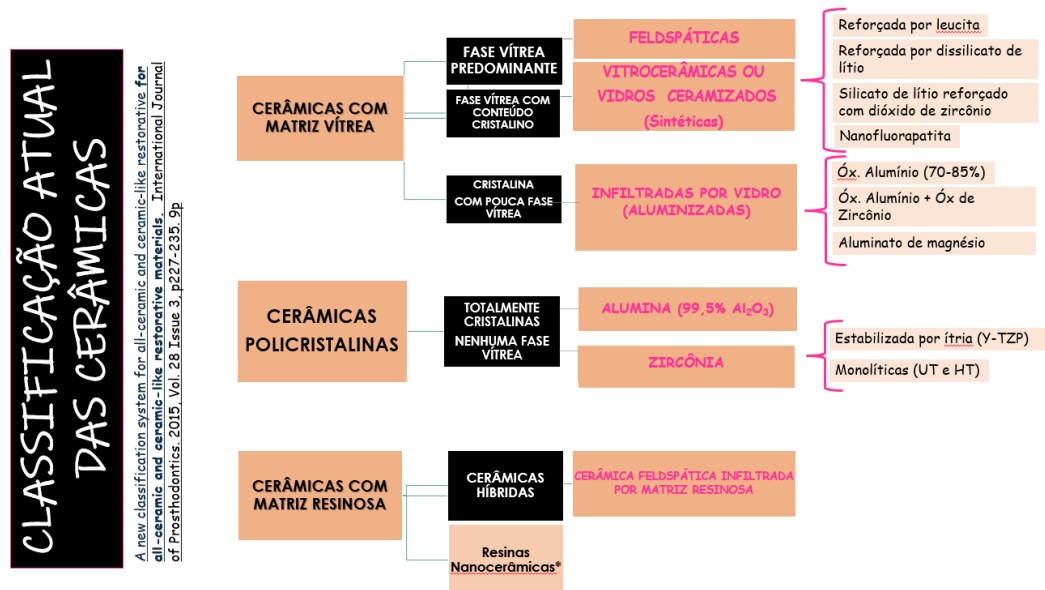


Figura 1 – Classificação atual das cerâmicas odontológicas (Gracis et al., 2015).

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo do trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre os novos materiais cerâmicos monolíticos obtidos pelo sistema CAD/CAM.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cerâmicas Feldspáticas

Dentre as cerâmicas com matriz vítrea, a feldspática é a que se apresenta com o maior conteúdo vítreo e menor conteúdo cristalino, sendo assim extremamente estética (GUILARDI *et al.*, 2022). Devido às suas propriedades ópticas é indicada principalmente para áreas estéticas, como cerâmica de cobertura de *copings metálicos ou cerâmicos*, podendo ser indicada também para elementos unitários anteriores monolíticos, possuindo resultados satisfatórios quando usada em endocrowns (GUESS *et al.*, 2010; NEJATIDANESH *et al.*, 2018; SCHULTHEIS *et al.*, 2013).

Tanto a fase vítrea como o conteúdo cristalino, são responsáveis pelos mecanismos de resistência que controlam o crescimento de trincas, quanto maior o conteúdo cristalino maior a capacidade do material de resistir à fadiga, portanto, quando comparada com outros sistemas cerâmicos, a cerâmica feldspática possui uma menor resistência mecânica à fadiga. Além disso, outro fator que influencia na resistência mecânica deste tipo de cerâmica é a superfície do material, a cerâmica feldspática obtida pela técnica convencional de estratificação ou sinterização, pode apresentar falhas intrínsecas (heterogeneidades microestruturais e poros), essas imperfeições podem atuar para aumentar a tensão dentro do material diminuindo a sua resistência (GUILARDI *et al.*, 2022; MAY *et al.*, 2021).

Mais recentemente, as cerâmicas feldspáticas passaram a ser obtidas também pelo processo CAD/CAM, permitindo que o material seja usado de maneira sinterizada direto de fábrica. A cerâmica feldspática, ao ser usinada em CAD/CAM, apresenta menor porcentagem de defeitos estruturais, como bolhas e trincas, permitindo maior resistência flexural e previsibilidade do que quando obtida por estratificação (AL-TURKI *et al.*, 2020). Logo, apesar de materiais de composição semelhantes serem utilizados, o produto final apresenta propriedades mecânicas diferentes, como a tenacidade e a resistência compressiva (NAKAMURA *et al.*, 2007). Deste modo, a cerâmica feldspática usinada possui indicação para ser usada de maneira monolítica, isto é, sem a necessidade de uma infraestrutura de outro material – sendo possível planejar restaurações parciais com e sem recobrimento de cúspides e até coroas totais anteriores. Após o processo de usinagem, a restauração

pode ser limpa, polida e provada na boca do paciente, e, se necessário, uma camada de glaze pode ser aplicada para obter uma superfície mais polida e estética. Como desvantagem, a manufatura por CAD/CAM inviabiliza a aplicação de diferentes camadas de material em porções distintas da restauração, em comparação à técnica da estratificação. No entanto, é possível utilizar blocos cerâmicos para CAD/CAM com gradiente de cor e translucidez que possibilitam o planejamento de restaurações com policromatismo. Assim, estes blocos inteligentes permitem maior estética e podem ser considerados mais versáteis.

As cerâmicas feldspáticas são ácido sensíveis, ou seja, a matriz vítrea pode ser condicionada com ácido hidrófluídrico na concentração de 5 a 10%. Portanto sua cimentação é realizada com cimento resinoso (MALHEIROS *et al.*, 2013). Uma vantagem das cerâmicas feldspáticas (usinadas ou estratificadas) é a alta resistência adesiva ao cimento resinoso, devido à grande quantidade de sílica em sua composição. Assim sendo, o relato de descolamento dessas peças protéticas, quando bem planejadas e executadas, é quase inexistente.

Por fim, a cerâmica feldspática para CAD/CAM é o material que possui a maior afinidade com pigmentos extrínsecos para cerâmica e com o glaze, tendo a camada de caracterização externa retida por mais tempo em comparação com os outros materiais cerâmicos atualmente disponíveis (DAL PIVA *et al.*, 2020). No entanto, devido às forças mastigatórias serem relativamente altas, a cerâmica feldspática, mesmo que usinada, não pode ser usada em todas as situações clínicas, uma vez que é suscetível ao surgimento de trincas em regiões de elevada concentração de tensões de tração.

Dentre as marcas comerciais de cerâmicas feldspáticas CAD/CAM mais conhecidas, podemos citar os blocos: IPS ProCAD (Ivoclar Vivadent) e Vita Blocs Mark II (Vita Zahnfabrik) (Gracis *et al.*, 2015).

3.2. Cerâmicas de Leucita

No final do século XIX surgiram as próteses parciais fixas em metalo-cerâmica. Em 1950, adicionou-se leucita na formulação da cerâmica, visando aumentar o coeficiente de expansão térmica e possibilitar sua fusão com certas ligas para

confeção de coroas totais e próteses parciais fixas (GOMES *et al.*, 2008). A cerâmica com cristais de leucita foi o primeiro reforço cristalino nas cerâmicas. Com o objetivo de melhorar a resistência das cerâmicas feldspáticas, foram incorporadas partículas de leucita em sua composição (DE AQUINO *et al.*, 2020). A resistência flexural dessas cerâmicas é até três vezes superior à resistência das cerâmicas feldspáticas, ou seja, oferecem melhores qualidades mecânicas. Essa cerâmica pode ser indicada na confecção de inlays, onlays, facetas, laminados e coroas unitárias anteriores e posteriores, gerando resultados estéticos satisfatórios, devido à sua translucidez (GARCIA *et al.*, 2011). Dentre as marcas comerciais CAD/CAM mais conhecidas que usam esse material em blocos, podemos citar: IPS Empress Esthetic e IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent) (Gracis *et al.*, 2015).

3.3. Cerâmica de nano-fluorapatita

Atualmente, foi lançada no mercado uma cerâmica sintética de nano-fluorapatita, que possui as mesmas indicações das cerâmicas feldspáticas convencionais, inclusive com propriedades mecânicas semelhantes, entretanto não existe na forma de blocos CAD/CAM. É usada para a caracterização e recobrimento de vitrocerâmicas à base de dissilicato de lítio e óxido de zircônio. A fluorapatita possui características semelhantes ao tecido dentário, como opalescência, fluorescência e translucidez, oferecendo restaurações indiretas com ótimas propriedades estéticas. É considerada uma cerâmica que causa níveis pequenos de desgaste nos dentes antagonistas, podendo ser usada em pacientes com parafunção (CAMPOS *et al.*, 2011; KERMANS SHAH *et al.*, 2022). Como marcas comerciais, podemos citar: IPS e.Max Ceram, sendo uma cerâmica estratificada e a cerâmica para injeção IPS e.Max ZirPress, ambas complementam o sistema e.Max da Ivoclar Vivadent (Gracis *et al.*, 2015).

Esta cerâmica contém cristais de nano-fluorapatita, demonstrando uma estrutura cristalina modelada tal como a de dentes vitais. As propriedades ópticas são controladas pelos cristais de nano-fluorapatita na gama de tamanhos de 100–300 nm e cristais de micro-fluorapatita com um comprimento de 1–2 µm (Ivoclar Vivadent AG, Schaan/Liechtenstein).

3.4. Dissilicato de Lítio

As cerâmicas sintéticas cujo conteúdo cristalino é composto de dissilicato de lítio com grande quantidade ($\approx 70\%$) é um material com ótimas propriedades estéticas e mecânicas. Estudos apontam um bom desempenho mecânico, principalmente em relação às cerâmicas feldspáticas e cerâmicas híbridas, apresentando maior resistência à fratura e flexão quando comparado a esses materiais (BELLI; PETSCHLT; LOHBAUER, 2013; LAN *et al.*, 2022; HE *et al.*, 2011; SAHEB; GITI; SHERAFATI, 2022; SONG; REN; YIN, 2016; STAWARCZYK *et al.*, 2013). Entretanto, foi detectado uma menor resistência ao desgaste em comparação à zircônia por conta da sua menor dureza, maior suscetibilidade ao crescimento lento de trincas, menor limiar de fadiga e desgaste por corrosão (SCOTTI *et al.*, 2021). Mesmo com grande quantidade de conteúdo cristalino, esta cerâmica alcança ótima estética, podendo ser utilizada para confecção de coroas monolíticas.

As vitrocerâmicas de dissilicato de lítio monolíticas são uma ótima escolha principalmente para restaurações de dentes anteriores devido às suas propriedades ópticas adequadas para um bom resultado estético (GUESS *et al.*, 2010; SCHULTHEIS *et al.*, 2013). A maior translucidez do dissilicato de lítio pode ser explicada pela combinação de uma matriz vítrea e uma fase cristalina controlada (SCOTTI *et al.*, 2016; VAN NOORT; BARBOUR, 2014; ZADEH *et al.*, 2018).

Dentre as cerâmicas ácido-sensíveis (todas as que contêm matriz vítrea na composição), as de dissilicato de lítio são as que possuem maior resistência flexural (360-400MPa). Sendo assim, a combinação entre adesividade ao substrato cerâmico e boa resistência flexural entre os sistemas vítreos, favorece a indicação do sistema cerâmico de dissilicato de lítio (ex. IPS e.Max CAD – Ivoclar vivadent e Rosetta SP/SM) para resolução estética de casos envolvendo coroas totais em dentes anteriores e posteriores, laminados cerâmicos, fragmentos cerâmicos, confecção de endocrown e coroas unitárias implanto-suportadas, apresentando bom desempenho clínico, boa estética e durabilidade, além de uma alta taxa de sobrevida (BAIG *et al.*, 2021; BAJUNAID *et al.*, 2021; BASSIR; LABIBZADEH; MOLLAVERDI, 2013; CORBANI *et al.*, 2021; DAMMASCHKE *et al.*, 2013; EL-MA'AITA *et al.*, 2022; SAHEBI; GITI; SHERAFATI, 2022).

Portanto, a escolha correta do material cimentante e a técnica de cimentação adesiva influenciam na longevidade das restaurações (JOHNSON *et al.*, 2018; KANDIL *et al.*, 2019; MENEES *et al.*, 2014; VENTURINI *et al.*, 2018). Além do processo de cimentação, outro fator importante para a longevidade da peça é o preparo que deverá ser feito no dente, Faruqi *et al.* (2022) relataram que o melhor tipo de preparo para esse material foi o em chanfro, pois foi encontrado um valor de GAP menor quando comparado com a técnica em ombro.

Tradicionalmente as restaurações de dissilicato de lítio eram confeccionadas pela técnica da cera perdida, atualmente as técnicas de desenho e fabricação assistida por computador (CAD/CAM) permitiram a produção através do escaneamento e fresagem (SCOTTI *et al.*, 2021). Entretanto, apesar de suas vantagens, uma investigação de Anadioti *et al.* (2014), avaliou o ajuste marginal do dissilicato de lítio prensado e fresado por CAD/CAM, onde foi encontrado um melhor ajuste marginal e adaptação para coroas confeccionadas por prensagem. Da mesma forma, uma análise detalhada do espaço marginal entre as restaurações de dissilicato de lítio prensado e as fabricadas com técnicas de fabricação CAD/CAM, observou que os espaços marginais nas restaurações de dissilicato de lítio prensado eram muito menores do que os da tecnologia CAD/CAM (MOUNAJJED; LAYTON; AZAR, 2016).

3.5. Silicato de Lítio reforçado por Zircônia

O dissilicato de lítio, como exposto acima, vem sendo muito utilizado na Odontologia para confecção de restaurações indiretas, sendo assim, uma nova versão desse material foi criada, sendo lançado o silicato de lítio reforçado com zircônia (ZLS) (ALDEGHEISHEM *et al.*, 2017; AZIZ; EL-MOWAFY; PAREDES, 2020). Esse material possui cristais de silicato de lítio em matriz vítrea combinada com cristais de zircônia que atuam oferecendo maior resistência à fratura através da inibição de trincas (BANH *et al.*, 2021; ZARONE *et al.*, 2019, 2021).

A quantidade e composição da fase vítrea na microestrutura da cerâmica influencia nas suas propriedades mecânicas. Com base no conteúdo cristalino, quanto maior for, maior a capacidade do material de resistir à fadiga (BELLI; PETSCHULT; LOHBAUER, 2013; RAMOS *et al.*, 2016; WENDLER *et al.*, 2017). Estudos mostram que quando comparado com a leucita, cerâmica infiltrada por

polímero (PICN), cerâmica feldspática e zircônia, a maior translucidez e opalescência foram encontradas em ZLS, possuindo características condizentes com o esmalte e dentina. É uma ótima escolha que oferece benefícios estéticos por conta da sua fase vítrea e resistência mecânica devido aos cristais de zircônia (CHO; LEE, 2009; JUNTAVEE; ATTASHU, 2018).

Ao selecionar o material, a microdureza deve ser considerada para observarmos o desgaste que este material sofrerá. O silicato de lítio reforçado com zircônia possui características de desgaste semelhante às das vitrocerâmicas tradicionais (dissilicato de lítio e leucita), o desgaste e perda volumétrica desses materiais são semelhantes entre si e ao esmalte humano (ÇAKMAK *et al.*, 2021). Ou seja, ele possui excelentes propriedades mecânicas. Em termos de adaptação é semelhante à zircônia, possuindo uma boa adaptação marginal (SADEQI; BAIG; AL-SHAMMARI, 2021).

O ZLS tem as mesmas indicações do dissilicato de lítio, entregando bons resultados (ABOUSHELIB; ELMAHY; GHAZY, 2012; BEIER *et al.*, 2012; MARIMOTO *et al.*, 2016). Quanto ao preparo do dente natural, há indícios de que a melhor adaptação, indicando um menor GAP, é o obtido pelo preparo em chanfro (BAIG *et al.*, 2021). Dentre as marcas comerciais em bloco, podemos citar: Suprinity (VITA) e Celtra Duo (DENSTSPPLY).

3.6. Zircônia

Os sistemas cerâmicos de zircônia tradicional são compostos por policristais de zircônia estabilizados com 3%mol de ítria (3Y-TZP) e possuem ótimas propriedades mecânicas. São altamente opacos e por isso podem mascarar colorações escuras presentes nos dentes. Entretanto, a opacidade é problemática quando consideramos o dente natural que não possui tanta opacidade, portanto não ocorre a mimetização com naturalidade e por isso esse tipo de zircônia necessita de uma cerâmica de cobertura (ALANIZ *et al.*, 2009; ZHANG, 2014). Essa combinação, apesar de trazer a estética da restauração, aumenta a probabilidade de lascamentos do material. Para solucionar esse problema foram realizadas alterações na composição tradicional, sendo desenvolvidas as zircônias monolíticas.

Ao adicionar um maior conteúdo de ítria foi possível o desenvolvimento de zircônias monolíticas com propriedades de translucidez (DENRY; KELLY, 2014; KIM et al., 2013). Atualmente, diversos tipos de zircônia estão disponíveis no mercado odontológico, as quais variam entre si em termos de resistência e translucidez: zircônia tetragonal tradicional (opaca), com faixa de resistência de 900 MPa a 1.200 MPa; zircônia de alta translucidez (HT), com 900 MPa a 1.200 MPa; e zircônia cúbica ultratranslúcida (UT), com 500 MPa a 800 MPa. Esta última geração de zircônia (ex: Lava Esthetic/3M, Prettau Anterior/Zirkonzahn) se destaca pelo elevado grau de translucidez, podendo ser utilizada para confecção de coroas unitárias anteriores e posteriores, próteses fixas de até três elementos, inlays/onlays e até mesmo facetas laminadas e lentes de contato cerâmicas (SOUZA et al., 2018). A grande vantagem desses materiais é a possibilidade de obter estética e resistência com pouca espessura, isto é, com pouco desgaste do elemento dentário (0,3-0,5 mm para as cerâmicas de zircônia HT e 0,3-0,8 mm para as UTs) em relação às cerâmicas de dissilicato de lítio. Além disso, elimina-se a fratura da cerâmica de cobertura, já que toda a prótese é confeccionada em zircônia pura.

Para alcançar a translucidez adequada, a microestrutura da zircônia foi modificada. Na zircônia convencional, 0,5-1% do seu peso é alumina e 3-6% é óxido de ítria. Por outro lado, a zircônia translúcida tem 0,11% a 0,26% de alumina e uma concentração de ítria próxima a 12%. A alumina atua como centros de dispersão de luz devido ao diferente índice de refração, reduzindo a translucidez da zircônia (SULAIMAN et al., 2015). Além disso, a quantidade de zircônia na fase tetragonal foi reduzida e uma maior quantidade de zircônia cúbica foi incorporada, permitindo assim uma transmissão mais uniforme da luz através do material (ZHANG, 2014). Fatores como porosidade e tamanho de grão também afetam a translucidez da zircônia.

É evidente que a zircônia UT ainda é menos translúcida do que uma cerâmica feldspática. No entanto, pode ser alcançada uma elevada translucidez nas próteses de zircônia quando são confeccionadas em pequena espessura, como no caso de lentes de contato com espessura de 0,3 mm. As restaurações monolíticas de zircônia são altamente biocompatíveis e sua característica de resistência à abrasão se assemelha aos dos dentes naturais (BATSON et al., 2014;

MARCHACK *et al.*, 2011). Por incrível que pareça, são os materiais menos abrasivos disponíveis, causando um menor desgaste nos dentes antagonistas (LAWSON *et al.*, 2014; NAKASHIMA *et al.*, 2016). Além disso possuem boas propriedades mecânicas e uma estética melhorada quando comparada à zircônia tradicional (ALANIZ *et al.*, 2009; ZHANG, 2014). Com relação à resistência à flexão, a zircônia monolítica é o material monolítico mais forte disponível (KWON; PARK; HAN, 2018).

Outro ponto favorável é que mesmo a zircônia sendo altamente translúcida, ainda proporciona um mascaramento adequado da coloração do substrato dentário (DOTTO *et al.*, 2021). Um ponto desfavorável para esses materiais é que devido às alterações realizadas na composição da zircônia tradicional para deixá-la com maior translucidez, há uma redução na resistência à flexão e tenacidade à fratura (MATSUZAKI *et al.*, 2015; ZADEH *et al.*, 2018). Portanto, quanto mais translúcida for a zircônia, menor resistência ela terá (ZHANG *et al.*, 2016).

A longevidade das coroas monolíticas de zircônia também é afetada pelos princípios do preparo dentário. As zircônias monolíticas possuem *gap* marginal médio abaixo de 0.05 mm, sendo menor do que o *gap* marginal médio das zircônias tradicionais que é acima de 0.3 mm, indicando melhor ajuste. Os preparos em chanfro foram os que demonstraram melhores níveis de adaptação (FARUQI *et al.*, 2022). As restaurações monolíticas desse material também possibilitam a realização de um preparo dentário com menor desgaste e quanto menor for a retirada de estrutura dental, maior será sua resistência final (GUNGE *et al.*, 2018; SAKAGUCHI; POWERS, 2012).

Por ser um material policristalino, ou seja, composto basicamente por cristais, é considerada uma cerâmica ácido resistente, não sendo possível a realização do condicionamento ácido (MALHEIROS *et al.*, 2013). Sua cimentação pode ser feita com cimentos de fosfato zinco ou de ionômero de vidro modificado. O uso de cimentos resinosos oferece propriedades importantes como insolubilidade e resistência à abrasão, assim diminuindo a ocorrência de cáries secundárias (DE OYAGÜE *et al.*, 2009). Atualmente pode ser feito o jateamento da peça cerâmica com partículas de óxido de alumínio (50 µm), ou o jateamento com óxido de sílica (silicatização), o que proporcionam um aumento de rugosidades na superfície, seguido da silanização, possibilitando o uso de cimentos resinosos nessas

cerâmicas (ABOUSHLIB, 2012). Outra possibilidade é a aplicação de primers específicos para zircônia e/ou de cimentos resinosos contendo monômeros fosfatados, ou seja, os que contêm o monômero MDP (*10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate*) na composição, possibilitando uma união química com a superfície da zircônia.

3.7. Cerâmicas de Matriz Resinosa (Cerâmica infiltrada por polímero)

Devido à tendência de se usar peças monolíticas, além das cerâmicas tradicionais, hoje existe uma nova geração de materiais monolíticos CAD/CAM, que são as cerâmicas de matriz resinosa (BAIG; AKBAR; EMBAIREEG, 2021; SCOTTI *et al.*, 2021). As redes de cerâmica infiltrada por polímero (PICN) são uma classe de materiais com matriz resinosa e possui boas propriedades mecânicas e estéticas, sendo criados para combinar as propriedades mecânicas favoráveis da cerâmica com as da resina composta, oferecendo resistência à flexão e módulos elásticos que se assemelham ao da estrutura dental natural, gerando um ótimo nível de satisfação dos pacientes com o resultado final (AWADA; NATHANSON, 2015; KUNAVISARUT *et al.*, 2022; SPITZNAGEL *et al.*, 2020). As cerâmicas infiltradas por polímero foram desenvolvidas em 2013, com o nome comercial Vita Enamic (Vita Zahnfabrik). Este material consiste em uma fina estrutura sinterizada de cerâmica feldspática enriquecida com óxido de alumínio (86% em peso: 58-63% SiO₂ e 20-23% Al₂O₃) contendo poros, os quais são totalmente infiltrados por uma fase orgânica de polímero (14% em peso) de UDMA e TEGDMA (SIEPER *et al.*, 2017).

Enquanto a rede cerâmica porosa tem resistência de 135 MPa e o polímero abaixo de 30 MPa, a Vita Enamic tem resistência de 160 MPa (COLDEA *et al.*, 2013). As principais vantagens deste material em relação às cerâmicas vítreas são: menor friabilidade; dureza mais baixa; e resposta mecânica semelhante ao do esmalte (HE; SWAIN, 2011). A Vita Enamic é uma cerâmica ácido-sensível, cujo tratamento de superfície prévio à cimentação adesiva é o condicionamento com ácido hidrofúorídrico 5-10% seguido da silanização. Não deve ser sinterizada após usinagem, podendo ser polida manualmente e caracterizada com pigmentos de

resina composta. Embora não existam dados clínicos sobre este tipo de material, estudos laboratoriais relatam que a Vita Enamic possui uma excelente resistência ao desgaste, baixo módulo de elasticidade e boas características estéticas, além de melhor facilidade na usinagem e menor risco de *chipping*, quando comparada às cerâmicas de dissilicato de lítio. Sendo assim, é uma alternativa às cerâmicas e resinas compostas tradicionais (EL ZHAWI *et al.*, 2016; CHAVALI *et al.*, 2017; RAMOS *et al.*, 2016).

Clinicamente, é indicada para inlays, onlays, coroas unitárias anteriores e posteriores, facetas laminadas/lentes de contato dentais (AWADA; NATHANSON, 2015; POROJAN; VASILIU; POROJAN, 2022; SHIMANE *et al.*, 2010). Além disso, as cerâmicas de matriz resinosa (sejam híbridas ou nanohíbridas) apresentam propriedades químicas que favorecem seu uso em restaurações monolíticas adesivas (SCOTTI *et al.*, 2021).

Entretanto, apesar de suas propriedades mecânicas serem favoráveis, estudos mostram que esses materiais são menos resistentes do que a maioria das cerâmicas tradicionais, possuindo maior resistência apenas quando comparado à cerâmica feldspática. Além disso, ainda faltam estudos com informações sobre a adaptação marginal e interna das cerâmicas de matriz resinosa (BABIOLAKIS; OWEN, 2020; DAUTI *et al.*, 2020; HASANZADE; MOHARRAMI; ALIKHASI, 2020).

3.8. Resinas nanocerâmicas

A geração mais recente de blocos de resina nanocerâmica (ex: Lava Ultimate/3M e Cerasmart/GC), apesar do nome, não são cerâmicas, e sim resinas densamente preenchidas com partículas polimerizadas a alta temperatura e pressão. De acordo com Curran *et al.* (2017), o Lava Ultimate é composto por 20% de matriz resinosa altamente reticulada reforçada por 80% de partículas de nanozircônia, compostas por nanopartículas de sílica dispersa (20 nm) e zircônia (4-11 nm), bem como por grupos de nanopartículas de sílica/zircônia (0,6-10 nm). Embora a quantidade de carga (80%) dos blocos de resina nanocerâmica seja semelhante à quantidade de cerâmica infiltrada por polímero, suas propriedades elásticas e seu comportamento mecânico são diferentes.

Segundo o fabricante, este material apresenta alta resistência mecânica (200 MPa), baixo módulo de elasticidade, capacidade de absorver mais as cargas mastigatórias em relação às cerâmicas, boas propriedades ópticas, facilidade de usinagem, ajuste e repolimento, boa resistência ao desgaste e à pigmentação, menor desgaste do antagonista, comparado às cerâmicas vítreas, além de não necessitar ser levado ao forno após usinagem. Como é um material resiliente, é resistente à fratura e ao *chipping* durante a usinagem (CHAVALI *et al.*, 2017).

No que diz respeito ao tratamento de superfície do Lava Ultimate previamente à cimentação adesiva, o jateamento com partículas de óxido de alumínio (50 µm) ou a silicatização (Cojet/3M) seguida da silanização são os tratamentos mais indicados para inlays, onlays e facetas laminadas/lentes de contato dentais. No passado, também era considerado para confecção de coroas totais, entretanto, recentemente alguns episódios de deslocamento foram relatados, fazendo com que a empresa retirasse esta indicação do material. Como o material é resiliente, uma deformação elástica ocorre dentro do material e essa concentração de tensões pode ser transferida para a camada de adesivo, levando aos episódios de descolamento (SHETTY *et al.*, 2015).

4 DISCUSSÃO

As cerâmicas odontológicas demonstram ótimo desempenho quando usadas em restaurações indiretas. Seu uso associado com a tecnologia CAD/CAM possibilitou a diminuição de sessões clínicas, além de trazer benefícios como conforto para o paciente, com redução de tempo clínico (CHRISTENSEN, 2009). Em relação ao ajuste marginal de restaurações produzidas pelo sistema CAD/CAM, alguns estudos *in vitro* mostraram adaptação marginal melhor do que nas restaurações produzidas com técnicas convencionais (AREZOOBAKHSI *et al.*, 2020; MORSY *et al.*, 2021; SU; SUN, 2016).

Devido sua alta demanda, cada vez mais materiais cerâmicos são criados e aperfeiçoados para uma melhor performance. Atualmente é visto que o uso de restaurações cerâmicas monolíticas oferece vantagens na qualidade da peça (BELL; PETSCHLT; LOHBAUER, 2013; SILVA *et al.*, 2017; ZAHRAN *et al.*, 2008; ZHAO *et al.*, 2012). Os materiais monolíticos usados no sistema CAD/CAM pesquisados foram: cerâmica feldspática, dissilicato de lítio, leucita, silicato de lítio reforçado por zircônia, zircônia HT e UT, cerâmicas de matriz resinosa e resinas nanocerâmicas.

A cerâmica feldspática se apresenta como uma opção extremamente estética, devido à predominância de fase vítrea, porém com baixa resistência mecânica, sendo indicada principalmente para uso em regiões anteriores (GUESS *et al.*, 2010; NEJATIDANESH *et al.*, 2018; SCHULTHEIS *et al.*, 2013). Outras cerâmicas altamente estéticas são as de leucita e de fluorapatita. Estes cristais são comumente inseridos na composição das cerâmicas com o objetivo de aumentarem a resistência mecânica desses materiais (Gracis *et al.*, 2015). Na maioria das vezes, são utilizadas como materiais de cobertura de *copings* e não como materiais monolíticos. A cerâmica de fluorapatita possui características muito semelhantes ao do dente natural e por isso, reproduz uma estética muito satisfatória (CAMPOS *et al.*, 2011; KERMANSHAH *et al.*, 2022).

O dissilicato de lítio, apesar de ter fase vítrea na sua composição, exibe um alto conteúdo cristalino, o que lhe proporciona uma resistência flexural muito satisfatória, em torno de 400 MPa, entretanto, preserva propriedades ópticas muito boas, o que lhe confere muita versatilidade na sua utilização. As indicações mais encontradas para esse material são restaurações indiretas anteriores e posteriores,

facetadas laminadas de porcelana, confecção de endocrown e coroas unitárias implanto-suportadas, apresentando bom desempenho clínico, boa estética, durabilidade, além de uma alta taxa de sobrevida (BAIG *et al.*, 2022; BAJUNAID *et al.*, 2021; BASSIR; LABIBZADEH; MOLLAYERDI, 2013; CORBANI *et al.*, 2021; DAMMASCHKE *et al.*, 2013; EL-MA'AITA *et al.*, 2022; SAHEBI; GITI; SHERAFATI, 2022). Estudos também observaram que este material oferece um ajuste marginal mais adequado quando confeccionado através da técnica de prensagem em comparação à técnica de fresagem pelo sistema CAD/CAM.

O silicato de lítio reforçado por zircônia é um material relativamente novo que tem como finalidade fundir as vantagens estéticas do silicato de lítio com a resistência mecânica da zircônia (BANH *et al.*, 2021; ZARONE *et al.*, 2019, 2021). O material apresentou ótimo desempenho clínico podendo ser indicado para áreas anteriores e posteriores (ABOUSHELIB; ELMAHY; GHAZY, 2012; BEIER *et al.*, 2012; MORIMOTO *et al.*, 2016).

A zircônia é um material muito indicado em dentes posteriores, devido sua alta resistência mecânica, porém é extremamente opaco, não entregando uma estética satisfatória (ALANIZ *et al.*, 2009; ZHANG, 2014), além dos altos índices de lascamentos envolvendo *copings* de zircônia em multicamada (GUESS *et al.*, 2013). Devido às necessidades clínicas de materiais resistentes associados à uma estética adequada, foram realizadas modificações na sua composição convencional para resultar em zircônias com teor de translucidez, que são as zircônias monolíticas HT e UT (DENRY; KELLY, 2014; KIM *et al.*, 2013). Esses materiais possuem estética satisfatória e boa resistência, além de excelentes taxas de sobrevida e baixos níveis de complicações (ALANIZ *et al.*, 2009; ZHANG, 2014). Além disso, ao contrário do dissilicato de lítio, foi relatado um melhor ajuste desse material quando confeccionado com o sistema de fresagem CAD/CAM (FARUQI *et al.*, 2022).

Recentemente foram desenvolvidas as cerâmicas de matriz resinosa que combinam as vantagens da cerâmica com as da resina. Porém, apesar de suas propriedades mecânicas serem favoráveis, esses materiais se mostraram menos resistentes do que a maioria das cerâmicas tradicionais, possuindo maior resistência apenas quando comparado à cerâmica feldspática (BABIOLAKIS; OWEN, 2020; DAUTI *et al.*, 2020; HASANZADE; MOHARRAMI; ALIKHASI, 2020). Podem ser infiltradas por polímeros (cerâmicas híbridas) ou na forma de resinas nanocerâmicas.

As nanocerâmicas não são cerâmicas mas sim, resinas compostas com alto conteúdo de partículas inorgânicas, apresentando alta resistência mecânica, baixo módulo de elasticidade, capacidade de absorver mais as cargas mastigatórias em relação às cerâmicas, boas propriedades ópticas, facilidade de usinagem, ajuste e repolimento, boa resistência ao desgaste e à pigmentação e menor desgaste do antagonista. Como é um material resiliente, é resistente à fratura e ao *chipping* durante a usinagem (CHAVALI *et al.*, 2017; Gracis *et al.*, 2015).

Como exposto, existe uma gama enorme de materiais monolíticos obtidos pelo sistema CAD/CAM. É importante que o cirurgião-dentista conheça as propriedades, vantagens e desvantagens de cada sistema, ponderando suas indicações e contra-indicações. Aspectos como a seleção do material de cimentação, cor do substrato e as propriedades ópticas do material são de grande influência no resultado final da restauração e na sua longevidade (MANZIUC *et al.*, 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cerâmicas odontológicas estão em constante evolução, com o objetivo de se obter alta performance. Assim, os materiais monolíticos obtidos pelo sistema CAD/CAM foram desenvolvidos para oferecer uma melhor adaptação e durabilidade das peças, com ótimas taxas de sobrevida e redução de tempo clínico e laboratorial, oferecendo ao paciente conforto, sessões clínicas mais curtas e restaurações de qualidade superior aos sistemas convencionais. Todos os materiais citados nesta revisão apresentaram vantagens e desvantagens, cabendo ao profissional selecionar o melhor material para cada situação clínica em específico, levando em conta os prós e contras de cada um.

REFERÊNCIAS

1. ABOUSHELIB, M. N.; ELMAHY, W. A.; GHAZY, M. H. Internal adaptation, marginal accuracy and microleakage of a pressable versus a machinable ceramic laminate veneers. **Journal of Dentistry**, v. 40, n. 8, p. 670-677, 2012.
2. ALANIZ, J. E. *et al.* Optical properties of transparent nanocrystalline yttria stabilized zirconia. **Optical Materials**, v. 32, n. 1, p. 62-68, 2009.
3. ALDEGHEISH, A. *et al.* Success and survival of various types of all-ceramic single crowns: A critical review and analysis of studies with a mean follow-up of 5 years or longer. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 30, n. 2, p. 168-181, 2017.
4. AL-TURKI, L. *et al.* Repair bond strength of dental computer-aided design/computer-aided manufactured ceramics after different surface treatments. **J Esthet Restor Dent**, v. 32, n. 7, p. 726-33, 2020.
5. ANADIOTI, E. *et al.* 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. **Journal of Prosthodontics**, v. 23, n. 8, p. 610-617, 2014.
6. AREZOBAKHS, A. *et al.* Comparison of marginal and internal fit of 3-unit zirconia frameworks fabricated with CAD-CAM technology using direct and indirect digital scans. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 123, n. 1, p. 105-112, 2020.
7. AWADA, A.; NATHANSON, D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 114, n. 4, p. 587-593, 2015.
8. AZIZ, A.; EL-MOWAFY, O.; PAREDES, S. Clinical outcomes of lithium disilicate glass-ceramic crowns fabricated with CAD/CAM technology: A systematic review. **Dental and Medical Problems**, v. 57, n. 2, p. 197-206, 2020.
9. BABIOLAKIS, G. P.; OWEN, C. P. The effect of off-axis seating on the marginal adaptation of full coverage all ceramic crowns. **South African Dental Journal**, v. 75, n. 6, p. 303-310, 2020.
10. BAIG, M. R. *et al.* Evaluation of marginal and internal fit of a CAD/CAM monolithic zirconia-reinforced lithium silicate porcelain laminate veneer system. **Journal of Prosthodontics**, v. 31, n. 6, p. 502-511, 2022.

11. BAIG, M. R.; AKBAR, A. A.; EMBAIREEG, M. Effect of finish line design on the fit accuracy of CAD/CAM monolithic polymer-infiltrated ceramic-network fixed dental prostheses: an in vitro study. **Polymers**, v. 13, n. 24, p. 4311, 2021.
12. BAJUNAID, S. O. *et al.* Influence of type of final restoration on the fracture resistance and fracture mode of endodontically treated premolars with occluso-mesial cavities. **The Saudi Dental Journal**, v. 33, n. 6, p. 316-321, 2021.
13. BANH, W. *et al.* Longevity of polymer-infiltrated ceramic network and zirconia-reinforced lithium silicate restorations: a systematic review and meta-analysis. **Materials**, v. 14, n. 17, p. 5058, 2021.
14. BASSIR, M. M.; LABIBZADEH, A.; MOLLAYERDI, F. The effect of amount of lost tooth structure and restorative technique on fracture resistance of endodontically treated premolars. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 16, n. 5, p. 413, 2013.
15. BATSON, E. R. *et al.* Clinical outcomes of three different crown systems with CAD/CAM technology. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 112, n. 4, p. 770-777, 2014.
16. BEIER, U. S. *et al.* Clinical performance of porcelain laminate veneers for up to 20 years. **International Journal of Prosthodontics**, v. 25, n. 1, p. 79-85, 2012.
17. BELLI, R.; PETSCHLT, A.; LOHBAUER, U.. Thermal-induced residual stresses affect the fractographic patterns of zirconia-veneer dental prostheses. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 21, p. 167-177, 2013.
18. ÇAKMAK, G. *et al.* Effect of surface treatments on wear and surface properties of different CAD-CAM materials and their enamel antagonists. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, In press, 2021.
19. CAMPOS, Roberto Elias *et al.* In vitro study of fracture load and fracture pattern of ceramic crowns: a finite element and fractography analysis. **Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry**, v. 20, n. 6, p. 447-455, 2011.
20. CHAVALI, Ramakiran; NEJAT, Amir H.; LAWSON, Nathaniel C. Machinability of CAD-CAM materials. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 118, n. 2, p. 194-199, 2017
21. CHO M. S.; YU, B.; LEE, Y. K. Opalescence of all-ceramic core and veneer materials. **Dental Materials**, v. 25, n. 6, p. 695-702, 2009.

22. CHRISTENSEN, G. J. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. **The Journal of the American Dental Association**, v. 140, n. 10, p. 1301-1304, 2009.
23. COLDEA, Andrea; SWAIN, Michael V.; THIEL, Norbert. In-vitro strength degradation of dental ceramics and novel PICN material by sharp indentation. **Journal of the mechanical behavior of biomedical materials**, v. 26, p. 34-42, 2013.
24. CORBANI, K. *et al.* Fracture resistance of three-unit fixed dental prostheses fabricated with milled and 3D printed composite-based materials. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 22, n. 9, p. 985-990, 2021.
25. CURRAN, Philippe *et al.* Grinding damage assessment for CAD-CAM restorative materials. **Dental Materials**, v. 33, n. 3, p. 294-308, 2017.
26. DAL PIVA, A. M.O. *et al.* Three-body wear effect on different CAD/CAM ceramics staining durability. **J Mech Behav Biomed Mater**, v. 103:103579, 2020.
27. DAMMASCHKE, T. *et al.* Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: a retrospective study. **Australian Endodontic Journal**, v. 39, n. 2, p. 48-56, 2013.
28. DAUTI, R. *et al.* Influence of two different cement space settings and three different cement types on the fit of polymer-infiltrated ceramic network material crowns manufactured using a complete digital workflow. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, n. 6, p. 1929-1938, 2020.
29. DAVIDOWITZ, Gary; KOTICK, Philip G. The use of CAD/CAM in dentistry. **Dental Clinics**, v. 55, n. 3, p. 559-570, 2011.
30. DE AQUINO, José Milton *et al.* Cerâmicas odontológicas: Uma revisão de literatura. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 40, p. e2416-e2416, 2020.
31. DE OYAGÜE, Raquel Castillo *et al.* Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. **Dental materials**, v. 25, n. 2, p. 172-179, 2009.
32. DENRY, I.; KELLY, J. R. Emerging ceramic-based materials for dentistry. **Journal of Dental Research**, v. 93, n. 12, p. 1235-1242, 2014.
33. DOTTO, L. *et al.* Layering of discolored substrates with high-value opaque composites for CAD-CAM monolithic ceramics. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 126, n. 1, p. 128. e1-128. e6, 2021.

34. EL ZHAWI, Haifa et al. Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue fracture and wear. **Dental Materials**, v. 32, n. 11, p. 1352-1361, 2016.
35. EL-MA'AITA, A. et al. Endocrowns clinical performance and patient satisfaction: a randomized clinical trial of three monolithic ceramic restorations. **Journal of Prosthodontics**, v. 31, n. 1, p. 30-37, 2022.
36. FARUQI, S. et al. Digital assessment of marginal accuracy in ceramic crowns fabricated with different marginal finish line configurations. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 34, n. 5, p. 789-795, 2022.
37. GARCIA, Lucas da Fonseca Roberti et al. Análise crítica do histórico e desenvolvimento das cerâmicas odontológicas. **RGO. Revista Gaúcha de Odontologia (Online)**, v. 59, p. 67-73, 2011.
38. GEHRT, M. et al. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. **Clinical Oral Investigations**, v. 17, n. 1, p. 275-284, 2013.
39. GOMES, E. A. Ceramic in dentistry: current situation. **Cerâmica**, v. 54, p. 319-325, 2008.
40. GRACIS, Stefano et al. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. **International Journal of prosthodontics**, v. 28, n. 3, 2015.
41. GUESS, P. C. et al. Effect of core design and veneering technique on damage and reliability of Y-TZP-supported crowns. **Dental Materials**, v. 29, n. 3, p. 307-316, 2013.
42. GUESS, P. C. et al. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. **International Journal of Prosthodontics**, v. 23, n. 5, p. 434-442, 2010.
43. GUILARDI, L. F. et al. The influence of roughness on the resistance to impact of different CAD/CAM dental ceramics. **Brazilian Dental Journal**, v. 32, p. 54-65, 2022.
44. GUNGE, H. et al. Retrospective clinical evaluation of posterior monolithic zirconia restorations after 1 to 3.5 years of clinical service. **Journal of Oral Science**, v. 60, n. 1, p. 154-158, 2018.
45. HASANZADE, M.; MOHARRAMI, M.; ALIKHASI, M.. How adjustment could affect internal and marginal adaptation of CAD/CAM crowns made with different materials. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 12, n. 6, p. 344, 2020.

46. HE, Li-Hong; PURTON, David; SWAIN, Michael. A novel polymer infiltrated ceramic for dental simulation. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, v. 22, n. 7, p. 1639-1643, 2011.
47. JOHNSON, G. H. *et al.* Simplified cementation of lithium disilicate crowns: Retention with various adhesive resin cement combinations. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 119, n. 5, p. 826-832, 2018.
48. JUNTAVEE, N.; ATTASHU, S. Effect of sintering process on color parameters of nano-sized yttria partially stabilized tetragonal monolithic zirconia. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 10, n. 8, p. e794, 2018.
49. KANDIL, B. *et al.* Effect of ceramic translucency and luting cement shade on the color masking ability of laminate veneers. **Dental Research Journal**, v. 16, n. 3, p. 193, 2019.
50. KELLY, J. R.; BENETTI, P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. **Australian Dental Journal**, v. 56, p. 84-96, 2011.
51. KERMANS SHAH, Hamid *et al.* Vickers micro-hardness study of the effect of fluoride mouthwash on two types of CAD/CAM ceramic materials erosion. **BMC Oral Health**, v. 22, n. 1, p. 1-8, 2022.
52. KIM, M. J. *et al.* Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 5, n. 2, p. 161-166, 2013.
53. KUNAVISARUT, C. *et al.* Patient-reported outcome measures (PROMs) comparing digital and conventional workflows for treatment with posterior single-unit implant restorations: A randomized controlled trial. **Journal of Dentistry**, v. 117, p. 103875, 2022.
54. KWON, H. B.; PARK, Y. S.; HAN, J. S. Augmented reality in dentistry: a current perspective. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 76, n. 7, p. 497-503, 2018.
55. LAN, T. H. *et al.* Contact fracture test of monolithic hybrid ceramics on different substrates for bruxism. **Dental Materials**, v. 38, n. 1, p. 44-56, 2022.
56. LAWSON, N. C. *et al.* Wear of enamel opposing zirconia and lithium disilicate after adjustment, polishing and glazing. **Journal of Dentistry**, v. 42, n. 12, p. 1586-1591, 2014.
57. MALHEIROS, A. S.; FIALHO, F. P.; TAVAREZ, R. R. J. Cerâmicas ácido resistentes: a busca por cimentação resinosa adesiva. **Cerâmica**, v. 59, p. 124-128, 2013.

58. MANZIUC, M. M. *et al.* Color and masking properties of translucent monolithic zirconia before and after glazing. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 65, n. 3, p. 303-310, 2021.
59. MARCHACK, B. W. *et al.* Complete and partial contour zirconia designs for crowns and fixed dental prostheses: a clinical report. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 106, n. 3, p. 145-152, 2011.
60. MATSUZAKI, F. *et al.* Translucency and flexural strength of monolithic translucent zirconia and porcelain-layered zirconia. **Dental Materials Journal**, v. 34, n. 6, p. 910-917, 2015.
61. MAY, J. T. *et al.* Stepwise stress testing of different CAD-CAM lithium disilicate veneer application methods applied to lithium disilicate substructures. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, In press, 2021.
62. MENEES, T. S. *et al.* Influence of particle abrasion or hydrofluoric acid etching on lithium disilicate flexural strength. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 112, n. 5, p. 1164-1170, 2014.
63. MORIMOTO, S. *et al.* Main clinical outcomes of feldspathic porcelain and glass-ceramic laminate veneers: a systematic review and meta-analysis of survival and complication rates. **International Journal of Prosthodontics**, v. 29, n. 1, p. 38-49, 2016.
64. MORSY, N. *et al.* Fit of monolithic multilayer zirconia fixed partial dentures fabricated by conventional versus digital impression: a clinical and laboratory investigations. **Clinical Oral Investigations**, v. 25, n. 9, p. 5363-5373, 2021.
65. MOUNAJJED, R.; LAYTON, D. M.; AZAR, B. The marginal fit of E. max Press and E. max CAD lithium disilicate restorations: A critical review. **Dental Materials Journal**, v. 35, n. 6, p. 835-844, 2016.
66. Nakamura, T. *et al.* Analysis of internal defects in all-ceramic crowns using microfocus X-ray computed tomography. **Dental Materials**, v. 26, n. 4, p. 598-601, 2007.
67. NAKASHIMA J., *et al.* In vitro wear of four ceramic materials and human enamel on enamel antagonista. **Eur J Oral Sci**, v. 124, n. 3, p. 295-300, 2016.
68. NEJATIDANESH, F. *et al.* Five year clinical outcomes and survival of chairside CAD/CAM ceramic laminate veneers—a retrospective study. **Journal of Prosthodontic Research**, v. 62, n. 4, p. 462-467, 2018.

69. POROJAN, L.; VASILIU, R. D.; POROJAN, S. D. Masking abilities of dental cad/cam resin composite materials related to substrate and luting material. **Polymers**, v. 14, n. 3, p. 364, 2022.
70. RAMOS, N. C. *et al.* Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. **Dental Materials**, v. 32, n. 7, p. 870-878, 2016.
71. SADEQI, H. A.; BAIG, M. R.; AL-SHAMMARI, M. Evaluation of marginal/internal fit and fracture load of monolithic zirconia and zirconia lithium silicate (ZLS) CAD/CAM crown systems. **Materials**, v. 14, n. 21, p. 6346, 2021.
72. SAHEBI, S.; GITI, R.; SHERAFATI, A. The effect of aging on the fracture resistance of different types of screw-cement-retained implant-supported zirconia-based restorations. **Plos One**, v. 17, n. 6, p. e0270527, 2022.
73. SAKAGUCHI, R. L.; POWERS, J. M. **Craig's restorative dental materials**. St Louis: Elsevier Health Sciences, 2012.
74. SCHULTHEIS, S. *et al.* Monolithic and bi-layer CAD/CAM lithium–disilicate versus metal–ceramic fixed dental prostheses: Comparison of fracture loads and failure modes after fatigue. **Clinical Oral Investigations**, v. 17, n. 5, p. 1407-1413, 2013.
75. SCOTTI, N. *et al.* Effect of lithium disilicate veneers of different thickness on the degree of conversion and microhardness of a light-curing and a dual-curing cement. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 29, n. 4, p. 384-388, 2016.
76. SCOTTI, N. *et al.* Influence of Low-pH Beverages on the Two-Body Wear of CAD/CAM Monolithic Materials. **Polymers**, v. 13, n. 17, p. 2915, 2021.
77. SHETTY, R., *et al.* Resin-matrix ceramics – an overview. **International Journal of Recent Scientific Research**, v.6, n. 11, p. 7414-7, 2015.
78. SHIMANE, T. *et al.* Wear of opposing teeth by posterior composite resins—Evaluation of newly developed wear test methods. **Dental Materials Journal**, v. 29, n. 6, p. 713-720, 2010.
79. SIEPER, Kim; WILLE, Sebastian; KERN, Matthias. Fracture strength of lithium disilicate crowns compared to polymer-infiltrated ceramic-network and zirconia reinforced lithium silicate crowns. **Journal of the mechanical behavior of biomedical materials**, v. 74, p. 342-348, 2017.
80. SILVA, L. H. *et al.* Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. **Brazilian Oral Research**, v. 31, p. e58, 2017.

81. SONG, X. F.; REN, H. T.; YIN, L.. Machinability of lithium disilicate glass ceramic in in vitro dental diamond bur adjusting process. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 53, p. 78-92, 2016.
82. SOUZA, R. O. B. F. et al. Ultrathin monolithic zirconia veneers: reality or future? Report of a clinical case and one-year follow-up. **Operative dentistry**, v. 43, n. 1, p. 3-11, 2018.
83. SPITZNAGEL, F. A. et al. Monolithic polymer-infiltrated ceramic network cad/cam single crowns: three-year mid-term results of a prospective clinical study. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 33, p. 160-168, 2020.
84. STAWARCZYK, B. et al. Two-body wear of monolithic, veneered and glazed zirconia and their corresponding enamel antagonists. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 71, n. 1, p. 102-112, 2013.
85. SU, T. S.; SUN, J. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 116, n. 3, p. 362-367, 2016.
86. SULAIMAN, Taiseer A. et al. Degree of conversion of dual-polymerizing cements light polymerized through monolithic zirconia of different thicknesses and types. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 114, n. 1, p. 103-108, 2015.
87. VAN NOORT, R.; BARBOUR, M. **Introduction to dental materials**. London: Mosby, 2014.
88. VENTURINI, A. B. et al. Fatigue failure load of feldspathic ceramic crowns after hydrofluoric acid etching at different concentrations. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 119, n. 2, p. 278-285, 2018.
89. WEBER, Hans-Peter et al. A Systematic Review of the Clinical Performance of CAD/CAM Single-Tooth Restorations. 2009.
90. WENDLER, M. et al. Chairside CAD/CAM materials. Part 2: Flexural strength testing. **Dental Materials**, v. 33, n. 1, p. 99-109, 2017.
91. ZADEH, P. N. et al. Flexural strength, fracture toughness, and translucency of cubic/tetragonal zirconia materials. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 120, n. 6, p. 948-954, 2018.
92. ZAHRAN, M. et al. Fracture strength and fatigue resistance of all-ceramic molar crowns manufactured with CAD/CAM technology. **Journal of Prosthodontics**, v. 17, n. 5, p. 370-377, 2008.

93. ZARONE, F. *et al.* Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. **BMC Oral Health**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2019.
94. ZARONE, F. *et al.* Zirconia-reinforced lithium silicate (ZLS) mechanical and biological properties: A literature review. **Journal of Dentistry**, v. 109, p. 103661, 2021.
95. ZHANG, F. *et al.* Strength, toughness and aging stability of highly-translucent Y-TZP ceramics for dental restorations. **Dental Materials**, v. 32, n. 12, p. e327-e337, 2016.
96. ZHANG, Y. Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. **Dental Materials**, v. 30, n. 10, p. 1195-1203, 2014.
97. ZHAO, K. *et al.* Influence of veneer application on fracture behavior of lithium-disilicate-based ceramic crowns. **Dental Materials**, v. 28, n. 6, p. 653-660, 2012.