



CESPU
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Coroas CAD/CAM à base de zircónia:

Manufatura aditiva VS subtrativa

Uma revisão da sistemática integrativa

Alessandra Camila Merejildo Luna

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

Gandra, novembro de 2024

Alessandra Camila Merejildo Luna

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

Coroas CAD/CAM à base de zircónia: Manufatura aditiva VS subtrativa

Trabalho realizado sob a Orientação de Professora Doutora Carolina
Coelho

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, 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

Neste momento, a concretização do sonho de me tornar dentista tornou-se uma realidade e com ela a gratidão às pessoas que me apoiaram ao longo deste processo.

Em primeiro lugar à minha mãe que com todo o esforço do mundo decidiu realizar o meu sonho e apoiar-me com o seu amor incondicional e sendo o modelo que me motivou até hoje a tentar ser a melhor versão de mim. Ao meu pai e ao meu irmão por apoiarem nos meus objetivos e seguirem este caminho comigo, dando-me palavras de incentivo para não desistir em nenhum momento.

À minha família em geral, por ter sido o apoio de que precisei nos piores momentos, aqueles em que não acreditava que podia avançar e em que as minhas inseguranças me dominavam, conseguiram tornar o meu caminho mais claro do que eu poderia ter feito sozinha.

Aos meus amigos, que estiveram presentes quando perdi o sentido e a direção da minha vida e que, sem hesitar, me levantaram do chão e me fizeram recordar quem eu era e quem tinha esquecido.

Às pessoas que me acompanharam ao longo de todo este processo, as que ainda estão comigo e as que já não estão, porque continuarão a ser a motivação de que necessito nesse momento.

À minha orientadora, que me apoiou durante a realização desta tese e que a dada altura perdi a motivação, mas que com o seu interesse no meu progresso fez parte do despertar de que eu precisava para voltar a ser eu própria.

E, finalmente, a mim própria, que durante todo este tempo, apesar das quedas emocionais, continuei a perseguir o objetivo que me propus e que, desta vez, não vou desistir.

RESUMO

Introdução: A produção por CAD/CAM da zircónia na reabilitação oral gerou maior eficiência e precisão no início com a fabricação subtrativa. No entanto, surgiu na última década uma alternativa como opção e com sucesso chamada fabricação aditiva ou também conhecida como impressão 3D.

Objetivos: O principal objetivo deste estudo foi comparar e avaliar a eficácia clínica de coroas fresadas de zircónia com coroas impressas em 3D em peças dentárias.

Material e métodos: Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados *PubMed* (via *National Library of Medicine*) restrita aos últimos 15 anos utilizando várias combinações de palavras-chave.

Resultados: Foram encontrados 311 artigos que foram sujeitos a critérios de elegibilidade. Foram selecionados 17 artigos para serem avaliados, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Discussão: O fabrico aditivo demonstrou resultados clinicamente aceitáveis em termos de precisão, veracidade, adaptação interna, adaptação marginal, precisão e resultados estéticos. A tecnologia subtrativa têm excelentes resultados em exatidão em relação à impressão 3D, além de eficiência de tempo e custo, grande sobrevivência e resistência à fratura no setor posterior. A resistência à flexão não mostrou uma diferença significativa entre os 2 métodos.

Conclusões: No entanto, há estudos que apontam para uma certa semelhança entre os dois métodos (aditivo e subtrativo). Por conseguinte, são necessários mais estudos sobre o assunto, tanto *in vitro* como *in vivo*, para compreender melhor a diferença entre estes dois tipos de tecnologia CAM.

Palavras-chave: "zirconium"; "dental crown"; "dental prosthesis design"; "cad cam"; "material, manufactured".

ABSTRACT

Introduction: CAD/CAM production of zirconia in oral rehabilitation initially generated greater efficiency and precision with subtractive manufacturing. However, in the last decade an alternative has emerged as a successful option called additive manufacturing or also known as 3D printing.

Objectives: The main objective of this study was to compare and evaluate the clinical effectiveness of milled zirconia crowns with 3D-printed crowns in dental pieces.

Material and Methods: A bibliographic search was carried out in the PubMed database (via the National Library of Medicine) restricted to the last 15 years using various combinations of keywords.

Results: 311 articles were found and subjected to eligibility criteria. After applying the inclusion and exclusion criteria, 17 articles were selected for evaluation.

Discussion: Additive manufacturing has demonstrated clinically acceptable results in terms of precision, truthfulness, internal fit, marginal fit, precision and aesthetic results. Subtractive technology has excellent results in accuracy compared to 3D printing, as well as time and cost efficiency, great survivability and fracture resistance in the posterior sector. Flexural strength did not show a significant difference between the 2 methods.

Conclusions: However, there are studies that point to a certain similarity between the two methods (additive and subtractive). Therefore, more studies on the subject are needed, both in vitro and in vivo, to better understand the difference between these two types of CAM technology.

Keywords: *"zirconium"; "dental crown"; "dental prosthesis design"; "cad cam"; "material, manufactured".*

Índice Geral

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	5
2.1 Principal	5
2.2 Secundários	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Protocolo Desenvolvido	7
3.2 Foco da questão PICO	7
3.3 Questão PICO.....	8
3.4 Estratégia de Pesquisa	8
3.5 Termos de Pesquisa	8
3.6 Critérios de inclusão e exclusão.....	9
3.7 Seleção dos estudos.....	9
3.8 Extração de dados.....	10
4. RESULTADOS.....	13
4.1 Resultados da pesquisa	13
4.2 Características dos estudos	15
5. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÕES	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

Índice de Figuras

Figura 1 - Estratégia PICO	7
Figura 2 - Fluxograma de estratégia de pesquisa	15
Figura 3 - Diagrama classificação por tipo de estudo.....	16

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Critérios de inclusão e de exclusão	6
Tabela 2 – Resultados obtidos da pesquisa por expressão de pesquisa	9
Tabela 3 – Tabela de Resultados	12

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

- AM: Fabrico Aditivo
- BOP: Sangramento na sondagem
- CAD/CAM: Desenho assistido por computador/Fabricação assistida por computador
- CUs: Coroas unitárias
- CNC: Zircónia fresada de forma anatómica e contornada
- LD: Dissilicato de lítio
- LS2: Dissilicato de lítio, prensado a quente
- MC: Metal-cerâmica
- MG: Espaço ou gap marginal
- MZC: Coroas monolíticas de óxido de zircónio
- PICO: Paciente, Intervenção, Comparação e Resultado
- PRISMA: Itens preferidos para relatórios de revisões sistemáticas e meta-análises
- Impressão 3D: impressão tridimensional
- RMS: raiz quadrada média
- SLA: Estereolitografia
- SM: Fresagem subtrativa
- USPH: Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos
- ZR: Zircónia

1. Introdução

A decisão de optar por restaurações metalo-cerâmicas tem vindo a diminuir nos últimos anos em favor de uma opção que inclui materiais sem metal que se aproximam mais das características de um dente natural. Nesta categoria encontram-se as cerâmicas policristalinas, nas quais a zircónia, também conhecida como cerâmica tetragonal policristalina estabilizada por ítria, destaca-se indubitavelmente pela sua elevada biocompatibilidade e estética, para além das suas excelentes propriedades mecânicas como a baixa condutividade térmica, elevada dureza e possuindo a maior resistência entre os materiais cerâmicos dentários. É utilizada como um material monolítico versátil e no formato clássico que é a cerâmica de revestimento, o que permitiu construir um caminho promissor no campo da reabilitação [1, 2, 3].

Posteriormente, a criação de restaurações à base de óxido de zircónio entrou no fluxo de trabalho digital, baseado numa máquina de controlo numérico computadorizado, o que gerou, com o passar do tempo melhorias, mais eficiente em termos de tempo, menor esforço, multifuncionalidade e maior abrangência em relação ao fabrico tradicional [3]. Assim, a utilização da tecnologia CAD/CAM no domínio dentário permitiu reduzir os erros na conceção e na produção de próteses dentárias, graças à utilização de informações digitais que serão processadas pelo computador através de diferentes métodos de digitalização, passando inicialmente por um desenho digital (CAD) e, finalmente, à produção de acordo com o tipo de produção ou método de fabrico escolhido pelo operador (CAM) [4, 5, 6].

O tipo de produção mais utilizado e conhecido é o chamado fabrico subtrativo ou fresagem, em que o desenho criado será enviado para uma máquina de controlo numérico computadorizado que localizará um bloco ou disco utilizado para a produção através de um sistema de fresagem multieixos. Caracteriza-se por permitir a utilização de diferentes tipos de materiais, oferecendo um baixo custo, bem como uma baixa sensibilidade em relação ao seu fabrico, o que, em princípio, reduz a taxa de erro em relação às imperfeições. No entanto, cria uma limitação que pode gerar uma fresagem insuficiente nos materiais com maior dureza, além disso, gerar uma cor individualizada é normalmente um desafio nesta técnica [3, 4, 5].

Por outro lado, nos últimos anos, foi introduzido o fabrico aditivo, também conhecido como impressão 3D, definido pela *American Society for Testing and Material* como "o processo de fusão de materiais camada a camada, em oposição ao método de redução, para produzir o material desejado a partir dos dados de um modelo 3D" [7]. Esta técnica tem a vantagem de ter uma liberdade de desenho ilimitada, proporcionando facilidade de uso e a possibilidade de alterar a cor e os materiais em qualquer área da impressão a ser realizada. Porém, este desenho em camadas acaba afetando a textura da superfície e a precisão em relação ao tamanho desejado da prótese a ser confeccionada, e outra desvantagem notável é o custo necessário para todo o processo envolvido na confecção utilizando esta metodologia [3, 4, 5].

Dado que a tecnologia de impressão 3D só recentemente começou a tomar conta do campo da reabilitação dentária, é necessário que o Médico Dentista tenha conhecimento sobre a eficácia clínica em comparação com o método subtrativo com base na evidência científica recolhida em ambos os métodos de fabrico das coroas de zircónia obtidas por CAD/CAM.

2. Objetivos

Esta revisão sistemática integrativa tem como objetivos:

2.1 Principal

- Comparar e avaliar a eficácia clínica de coroas à base de óxido de zircónio concebidas por CAD/CAM fabricadas por método aditivo e subtrativo.

2.2 Secundários

- Conhecer a exatidão (precisão e veracidade) das coroas de zircónia impressas em 3D e fresadas
- Comparar a adaptação marginal e o ajuste interno das coroas em zircónia fabricadas pelo método aditivo e subtrativo
- Avaliar as propriedades mecânicas e estéticas das coroas em zircónia fabricadas pelos 2 métodos de CAD/CAM.
- Conhecer o desempenho clínico das coroas em zircónia confeccionadas com diferentes métodos subtrativos.

3 Material e métodos

3.1 Protocolo Desenvolvido

Para a elaboração desta revisão sistemática integrativa, foi desenvolvido um protocolo detalhado e de acordo com a declaração PRISMA (guia de referência para revisões sistemáticas).

3.2 Foco da questão PICO

Os critérios aplicados à questão PICO são:

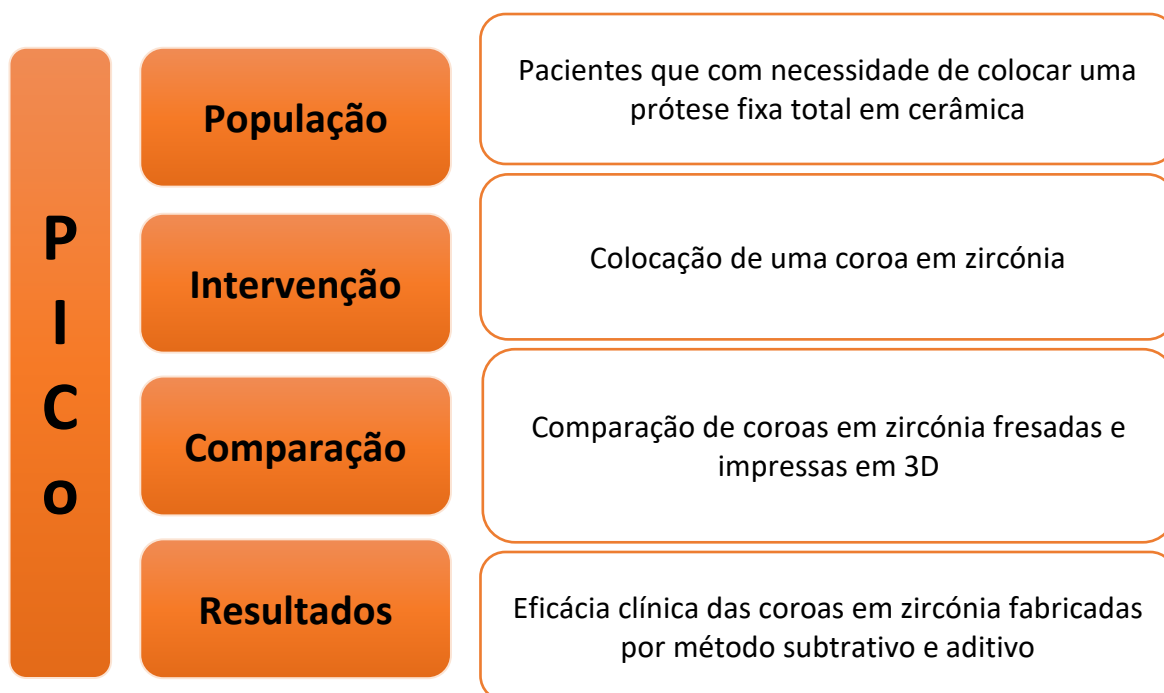


Figura 1 - Estratégia PICO

3.3 Questão PICO

Foi definida a seguinte questão norteadora de acordo com o desenho do estudo, população, intervenção, comparação e resultados:

“A eficácia clínica das coroas a base de zircónia produzidas pelo método aditivo é comparável com as coroas fabricadas por fresagem em reabilitação oral?”

3.4 Estratégia de Pesquisa

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando as bases de dados *PubMed* (via *National Library of Medicine*) entre os dias 5 de abril até maio 2023, sendo o dia 24 de maio de 2023 a data da última pesquisa.

Foi definido um período de 15 anos de inclusão dos estudos (2009 -2024).

As palavras-chave identificadas foram: "*zirconium*"; "*dental crown*"; "*dental prosthesis design*"; "*cad cam*"; "*material, manufactured*".

3.5 Termos de Pesquisa

Foi realizada a pesquisa avançada de dados na *PubMed* utilizando as seguintes conjugações de “*Mesh Terms*” e com limite temporal de 15 anos:

- ((*dental prosthesis design*[*MeSH Terms*]) AND (*zirconium*[*MeSH Terms*]) AND (*computer-aided design*[*MeSH Terms*]))
- ((*dental prosthesis design*[*MeSH Terms*]) AND (*zirconium*[*MeSH Terms*]) AND (*dental crown*[*MeSH Terms*]))
- ((*dental crown*[*MeSH Terms*]) AND (*zirconium*[*MeSH Terms*]) AND (*CAD/CAM OR computer assisted manufacturing*[*MeSH Terms*]))

- ((zirconium[MeSH Terms]) AND (material, manufactured[MeSH Terms]) (dental crown[MeSH Terms]))

3.6 Critérios de inclusão e exclusão

Todos os artigos incluídos foram lidos e avaliados individualmente segundo os critérios de inclusão e de exclusão (tabela 1).

Tabela 1 – Critérios de inclusão e de exclusão

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Artigos que especificam o tratamento utilizado para o fabrico de coroas à base de zircónia para dentes	Artigos que não mencionam o método CAD/CAM de fabrico de coroas de zircónia
Artigos publicados nos últimos 15 anos	Artigos anteriores a 2009
Artigos escritos em inglês ou português	Artigos numa língua diferente do inglês ou português
Artigos de ensaios clínicos randomizados, ensaios clínicos e estudos <i>in vitro</i>	Artigos de revisão, artigos de estudo de casos e séries de casos

3.7 Seleção dos estudos

Após a eliminação dos artigos duplicados, a etapa inicial da seleção dos artigos foi realizada por leitura dos títulos e resumos dos artigos. Estudos que não completavam os critérios de elegibilidade foram descartados. Na segunda fase da seleção foram aplicados os mesmos critérios de elegibilidade para os estudos restantes em texto completo.

3.8 Extração de dados

Foi desenvolvida uma tabela de extração de dados. Nesta tabela (Tabela 3), constam informações como nome do autor e ano de publicação, tipo de estudo, objetivos, material e métodos, parâmetros avaliados e principais resultados.

4 Resultados

4.1 Resultados da pesquisa

As expressões de pesquisa com os respectivos artigos encontrados e selecionados encontra-se representado na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados obtidos da pesquisa por expressão de pesquisa

Base de Dados	Estratégia de busca	Artigos encontrados	Artigos selecionados
<i>PubMed</i>	<i>((dental prosthesis design[MeSH Terms]) AND (zirconium[MeSH Terms]) AND (computer-aided design[MeSH Terms]))</i>	50	2
<i>PubMed</i>	<i>((dental prosthesis design[MeSH Terms]) AND (zirconium[MeSH Terms]) AND (dental crown[MeSH Terms]))</i>	73	3
<i>PubMed</i>	<i>((dental crown[MeSH Terms]) AND (zirconium[MeSH Terms]) AND (CAD/CAM OR computer assisted manufacturing[MeSH Terms]))</i>	56	8
<i>PubMed</i>	<i>((zirconium[MeSH Terms]) AND (material, manufactured[MeSH Terms]) (dental crown[MeSH Terms]))</i>	132	4

Do total de 311 artigos identificados, 213 foram eliminados por duplicidade utilizando o *Mendeley Citation Manager*. Dos restantes 98 artigos, 11 foram eliminados por não

cumprirem os critérios de inclusão. Dos 87 artigos restantes, 68 foram eliminados após a leitura do título e *abstract*, por não obedecerem aos critérios de elegibilidade. Apenas 19 artigos foram selecionados para avaliação do texto completo. Após a leitura total dos artigos apenas 17 artigos foram selecionados (Figura 2).

Foi adicionado por pesquisa manual mais 19 artigos utilizados para fundamentação teórica.

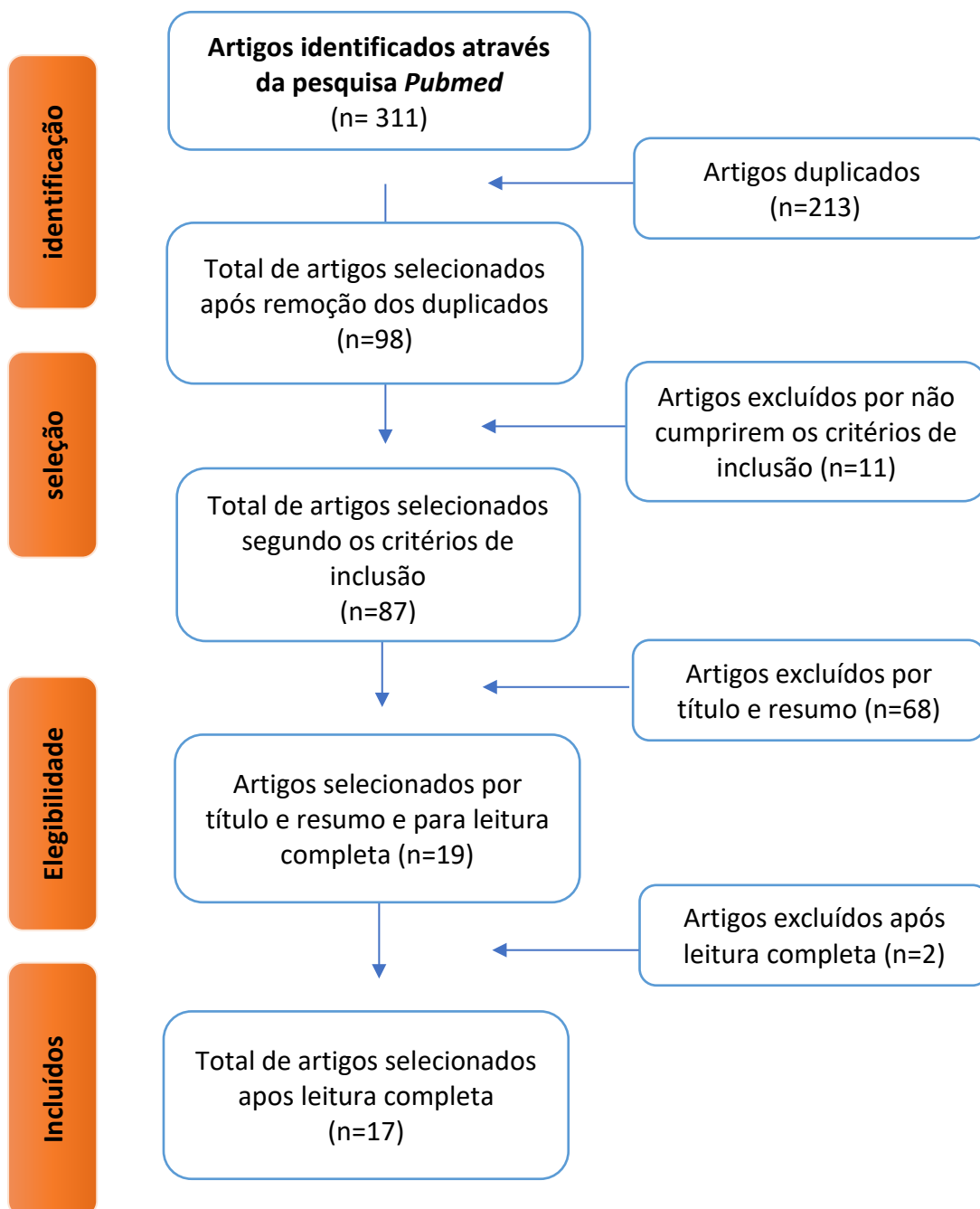


Figura 2 - Fluxograma de estratégia de pesquisa

4.2 Características dos estudos

Os estudos selecionados para responder à questão PICO são 17: 1 estudo [15] foi classificado como estudo transversal, 2 foram classificados como ensaios clínicos randomizados [20, 22], 11 foram classificados como estudos *in vitro* [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 21, 23], 1 foi classificado [17] como estudo prospectivo, 1 foi classificado [19] como retrospectivo e 1 foi classificado [14] como autocontrolado. A Figura 3 mostra a distribuição dos estudos por classificação.

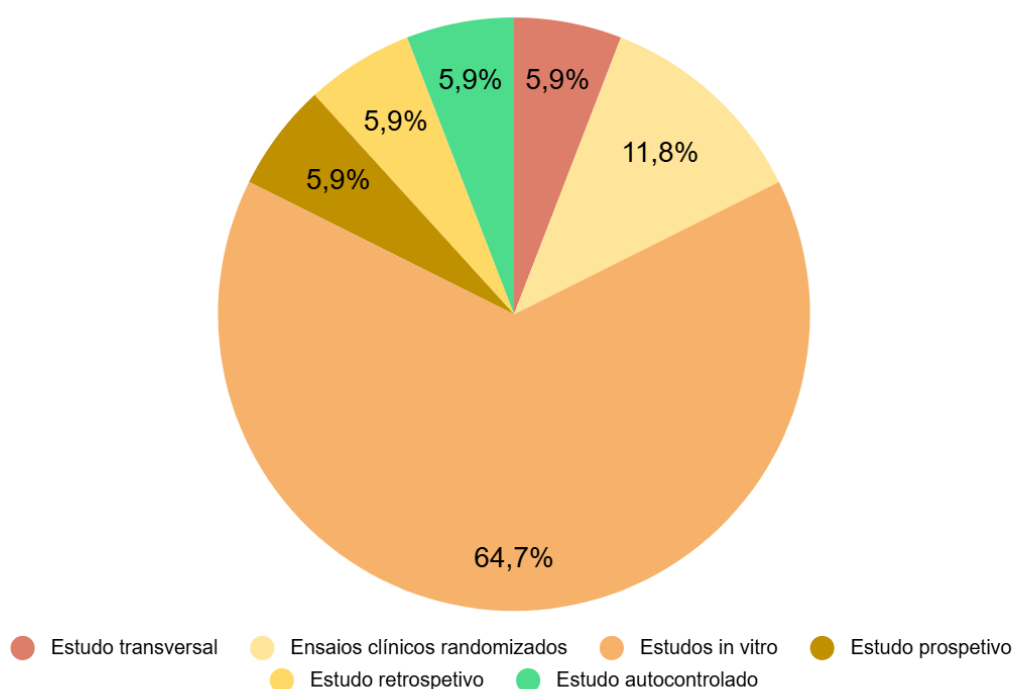


Figura 3 - Diagrama classificação por tipo de estudo

Tabela 3 – Tabela de Resultados

Autor/ano	Tipo de estudo	Objetivos	Material e métodos	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Mangano FG et al. (2024) ⁷	Estudo <i>in vitro</i>	Avaliar a veracidade, precisão, eficiência de tempo e custo de três fluxos de trabalho diferentes para o fabrico de coroas unitárias (CUs).	Com base na preparação do dente 15, foi projetada uma coroa única (n=30): G1: 10 CU impressas a partir de compósito híbrido com <i>chairside</i> aditivo. G2: 10 CU fresadas de dissilicato de lítio com <i>chairside</i> subtrativo. G3: 10 CU fresadas em zircónia realizado em laboratório com base subtrativa.	Valor médio para a veracidade marginal: G1 - 26,05 µm G2 - 46,80 µm G3 - 21,57 µm. Adaptação marginal: G1 - 4,70 µm G2 – 4,45 µm G3 – 4,75 µm Contactos oclusais: G1 – 4,70 µm G2 - 4,70 µm G3 – 4,75 µm Pontos de contacto interproximais: G1 – 4,40 µm G2 - 4,60 µm	O trabalho de laboratório aditivo (G1) e subtrativo (G3) tiveram melhores resultados no que diz respeito à veracidade marginal em comparação com o trabalho subtrativo em cadeira (G2). Não existem diferenças significativas no que diz respeito aos contactos marginais, interproximais e oclusais. A tecnologia aditiva (G1) obteve os melhores resultados em termos de eficiência do fluxo de trabalho e de custos reduzidos.

				<p>G3 – 4,70 µm</p> <p>Os valores de G3 foram mais elevados para cada parâmetro; no entanto, não se registaram diferenças significativas.</p> <p>Eficiência de tempo e análise de custos: Resultados foram mais favoráveis para o G1.</p>	
<p>Abualsau R et al. (2022)⁸</p>	<p>Estudo <i>in vitro</i></p>	<p>Comparar o ajuste interno, a adaptação marginal, a precisão e a veracidade das coroas de zircónia impressas em 3D em comparação com as fresadas.</p>	<p>Coroas em zircónia monolítica (n=20):</p> <p>G1: 10 coroas impressas em 3D (método aditivo)</p> <p>G2: 10 coroas fresadas (método subtrativo)</p> <p>A fidelidade das coroas foi avaliada pelo <i>Root means square</i> (RMS) nas áreas oclusal, axial, marginal e global.</p> <p>E a precisão através da comparação da medição obtida de uma coroa com a outra.</p>	<p>Ajuste interno (oclusal, axial, marginal e global) e adaptação marginal:</p> <p>G1: 45.67 ± 4.57 µm; 47.75± 3.16 µm; 38.26 ± 4.87 µm; 46.67± .80 µm, respetivamente.</p> <p>G2: 40,20 ± 7.96 µm; 49.23 ± 5.25 µm; 36.68 ± 6.04 µm; 44.63 ± 6.24 µm, respetivamente.</p> <p>Veracidade: Diferença significativa em oclusal, axial, marginal e global.</p> <p>G1: 8.77 ± 0.89 µm; 14.77 ± 2.03 µm; 16.35 ± 0.84 µm ; 23.90 ± 1.60 µm; 17.00 ± 0.95 µm, respetivamente.</p> <p>G2: 14.78 ± 2.23 µm; 20.37 ± 4.49 µm; 16.24 ± 4.62 µm; 20.29 ± 3.82 µm; 18.58 ± 3.03 µm, respetivamente.</p> <p>Precisão:</p> <p>Diferença significativa na exatidão em todas as áreas (oclusal, axial, marginal e global).</p>	<p>As técnicas de fabrico aditivo e subtrativo produziram coroas de zircónia com ajuste interno e adaptação marginal comparáveis.</p> <p>As coroas impressas em 3D tinham uma melhor veracidade oclusal e axial, enquanto as coroas fresadas apresentaram uma melhor veracidade na superfície interna.</p> <p>A impressão 3D produziu restaurações com mais precisão do que as efetuadas por fresagem.</p>

				<p>G1: 7.82 ± 1.06 µm; 9.60 ± 1.84 µm; 9.73 ± 0.92 µm; 10.68 ± 1.22 µm; 9.59 ± 0.75 µm respetivamente.</p> <p>G2: 13.30 ± 2.46 µm; 20.76 ± 5.62 µm; 16.84 ± 3.94 µm; 15.72 ± 2.96 µm; 17.31 ± 3.39 µm respetivamente.</p>	
Refaie A et al. (2023)⁹	Estudo <i>in vitro</i>	Avaliar e comparar o espaço marginal utilizando dois métodos diferentes e o ajuste interno de coroas de zircónia impressas em 3D e fresadas.	Preparou-se um dente pré-molar superior, fez-se uma impressão convencional e utilizou-se um <i>scanner</i> extra-oral para a transferir para o <i>software</i> CAD. As coroas de zircónia 3Y-TZP (n=20) foram fabricadas por: Grupo M: fresagem subtrativa Grupo P: impressão 3D	<p>Obteve-se a técnica do intervalo marginal vertical:</p> <p>Grupo M: 60 ± 20 µm Grupo P: 80 ± 30 µm</p> <p>Ajuste interno: O grupo P > grupo M, para as medidas MG (gap marginal), gap cervical e gap oclusal (p < 0,001), enquanto as diferenças para as medidas axiais não foram estatisticamente significativas (p > 0,05).</p> <p>Fiabilidade e correlação: Forte concordância (<i>Intra-class correlation coefficient</i>) = 0,715) e correlação positiva (rs = 0,774) entre a fenda marginal utilizando o estereomicroscópio e a fenda marginal utilizando o método da réplica de silicone (p < 0,001).</p>	As coroas de zircónia monolítica impressas em 3D podem ser consideradas uma alternativa clinicamente aceitável em termos de adaptação marginal e ajuste interno. A avaliação do espaço marginal pode ser medida com técnica do intervalo marginal vertical e o método da réplica de silicone, ambas as técnicas mostram resultados fiáveis e comparáveis.
Ioannidis A et al. (2022)¹⁰	Estudo <i>in vitro</i>	Comparar a adaptação marginal e interna de facetas oclusais de zircónia impressas em 3D com restaurações	O esmalte oclusal de 60 molares humanos extraídos foi removido e a preparação foi alargada à dentina. As facetas oclusais com uma espessura de 0,5 mm foram concebidas e fabricadas de	<p>Adaptação marginal e interno: Grupo 3DP: 95 µm (margem), 252 µm (cúspide), 305 µm (fossa) e 184 µm (adaptação interna 3D).</p>	Em termos de adaptação marginal, interna e precisão, foram obtidos melhores resultados no grupo CAM. No entanto, pode concluir-se que as facetas oclusais de zircónia impressas em 3D produzidas por fabrico de cerâmica baseado em litografia mostram uma adaptação

		de zircónia fabricadas em CAD-CAM ou cerâmica de dissilicato de lítio prensada a quente (LS2) em dentes molares.	acordo com a sua atribuição de grupo: Grupo 3DP: Grupo zircónia impressa em 3D Grupo CAM: Grupo zircónia fresada Grupo HPR: Grupo LS2 prensado a quente.	Grupo CAM: 65 µm (margem), 128 µm (cúspide), 203 µm (fossa) e 120 µm (adaptação interna 3D) Grupo HPR: 118 µm (margem), 251 µm (cúspide), 409 µm (fossa) e 180 µm (adaptação interna 3D). Veracidade: Grupo 3DP: 26 µm Grupo CAM: 13 µm Grupo HPR: 29 µm	marginal e precisão de produção semelhantes aos métodos convencionais.
Ioannidis A et al. (2020) ¹¹	Estudo <i>in vitro</i>	Comparar a capacidade de carga de facetas oclusais ultrafinas feitas de zircónia impressa em 3D com as obtidas através do fabrico destas reconstruções por fresagem CAD/CAM de zircónia ou prensagem a quente de dissilicato de lítio.	O esmalte oclusal de 60 molares humanos extraídos foi removido e a preparação foi alargada à dentina. As facetas oclusais com uma espessura de 0,5 mm foram concebidas e fabricadas de acordo com a sua atribuição de grupo: Grupo 3DP: Grupo zircónia impressa em 3D Grupo CAM: Grupo zircónia fresada Grupo HPR: Grupo LS2 prensado a quente.	Foram avaliados os seguintes aspetos: Força: Grupo 3DP: 1'650 N, Grupo CAM: 1'250 N Grupo HPR: 500 N. Força máxima: Grupo 3DP: 2'025 N Grupo CAM: 1'500 N Grupo HPR: 1'555 N. Tipos de fratura: Pontuação 1 (fratura coesiva sem restauração): 15% HPR. Pontuação 2 (fratura da restauração e uma camada de cimento): 85% HPR, 50% 3DP e 50% CAM. Pontuação 3 (fratura do complexo restauração-cimento-estrutura dentária): 5% HPR, 50% 3DP e 50% CAM.	A zircónia impressa em 3D ou fresada, bem como o dissilicato de lítio prensado a quente, podem ser recomendados como material de restauração para facetas oclusais ultrafinas para compensar protéticamente o desgaste dentário oclusal. Apesar das diferenças estatisticamente significativas entre os materiais de restauração, todas as capacidades de carga excederam as forças da mastigação normais e clinicamente esperadas.
Min-Su Kim et al (2022) ¹²	Estudo <i>in vitro</i>	Comparação da microestrutura, resistência à flexão e	15 amostras de cerâmica 3Y-TZP fabricadas para cada tipo de processamento (SM e SLA) em forma de retângulo ou de	Microestruturas: Diferença de densidade: SM (6,077 g/cm ³) e SLA (6,043 g/cm ³). Resistência à flexão:	A amostra SLA tem um maior número de poros pequenos e grãos mais pequenos do que a amostra SM.

		tenacidade à fratura de cerâmicas de zircónia preparadas por dois métodos diferentes, fresagem subtrativa (SM) e estereolitografia (SLA).	disco, de acordo com as instruções de cada fabricante.	<p>Não há diferença significativa entre as duas cerâmicas ($p = 0,242$). Embora o módulo de Weibull seja ligeiramente superior ao da cerâmica SLA, o que indica uma fiabilidade e resistência à flexão ligeiramente superiores.</p> <p>Resistência à fratura: A dureza da cerâmica Y-TZP tende a diminuir com o aumento do tamanho do grão. Não se verificaram diferenças significativas na dureza Vickers ($p = 0,480$) ou na resistência à fratura ($p=0,101$) entre os materiais cerâmicos SM e SLA.</p>	A cerâmica Y-TZP fabricada com SLA apresentou uma estrutura cristalina e uma composição de fases semelhantes às da cerâmica SM. Não houve diferenças significativas na resistência à flexão ou na tenacidade à fratura entre os materiais cerâmicos SM e SLA.
Lerner H et al. (2021)¹³	Estudo <i>in vitro</i>	Comparar a veracidade e a precisão de coroas de zircónia monolítica (MZC) impressas em 3D <i>versus</i> fresadas.	Neste estudo, um modelo maxilar com pré-molar foi digitalizado com uma preparação dentária: Grupo de impressão 3D: 10 MZC (teste) Grupo de fresagem: 10 MZC (controlo)	<p>Veracidade: Toda a coroa, margem e oclusal, respetivamente: Grupo de impressão 3D: 37,8 μm, 25.6 μm e 50.4 μm Grupo de fresagem: 21,2 μm, 12.4 μm e 21.9 μm</p> <ul style="list-style-type: none"> (90-10)/2: Grupo de impressão 3D: 26,6 μm Grupo de fresagem: 8,2 μm Média absoluta: A diferença média na zona marginal e oclusal é a seguinte: Grupo de impressão 3D: 13,1 μm Grupo de fresagem: 4,2 μm RMS: A diferença média na zona marginal e oclusal é a seguinte: Grupo de impressão 3D: 17.3 μm Grupo de fresagem: 6.4 μm <p>Precisão:</p>	Verificou-se que as MZCs fresadas têm uma veracidade estatisticamente significativa superior às MZCs impressas em 3D. Neste estudo, tanto as coroas fresadas como as impressas em 3D mostraram uma elevada precisão, compatível com a utilização clínica.

				<p>Ambos obtiveram pontuações elevadas, mas não houve uma diferença estatística na precisão dos pontos de contacto proximais e do selamento marginal.</p>	
<p>Cui X et al. (2019)¹⁴</p>	<p>Ensaio clínico controlado e aleatório</p>	<p>Comparar o efeito estético e os comportamentos de correspondência de cor de coroas de zircónia com contornos anatómicos fabricadas pelos métodos: tridimensional (3D) e de fresagem.</p>	<p>27 participantes receberam 2 coroas de óxido de zircónio anatomicamente idênticas fabricadas por deposição aditiva ou fresagem a seco e foram divididos em três grupos de acordo com o material de base: pilar de fibra pré-fabricado e núcleo de compósito, pilar e núcleo fundido em ouro e sem pilar e núcleo.</p>	<p>A diferença média de cor: Grupo aditivo: 2,45 ±1,60 Grupo subtrativo: 4,55±1,54 (P <0,05). A escala visual analógica: Grupo aditivo: 89,7±12,6 Grupo subtrativo: 70,7 ±22,6 Escala de avaliação visual alargada para correspondência de aparência: Grupo aditivo: 14 coroas obtiveram uma excelente correspondência estética, 11 obtiveram resultados bons a muito bons e as restantes 2 obtiveram resultados aceitáveis. Grupo subtrativo: Apenas uma restauração obteve resultados estéticos excelentes, depois 12 coroas obtiveram resultados bons a muito bons, as outras 13 obtiveram resultados aceitáveis e, por fim, uma teve uma estética fraca. Sobrevivência: De acordo com os critérios do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos (USPH), existe uma sobrevivência de 100% em todas as coroas.</p>	<p>As coroas de zircónia com contornos anatómicos fabricadas pelo método aditivo adaptaram-se melhor aos dentes adjacentes e apresentaram uma excelente estética em termos de cor e gradiente de translucidez.</p>
<p>Tang Z et al. (2019)¹⁵</p>	<p>Ensaio clínico transversal</p>	<p>Avaliar a eficácia clínica das coroas de zircónia monolíticas fabricados pelo método de fresagem para</p>	<p>46 pacientes que necessitavam de restaurações posteriores envolvendo 49 dentes foram tratados com um procedimento de coroa de zircónia monolítica. Foram avaliados de acordo com os critérios modificados</p>	<p>Adaptação marginal: Excelente em todos os 46 pacientes. Correspondência da coroa: 3 casos (6,1%) foram avaliados como aceitáveis e todos os outros foram excelentes. Descoloração marginal, cárie secundária ou fratura:</p>	<p>Os resultados demonstram uma ótima adaptação marginal, uma boa correspondência, uma ótima anatomia e textura de superfície na maioria dos casos, nenhuma descoloração marginal, cárie secundária ou fratura, e nenhuma diferença significativa nos</p>

		restaurações posteriores.	da Associação Dentária da Califórnia imediatamente após o procedimento e às 2, 24, 48 e 96 semanas após o procedimento.	<p>Não foi registado, excelente para este parâmetro.</p> <p>Forma anatómica: 3 casos (6,1%) foram avaliados como aceitáveis.</p> <p>Textura da superfície: No final, apenas um caso foi avaliado como aceitável (2,0%).</p> <p>Os parâmetros de sobrevivência (adaptação marginal, forma anatómica, integridade da margem da coroa, correspondência de cor e fratura macroscópica) não mostraram diferenças significativas.</p>	<p>parâmetros de sobrevivência nestes casos avaliados de coroas de zircónia monolítica processadas pelo método subtrativo em todos os 49 dentes.</p> <p>O desgaste do dente antagonista é pequeno e a taxa de sucesso das restaurações posteriores é elevada.</p>
Sorrentino R et al. (2016) ¹⁶	Estudo <i>in vitro</i>	Comparar a resistência à fratura e o modo de falha de coroas monolíticas de zircónia CAD-CAM fabricadas por fresagem e digitalizadas tridimensionalmente com diferentes espessuras oclusais.	<p>40 coroas monolíticas de zircónia CAD-CAM com diferentes espessuras oclusais foram distribuídas aleatoriamente em 4 grupos experimentais:</p> <p>Grupo 1: 2,0 mm Grupo 2: 1,5 mm Grupo 3: 1,0 mm Grupo 4: 0,5 mm</p>	<p>Taxa de sobrevivência: Coroas únicas de zircónia em molares feitas por CAD-CAM foi de 100% nos grupos experimentais 1, 2 e 3 e 90% no grupo 4.</p> <p>Resistência à fratura: A mais elevada foi no grupo 1 e a mais baixa no grupo 4.</p> <p>Forma de falha: Obteve-se a seguinte classificação por fratura, lascas ou fissuração:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todas as coroas tinham microfissuras coesivas. • Uma coroa no grupo 4 estava à beira de uma fratura completa. 	<p>A espessura oclusal das coroas monolíticas de zircónia CAD-CAM não influenciou nem a resistência à fratura nem o modo de falha das restaurações.</p> <p>As coroas monolíticas de zircónia CAD-CAM mostraram resistência à fratura suficiente para serem utilizadas em regiões molares, mesmo numa configuração fina (0,5 mm).</p>
Konstantinidis I et al. (2018) ¹⁷	Estudo clínico prospetivo	Examinar o desempenho clínico das coroas monolíticas posteriores em termos de falhas e complicações e	Participaram 65 pacientes reabilitados com coroas posteriores monolíticas de zircónia por método CAD/CAM subtrativo. Foram realizadas 29 na maxila e 36 na mandíbula. Foram avaliadas	<p>Período de observação: 100% de taxa de sobrevivência</p> <p>Período de avaliação com base nos critérios USPHS:</p> <p>Correspondência de cores: Linha de base: A: 87,7% e B: 12,3%. 6 meses e 12 meses: A: 84,6% e B: 15,4%.</p>	<p>Não foram registadas fraturas em nenhuma das restaurações.</p> <p>A taxa de sucesso global deste tipo de restauração foi de 98,5%.</p> <p>A qualidade clínica das coroas foi aceitável, exceto a descoloração</p>

		<p>analisar a qualidade das restaurações de acordo com os critérios do USPH.</p>	<p>individualmente durante o período de observação de acordo com a sua taxa de sobrevivência e subsequentemente com os critérios USPHS. Este critério tem três classificações: A: Excelente B: Intermédio C: Fraco</p>	<p>Descoloração marginal: Início: A: 95,4% e B: 4,6%. 6 meses e 12 meses: A: 83,1%; B: 16,88% e C: 0,02%.</p> <p>Forma anatómica: No início e aos 6 meses: A: 96,9% e B: 3,1%. Aos 12 meses: A: 92,3%; B: 7,7%.</p> <p>Integridade marginal: Início e aos 12 meses: A: 93,8% e B: 6,2% Aos 6 meses: A: 92,3%; B: 7,7%</p> <p>Textura da superfície: Início: A: 98,5% e B: 1,5% Aos 6 meses: A: 93,8% e B: 6,2% Aos 6 meses: A: 93,8% e B: 6,2% Aos 12 meses: A: 96,3% e B: 6,2% Aos 12 meses: A: 93,8% e B: 6,2% Aos 12 meses: A: 93,8% e B: 6,2% Aos 12 meses: A: 96,9% e B: 3,1%.</p> <p>Cárie secundária e fratura: obteve 100% de pontuação no grau A. A quantidade de placa bacteriana foi significativamente menor no início e no exame dos 6 meses do que no exame dos 12 meses, embora não tenha sido encontrada muita diferença entre o dente de controlo e o dente avaliado.</p> <p>Avaliação da saúde periodontal: Parâmetro <i>Bleeding on probing</i> (BOP): Aumento de 0,0 no início para 1,8 no exame dos 12 meses no dente avaliado.</p>	<p>marginal de uma coroa aos 6 e 12 meses de seguimento. Apesar das limitações deste estudo, pode concluir-se que as coroas de zircónia monolíticas fabricadas com CAD/CAM e fresagem são uma opção viável para a reabilitação de dentes posteriores unitários.</p>
<p>Revilla-León M et al. (2020) <small>18</small></p>	<p>Estudo <i>in vitro</i></p>	<p>Medir e comparar as discrepâncias marginais e internas entre coroas de zircónia feitas por fresagem e as</p>	<p>Um molde do maxilar superior com um implante dentário no primeiro pré-molar direito foi utilizado para o estudo, transferido para o <i>software</i> CAD e a sua fabricação (10</p>	<p>Discrepância marginal: AM > CNC e SAM (P<0,001). SAM > CNC (P<0,001). Discrepância interna: SAM > CNC (P<0,001). SAM < AM (P<0,001). AM > CNC (P<0,001).</p>	<p>As coroas de zircónia fresadas obtiveram valores significativamente mais baixos para discrepâncias marginais e internas do que os espécimes AM, que eram clinicamente inaceitáveis.</p>

		feitas por impressão 3D utilizando a técnica de réplica de silicone.	<p>coroas para cada grupo) foi dividida em 3 grupos:</p> <p>Grupo CNC: Zircónia fresada com contorno e anatómica.</p> <p>Grupo AM: Zircónia anatómica e contornada fabricado pelo método aditivo.</p> <p>Grupo SAM: Zircónia de fabrico aditivo</p> <p>Espaço para cimento: Medido com um microscópio digital com uma ampliação de 100.</p> <p>Discrepância interna: Foram efetuadas 50 medições.</p> <p>Discrepância marginal: Foram efetuadas 25 medições</p>	<p>A correlação de Spearman entre a discrepância marginal e a discrepância interna foi de 0,24 ($P < 0,001$) e, entre os grupos, a associação foi fraca.</p> <p>A maioria dos defeitos de fabrico foi encontrada no grupo AM, que também apresentou valores mais elevados para a discrepância marginal.</p>	Em contraste, o grupo CNC e SAM alcançou resultados clinicamente aceitáveis.
Belli R et al. (2020) ¹⁹	Estudo clínico retrospectivo	Recolher e avaliar informações clínicas sobre fraturas dentárias e restaurações de cerâmica.	<p>34911 restaurações foram avaliadas com o método de sobrevivência de <i>Kaplan-Meier</i>, que foi dividido entre o tipo de restaurações e o tipo de material, e o cálculo da vida futura foi efetuado com o método de estimativa de máxima verosimilhança.</p> <p>Entre os tipos de restaurações avaliadas encontram-se pontes, coroas, <i>onlays</i> e <i>inlays</i> produzidos ao longo de um período de 3,5 anos e recuperados de uma base de dados CAD/CAM.</p>	<p>Sobrevivência (dias em serviço)</p> <p>Grupo de pontes: E.max CAD ZrO2: 380 (máximo: 845) Folheados ZrO2: 294 (máximo: 715) Monolíticos ZrO2: 92 (máximo: 239)</p> <p>Grupo de coroas: E.max CAD: 633 (máximo: 1270) CAD ZrO2: 643 (máximo: 1031) Monolítico ZrO2: 102 (máximo: 263)</p> <p>Grupo Onlays: E.max CAD: 508 (máximo: 1229) Empress e.max CAD: 1000 (máximo: 1270)</p> <p>Grupo de inlays: E.max CAD: 430 (máximo: 1214) CAD Empress: 1006 e.max (máximo: 1221)</p> <p>Fraturas: 491 42.2% Primeiros molares 30.8% Segundos molares</p>	A gama de fraturas encontrada nas pontes ZrO2 emax CA, fabricados com o método de fresagem, em comparação com as coroas feitas pelo mesmo sistema sugere que pode haver uma suscetibilidade ao stress de flexão. As coroas monolíticas de ZrO2 mostraram um desempenho clínico sem falhas nos primeiros 8,5 anos.

				19.8% segundos pré-molares 4.5% primeiros pré-molares 2,7% terceiros molares	
Grohman n P et al. (2015) ²⁰	Ensaio clínico controlado e aleatório	Testar a sobrevivência e os resultados clínicos das próteses fixas posteriores de zircónia de três unidades feitas por fresagem e divididas em dois grupos: as feitas com uma faceta de dissilicato de lítio CAD/CAM e com uma faceta de zircónia folheada à mão.	60 participantes no estudo foram divididos em dois grupos: Grupo de teste: 30 próteses dentárias fixas de zircónia com uma cerâmica de revestimento CAD/CAM. Grupo de controlo: 30 próteses dentárias fixas de zircónia com uma cerâmica de revestimento em camadas. Foram avaliados em três ocasiões: <i>baseline</i> , aos 6 meses e aos 12 meses, para a avaliação clínica foi utilizado o USPHS e para os resultados biológicos foram utilizados o registo de controlo de placa, BOP e profundidade de sondagem da bolsa.	Não foram encontradas diferenças significativas na técnica entre o grupo de controlo e o grupo de teste. Fraturas após um ano: Grupo de teste: 11% e Grupo de controlo: 10,3%. Lascamento: Grupo de teste: 2 FDPs com classificação B e 1 com classificação C. Grupo de controlo: 3 FDP com classificação C. PPD: Avaliação inicial e seguimento de 1 ano: Grupo de teste > grupo de controlo. BOP e Índice de Placa: Sem diferença significativa. Cáries secundárias: Não foram encontradas em nenhum dos grupos avaliados.	Foram obtidos resultados clínicos semelhantes entre as próteses dentárias fixas de óxido de zircónio com uma faceta CAD/CAM e as próteses com uma faceta convencional. No entanto, as facetas CAD/CAM de dissilicato de lítio apresentaram menos lascas em comparação com o outro grupo. São necessários estudos clínicos com períodos de observação mais longos.
Moldovan O et al. (2011) ²¹	Ensaio clínico controlado e aleatório	Avaliar a precisão do ajuste de coroas de zircónia em CAD/CAM utilizando o método de réplica 3D com as tecnologias de fabrico subtrativo (fresagem a seco e moagem).	40 coroas de zircónia criadas com CAD/CAM (20 molares e 20 pré-molares). Divididos em 4 grupos (N=5) pelo método de fresagem e moagem, utilizando um silicone digitalizável e tradicional. Valor do espaço do cimento no método de fresagem: - Molar 10 µm - Pré-molar 20 µm,	Alinhamento relativo à réplica dos dados do modelo cerâmico principal: Erro RMS de 28,6 µm para os molares e de 24,8 µm para os pré-molares. Ajuste interno: Sistema de moagem: Convencional silicone fosco: até 198 µm, média 94 µm. Silicone digitalizável: até 222 µm, média 69 µm. Sistema de fresagem a seco: Convencional silicone fosco: até 368 µm, média de 145 µm.	Foram encontradas superfícies mais lisas com a técnica de moagem. Todas as coroas de óxido de zircónio fabricadas por fresagem a seco e moagem alcançaram uma precisão interna e um ajuste dentro das recomendações clínicas. Os processos utilizados em CAD/CAM ainda precisam de ser mais eficientes e normalizados, e ainda existe uma grande diferença entre os parâmetros CAD e o resultado.

			<p>Avaliação da adaptação: Na primeira parte da avaliação, foi utilizado um silicone convencional de viscosidade ligeira e na segunda parte um silicone opticamente digitalizável.</p>	<p>Silicone digitalizável: até 362 µm, média de 116 µm. Espaço interno das cópias: Sistema de fresagem a seco: Foram encontrados valores mais elevados para as cópias molares do que para os pré-molares. Sistema de moagem: Não há diferença estatisticamente significativa. Superfície interna: As superfícies mais lisas foram encontradas nas fabricadas pelo sistema moagem.</p>	
Batson ER et al. (2014) ²²	Estudo clínico controlado e aleatório	Avaliar a qualidade das restaurações e a resposta gengival de restaurações posteriores CAD/CAM com diferentes tecnologias.	<p>22 participantes e 32 coroas feitas dos seguintes materiais: dissilicato de lítio (LD), metalocerâmica (MC) e de zircónia (ZR). E que se dividiam da seguinte forma, de acordo com o seu tipo de fabricação: Zr: tecnologia de fresagem MC: impressão 3D LD: tecnologia de fresagem Os parâmetros gengivais (volume da superfície vestibular, discrepância marginal horizontal e BOP) foram avaliados entre os períodos: pré-tratamento, 1 mês pós-cimentação e 6 meses pós-cimentação.</p>	<p>Discrepância marginal horizontal: LD: 113,8 +- 43,2 µm Zr: 68,5 +-33,4 µm MC: 92,4 +- 20,6 µm 6 coroas não foram incluídas por razões adversas. Não foram encontradas associações entre os tipos de coroas com adaptação marginal, cor e contorno. A maioria das restaurações foram classificadas como "aceitáveis" de acordo com os critérios USPHS. As coroas de zircónio tiveram o melhor desempenho no que diz respeito à oclusão, onde 80% delas não necessitaram de ajuste oclusal em geral. Não houve diferenças significativas entre os tipos de coroas no que respeita ao volume da superfície vestibular e ao volume do BOP.</p>	<p>As coroas ZR e LD apresentaram valores diferentes para a discrepância horizontal, sendo que o que obteve menores valores foi o grupo de ZR. Tendo em conta as limitações do estudo, podemos concluir que a tecnologia CAD/CAM tem resultados aceitáveis no que diz respeito à cor, contorno, adaptação marginal e oclusão relativamente a próteses posteriores de um só dente com a utilização de <i>scanners</i>.</p>

				No que respeita à discrepância marginal horizontal , onde foi utilizada uma micro-CT: LD > Zr	
Stawarczyk B, et al. (2012) ²³	Ensaio clínico controlado e aleatório	Comparar a carga de fratura de coroas de facetas anteriores de zircónia utilizando a distribuição normal e de Weibull e dados censurados.	Coroas de zircónia padronizadas para caninos usadas com o sistema de fresagem método e CAD/CAM foram divididas em 3 grupos de acordo com a camada de cerâmica colocada, GC inicial ZR, Vita VM9 e IPS e.max Ceram. Através de uma película plana na superfície incisal palatina, num ângulo de 45 graus ao longo do eixo do dente, com uma velocidade de cruzamento de 1mm/1min. A carga de fratura foi medida de acordo com o método clássico de distribuição normal e a estatística de Weibull e classificada de acordo com o tipo de fratura.	Método clássico: A carga de fratura: IPS e.max Ceram < GC ZR inicial e do VITA VM9. Estatística de Weibull: O parâmetro de escala, IPS e.max Ceram < GC ZR inicial e o VITA VM9. Análise do tipo de fratura: Grupo GC inicial ZR e VITA VM9: 19 fraturas totais e 11 lascas. Grupo IPS e.max Ceram: 6 fraturas totais e 24 lascas. No que diz respeito à carga de fratura, resultaram em fratura total: Clássico Vita VM9>GC inicial e IPS e.max Ceram. Não houve diferença significativa entre os três grupos. Weibull: Vita VM9>GC inicial e IPS e.max Ceram. Não há diferença entre GC inicial e IPS e.max Ceram. No que diz respeito à carga de fratura que resulta em lascas: Clássica e Weibull: IPS e.max Ceram< Vita VM9 e GC inicial. Não há diferença entre o GC inicial e o Vita VM9.	Relativamente à análise normal e à distribuição de Weibull, não se registaram diferenças significativas. Quando a fratura total foi considerada como falha, IPS e.max Ceram não mostrou uma carga de fratura significativa para a fratura total, comparada com os outros grupos. De acordo com Weibull, VITA VM9 mostrou uma carga de fratura mais elevada do que os outros grupos. Foram demonstradas diferenças mínimas para os materiais utilizados neste estudo.

Após leitura completa dos artigos selecionados, foram registados os principais resultados:

1. As coroas feitas com tecnologia aditiva têm uma boa adaptação marginal, ajuste interno, elevada precisão, veracidade e resultados estéticos [8, 9, 14].
2. A método subtrativo continua a ser uma opção de restauração viável e segura para restaurações posteriores à base de zircónia, com uma excelente adaptação marginal em aspetos clínicos, precisão e uma notável taxa de sucesso global [15, 17, 21]. Para além de uma resistência em diferentes espessuras oclusais com este tipo específico de material [16].
3. Alguns artigos indicam que as coroas de zircónia fabricadas por fresagem têm maior precisão, veracidade e menores discrepâncias marginais em comparação com as fabricadas por impressão 3D [10, 13, 18].
4. No entanto, vários estudos concordam que ambos os tipos de fabrico têm semelhanças em termos de adaptação marginal, ajuste interno, estética, resistência, precisão e resultados clínicos gerais [8, 12, 13].

5. Discussão

O óxido de zircónio como padrão de ouro em restaurações de coroas

Os materiais cerâmicos entraram no campo da medicina dentária criando uma nova perspectiva sobre o que significa restaurar a anatomia e a função dentárias, eclipsando as opções convencionais, como as restaurações metálicas e as estruturas revestidas a vidro ou resina.

Atualmente, as necessidades dos pacientes não se centram apenas no restabelecimento da função, mas também na obtenção de uma opção mais estética e biocompatível, com as restaurações sem metal a assumirem um lugar importante na reabilitação protética. Desde então, a introdução de materiais como o vidro altamente sinterizado, a alumina policristalina e as cerâmicas à base de zircónia tornaram-se uma parte essencial da prática dentária de rotina [24].

A zircónia é uma cerâmica policristalina que é sujeita à incorporação de ítria para possibilitar a sua utilização como material de restauração dentária. Devido à necessidade de estabilizar a transformação da estrutura cristalina em situações de alterações de temperatura elevadas como, por exemplo, a alteração que tem de ser aplicada entre a sua fase monolítica e tetragonal e que, como a primeira tem um volume maior do que a segunda, evita a possibilidade de criar fissuras na cerâmica na presença deste óxido estabilizador [25].

Este material caracteriza-se por uma certa opacidade e uma cor esbranquiçada semelhante à do dente, pelo que existem no mercado coroas monolíticas de zircónia com contornos anatómicos. Estudos estabeleceram que a exposição ao ambiente húmido da cavidade oral diretamente com a composição da zircónia pode levar a uma modificação lenta da fase tetragonal para a fase monolítica, associada às cargas de força que devem ser submetidas às atividades funcionais e parafuncionais [12, 25, 26, 27].

Outra forma de encontrar estas restaurações é quando a zircónia é utilizada como infraestrutura e são colocadas camadas de porcelana para melhorar a sua anatomia e estética, o que pode ser feito pela técnica manual convencional ou com a ajuda de CAD/CAM [25].

No entanto, a zircónia monolítica é frequentemente utilizada como uma opção de restauração em vez da zircónia de faceta de porcelana devido à sua melhor resistência à fratura para carga oclusal [25, 28].

Um destaque deste material são as suas excelentes propriedades mecânicas, sendo o material com a maior tenacidade de mais de 6 MPa e uma resistência de mais de 1.000 MPa [29]. Consequentemente, a sua elevada resistência à fratura permite a sua utilização em camadas finas e mais conservadoras da estrutura dentária do dente afetado, podendo ser utilizado em diferentes tipos de restaurações como pontes, coroas, facetas oclusais e implantes, bem como a versatilidade na sua colocação tanto no sector anterior como no posterior [23, 26, 30].

Atualmente, a zircónia tetragonal policristalina estabilizada com ítria (Y-TZP) tornou-se a opção mais utilizada devido às suas elevadas qualidades mecânicas, biocompatibilidade, estética, resistência à corrosão e à fratura, estabilidade e baixa condutividade térmica [12].

A tecnologia CAD/CAM aditiva e subtrativa são aplicadas para o fabrico de coroas dentárias no campo da reabilitação oral.

Tecnologia CAD/CAM

A tecnologia CAD/CAM (*Computer-aided design / Computer-aided manufacturing*) consiste na geração de um modelo virtual exato de uma preparação dentária, de implantes ou arcadas, que foi previamente processado por um método convencional ou por um *scanner* digital. Após este procedimento esta informação digital irá gerar um desenho apropriado usando o método CAD da escolha do clínico e, finalmente, a restauração será feita de acordo com o método CAM escolhido [24, 31, 32].

A revolução provocada pela aplicação desta nova tecnologia no campo da medicina dentária tem tido um impacto positivo nos clínicos e, naturalmente, nos pacientes que necessitam deste tipo de procedimento protético, sendo os benefícios mais notórios a melhoria da estética, a segurança dos materiais, a eficiência e otimização em termos do fluxo de trabalho do próprio processo laboratorial e da produção da restauração, bem como um maior controlo sobre certos aspetos como a mecânica e a precisão de cada material [6, 24].

Assim, o manuseamento da zircónia, caracterizada pela sua elevada dureza, foi simplificado com a utilização desta tecnologia, permitindo uma elevada precisão no seu fabrico, apesar das suas propriedades mecânicas, o que não era possível alcançar com os métodos laboratoriais tradicionais [17, 30].

Método subtrativo

O fabrico subtrativo dominou o campo da reabilitação com o seu aparecimento e tornou-se a metodologia mais amplamente utilizada e clinicamente comprovada para o fabrico de restaurações protéticas dentárias até à data [7]. Utilizando equipamento de controlo numérico computadorizado com sistemas multi-eixos ocorre a fresagem do material que se apresenta em forma de blocos ou disco [4, 33]. Isto resulta numa perda considerável de material durante o fabrico do produto final [6].

Esta tecnologia apresenta vantagens na sua utilização, como a possibilidade de utilizar uma grande variedade de materiais, incluindo o óxido de zircónio, e um baixo custo de produção.

Método aditivo

A American Society for Testing and Materials define o fabrico aditivo como "o processo de juntar materiais para fabricar objetos a partir de dados de modelos 3D, normalmente camada sobre camada, por oposição às metodologias de fabrico subtrativo".

Este processo baseia-se na criação de uma série de secções transversais a partir de um ficheiro informático 3D e na impressão das mesmas umas sobre as outras, sendo a vantagem mais óbvia a ausência de perda de material [6].

O uso da impressão 3D para materiais cerâmicos, especificamente a zircónia, gera uma grande vantagem em termos de capacidade de produção, melhor compatibilidade em termos de cor e caracterização com o dente natural adjacente em comparação com a técnica de fresagem [34, 35].

No entanto, foram estabelecidas algumas desvantagens relativamente à sua utilização, tais como a imprecisão dimensional do produto final em comparação com o

determinado no programa CAD, tempos de impressão longos, possível contração entre a criação das camadas e modificações das suas propriedades físicas [8].

Em contraste, existem estudos que sugerem resultados semelhantes para coroas de zircónia fresadas e impressas em 3D em áreas como a resposta biológica marginal, ajuste interno e adaptação marginal [4, 35].

A partir da presente investigação, foi destacado um ponto clínico de grande relevância para o prognóstico da coroa dentária, a adaptação marginal, definida como a distância entre a linha de preparação do dente até à margem da restauração, juntamente com a obtenção de um espaço mínimo, sendo que medidas adequadas de ambos podem reduzir o risco de acumulação de placa, inflamação gengival, cárie secundária ou microinfiltração, fatores que podem levar ao fracasso da reabilitação oral [35, 36].

Em relação à tecnologia subtrativa, Tang Z. et al. num estudo sobre coroas de zircónia monolíticas para restaurações posteriores obtiveram resultados ótimos na adaptação marginal [15]. Por outro lado, Refaie A. et al. num estudo realizado em coroas de zircónia feitas com impressão 3D e fresagem obtiveram resultados clínicos aceitáveis no que diz respeito à adaptação marginal nas coroas feitas pelo método aditivo [9].

Por outro lado, um estudo de Ioannidis A et al. sobre facetas oclusais impressas em 3D mostra que existe uma adaptação marginal semelhante aos métodos convencionais [10].

Em relação à adaptação interna, esta refere-se ao espaço estabelecido para o material de cimentação que facilitará a retenção e a resistência da restauração, uma vez assente. [32]

No que diz respeito a este parâmetro clínico, Refaie A et al. no seu estudo mostraram um melhor ajuste interno nas coroas de zircónia feitas por fresagem do que por impressão 3D. No entanto, destacaram que esta última deve ser considerada como uma alternativa clinicamente aceitável [9]. Entretanto, Moldovan. Oet al. mencionaram que as coroas de zircónia fabricadas por fresagem a frio e a seco alcançaram precisão interna e ajuste interno dentro das recomendações clínicas [21].

Num estudo realizado por Abualsau R et al., relataram resultados semelhantes entre a tecnologia aditiva e subtrativa em termos do parâmetro acima mencionado [8].

Outro ponto relevante que tem sido abordado nos estudos avaliados é a exatidão, que contém dois conceitos importantes: precisão e veracidade. A precisão de uma restauração refere-se à reprodução da face oclusal e dos contactos proximais de acordo com as medidas estabelecidas [7, 8]. Por outro lado, a veracidade refere-se ao desvio que existe entre os valores medidos em comparação com os valores originalmente propostos [8].

No que respeita ao primeiro ponto, Lerner H et al. concordam que as coroas de zircónia fabricadas por fresagem têm uma precisão marginal, oclusal e global semelhante à da impressão 3D [13]. Revilla-León M et al. observou no seu estudo que existem menores discrepâncias marginais e internas na comparação do método aditivo [18].

Da mesma forma, Moldovan O et al. num estudo exclusivamente centrado no método subtrativo que comparou dois tipos de fabrico, fresagem a seco e moagem, concluiu um melhor resultado em termos de precisão interna realizada pelo sistema de moagem, embora se tenha concluído que ambos geram precisão interna e se enquadram nas recomendações clínicas [21].

Pelo contrário, Abualsaud R et al. observaram que o fabrico de coroas CAD/CAM de zircónia monolítica utilizando o método aditivo proporciona melhores resultados em termos de precisão [8].

Por outro lado, no que se refere à veracidade, Lerner H et al. mencionam que este ponto é mais elevado para as coroas de zircónia fresadas em comparação com as impressas em 3D [13]. Contrariamente, o estudo de Abualsaud R et al. verificou que as coroas impressas em 3D apresentavam uma melhor veracidade oclusal e axial [8].

No entanto, Mangano et al., num estudo *in vitro* em que analisaram coroas monolíticas de zircónia fabricadas com tecnologia subtrativa no laboratório em comparação com material compósito híbrido fabricado com tecnologia aditiva *chairside* e coroas de dissilicato de lítio com tecnologia subtrativa *chairside*, descobriram que os melhores resultados em termos de veracidade marginal foram obtidos com coroas de zircónia [7]. Além disso, um estudo de Ioannidis A et al. orientado nas facetas oclusais de zircónia fresada encontrou uma melhor veracidade interna do que as impressas em 3D. [10].

Em termos de propriedades mecânicas, especificamente a resistência à fratura, que é definida como a tensão necessária para produzir uma deformação permanente, neste

caso às forças oclusais, a utilização de zircónia monolítica foi introduzida para minimizar a elevada incidência de fratura ou fissuras devido às cerâmicas de revestimento normalmente utilizadas. [16, 36]

Nesse sentido, Sorrentino R et al. concluíram que as coroas monolíticas de zircónia fresada por CAD/CAM mostraram resistência suficiente à fratura para serem usadas com uma espessura fina (0,5 mm) na área posterior [16].

Por outro lado, Ioannidis A et al. mencionam que existe uma elevada resistência à fratura tanto na zircónia impressa em 3D como na fresada, concluindo que este material pode ser utilizado para facetas oclusais ultrafinas [11].

Adicionalmente, com respeito a esta resistência à fratura, Grohmann et al. num estudo focado em próteses fixas posteriores de zircónia (de 3 unidades) feitas por fresagem relataram que as confeccionadas com uma camada de cerâmica feita em CAD/CAM mostraram menos sinais de fissura no final da avaliação do que as feitas pelo método convencional [20].

Stawarczyk B et al. apresentaram uma abordagem adicional às coroas anteriores de zircónia fresada no que diz respeito à sua resistência à fratura em casos de revestimento com facetas de cerâmica, tendo VITA VM9 demonstrado uma maior força necessária para a fratura [23].

No entanto, num estudo de Min-Su Kim et al. não foram encontradas diferenças significativas entre as duas tecnologias CAD/CAM no que diz respeito às coroas de zircónia. Este autor mencionou outra propriedade mecânica, a resistência à flexão, na qual também não encontrou diferenças significativas, mas destacou que o módulo de Weibull é ligeiramente superior ao da cerâmica SLA, indicando uma fiabilidade e resistência à flexão ligeiramente superiores [12].

Além disso, os estudos de Konstantinidis I et al. e Belli R et al. concluíram que as coroas de zircónia fresada são uma opção viável para o sector posterior e que existe uma taxa de sucesso mais elevada nos casos de coroas unitárias de zircónia CAD/CAM em comparação com pontes feitas do mesmo material devido à suscetibilidade à tensão de flexão [17, 19].

No estudo de Batson et al. em que foi feita uma comparação entre coroas monolíticas de zircónia feitas por fresagem e as feitas com metalo-cerâmica e dissilicato de lítio, os

resultados foram favoráveis para as coroas de zircónia, obtendo um melhor ajuste oclusal [22].

Em relação a estética associada a este material cerâmico, está intimamente relacionada com a precisão proporcionada pelo tipo de tecnologia CAD/CAM aplicada.

Demonstrando esta correlação entre precisão e estética, o estudo de Min-Su Kim et al. mostrou como o fabrico de coroas de 3Y-TZP utilizando SLA cria uma superfície com poros mais pequenos, o que ajudará a manter a cor e as propriedades estéticas da restauração no que diz respeito à pigmentação externa [12].

Especificamente sobre a estética, o estudo de Cui X et al. relatou que as coroas de zircónia com contornos anatómicos fabricadas por deposição aditiva húmida se adaptaram melhor aos dentes adjacentes e mostraram uma excelente estética em termos de cor e gradiente de translucidez em comparação com o método subtrativo [14].

Por outro lado, Tang Z et al. num estudo sobre coroas monolíticas de zircónia em restaurações posteriores feitas por fresagem mostraram uma forma anatómica ótima, sem descoloração marginal e uma elevada correspondência de cor, que são critérios a considerar quando se fala de estética [15].

Relativamente à eficiência de tempo e custo, Mangano FG et al. mencionam que a tecnologia obteve melhores resultados, o que pode dever-se ao tipo de material utilizado. [7].

E por fim, a sobrevivência da zircónia envolve vários parâmetros clínicos, alguns dos quais já foram mencionados: adaptação marginal, integridade da margem gengival, correspondência de cor, forma anatómica, descoloração marginal, presença de cáries secundárias, quantidade de placa, BOP, textura da superfície e também, a duração da restauração na cavidade oral sem falhas.

A este respeito, Cui X et al. estabeleceram no seu estudo uma sobrevivência de 100% com a pontuação mais elevada, com exceção de um dente que obteve apenas bons resultados devido a um contorno anatómico ligeiramente excessivo [14]. Da mesma forma, Sorrentino R et al. obtiveram uma taxa de sobrevivência de 100% em todas as coroas de zircónia feitas por fresagem, exceto para o grupo que tinha uma espessura de

0,5 mm nas suas restaurações, pois obtiveram 90% [16]. Belli R et al. observaram que as coroas de zircónia monolítica fabricadas pelo método de fresagem podem funcionar clinicamente sem falhas até 8,5 anos [19].

Apesar dos resultados obtidos nos estudos incluídos nesta investigação, são necessários mais estudos para um conhecimento mais profundo da tecnologia aditiva, sendo a principal limitação o facto de a maioria dos artigos encontrados serem *in vitro* e o número de estudos *in vivo* ser muito reduzido. Sugere-se a realização de outros estudos com diferentes técnicas de fabrico aditivo, com aumento do tamanho da amostra e tempo de observação.

6. Conclusões

Nesta revisão integrativa da literatura sobre a eficácia clínica entre a metodologia subtrativa e aditiva na fabricação em coroas de zircónia CAD/CAM e de acordo com as limitações dos estudos selecionados, foi possível retirar as seguintes conclusões:

- A tecnologia subtrativa demonstrou ter uma maior precisão e veracidade em comparação com a impressão 3D. Contrariamente a este facto, alguns outros artigos mencionam um resultado melhor com a tecnologia aditiva.
- Nesse sentido, o fabrico aditivo, apesar da sua recente entrada no mercado, destacou-se em aspetos como a adaptação interna, adaptação marginal adequada e resultados estéticos mais favoráveis.
- No que diz respeito às propriedades mecânicas, a resistência à fratura apresentou melhores resultados em casos de unitários de fabrico subtrativo, embora um autor tenha feito uma comparação entre as duas tecnologias e mostrado resultados semelhantes. Por outro lado, a resistência à flexão não mostrou uma diferença significativa.
- Em termos estéticos, foram encontrados bons resultados em ambos os tipos de tecnologia, destacando-se o fabricado por impressão 3D num estudo comparativo, devido à sua correspondência de cor com um gradiente de translucidez muito próximo de uma peça dentária.
- A abordagem subtrativa provou novamente ser uma opção de restauração viável e segura para restaurações posteriores com base em zircónia, com uma taxa de sucesso e sobrevivência global notável.
- No entanto, vários estudos concordam que ambas as tecnologias podem ter resultados semelhantes em termos de precisão, estética, adaptação marginal e resultados clínicos globais.

O conhecimento das mais recentes tecnologias e dos materiais poderá ajudar na evolução e crescimento da medicina dentária nomeadamente na área da reabilitação oral.

7. Referências Bibliográficas

1. Larsson C, Wennerberg A. The Clinical Success of Zirconia-Based Crowns: A Systematic Review. *Int J Prosthodont*. 2014;27(1):33–43.
2. Leitão CIMB, Fernandes GVDO, Azevedo LPP, Araújo FM, Donato H, Correia ARM. Clinical performance of monolithic CAD/CAM tooth-supported zirconia restorations: systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res*. 2022;66(3):374–84
3. DemiRalp E, Dođru G, Yilmaz H. Additive Manufacturing (3D PRINTING) Methods and Applications in Dentistry. *Clin Exp Health Sci* 2021; 11: 182-190.
4. Dewan H. Clinical Effectiveness of 3D-Milled and 3D-Printed Zirconia Prosthesis—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomimetics*. 2023;8(5):394.
5. Suganna M, Kausher H, Tarek Ahmed S, Sultan Alharbi H, Faraj Alsubaie B, DS A, et al. Contemporary Evidence of CAD-CAM in Dentistry: A Systematic Review. *Cureus*. 2022;14(11):e31687.
6. van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater*. 2012;28(1):3–12.
7. Mangano FG, Cianci D, Pranno N, Lerner H, Zarone F, Admakin O. Trueness, precision, time-efficiency and cost analysis of chairside additive and subtractive versus lab-based workflows for manufacturing single crowns: An in vitro study. *J Dent*. 2024;141:104792.
8. Abualsaud R, Alalawi H. Fit, Precision, and Trueness of 3D-Printed Zirconia Crowns Compared to Milled Counterparts. *Dent J (Basel)*. 2022;10(11):215.
9. Refaie A, Fouda A, Bourauel C, Singer L. Marginal gap and internal fit of 3D printed versus milled monolithic zirconia crowns. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):448.
10. Ioannidis A, Park JM, Hüsler J, Bomze D, Mühlemann S, Özcan M. An in vitro comparison of the marginal and internal adaptation of ultrathin occlusal veneers made of 3D-printed zirconia, milled zirconia, and heat-pressed lithium disilicate. *J Prosthet Dent*. 2022;128(4):709–15.

11. Ioannidis A, Bomze D, Hämmerle CHF, Hüsler J, Birrer O, Mühlemann S. Load-bearing capacity of CAD/CAM 3D-printed zirconia, CAD/CAM milled zirconia, and heat-pressed lithium disilicate ultra-thin occlusal veneers on molars. *Dent Mater.* 2020;36(4):e109–16.
12. Kim MS, Hong MH, Min BK, Kim YK, Shin HJ, Kwon TY. Microstructure, Flexural Strength, and Fracture Toughness Comparison between CAD/CAM Milled and 3D-Printed Zirconia Ceramics. *Applied Sciences.* 2022;12(18):9088.
13. Lerner H, Nagy K, Pranno N, Zarone F, Admakin O, Mangano F. Trueness and precision of 3D-printed versus milled monolithic zirconia crowns: An in vitro study. *J Dent.* 2021;113:103792.
14. Cui X, Shen Z, Wang X. Esthetic appearances of anatomic contour zirconia crowns made by additive wet deposition and subtractive dry milling: A self-controlled clinical trial. *J Prosthet Dent.* 2020;123(3):442–8.
15. Tang Z, Zhao X, Wang H, Liu B. Clinical evaluation of monolithic zirconia crowns for posterior teeth restorations. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(40):e17385.
16. Sorrentino R, Triulzio C, Tricarico MG, Bonadeo G, Gherlone EF, Ferrari M. In vitro analysis of the fracture resistance of CAD-CAM monolithic zirconia molar crowns with different occlusal thickness. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016;61:328–33
17. Konstantinidis I, Trikka D, Gasparatos S, Mitsias ME. Clinical Outcomes of Monolithic Zirconia Crowns with CAD/CAM Technology. A 1-Year Follow-Up Prospective Clinical Study of 65 Patients. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(11):2523.
18. Revilla-León M, Methani MM, Morton D, Zandinejad A. Internal and marginal discrepancies associated with stereolithography (SLA) additively manufactured zirconia crowns. *J Prosthet Dent.* 2020;124(6):730–7.
19. Belli R, Petschelt A, Hofner B, Hajtó J, Scherrer SS, Lohbauer U. Fracture Rates and Lifetime Estimations of CAD/CAM All-ceramic Restorations. *J Dent Res.* 2016;95(1):67–73.
20. Grohmann P, Bindl A, Hämmerle C, Mehl A, Sailer I. Three-unit posterior zirconia-ceramic fixed dental prostheses (FDPs) veneered with layered and

- milled (CAD-on) veneering ceramics: 1-year follow-up of a randomized controlled clinical trial. *Quintessence Int.* 2015;46(10):871–80.
21. Moldovan O, Luthardt RG, Corcodel N, Rudolph H. Three-dimensional fit of CAD/CAM-made zirconia copings. *Dent Mater.* 2011;27(12):1273–8.
 22. Batson ER, Cooper LF, Duqum I, Mendonça G. Clinical outcomes of three different crown systems with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent.* 2014;112(4):770–7.
 23. Stawarczyk B, Ozcan M, Hämmerle CHF, Roos M. The fracture load and failure types of veneered anterior zirconia crowns: an analysis of normal and Weibull distribution of complete and censored data. *Dent Mater.* 2012;28(5):478–87.
 24. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:97–106.
 25. Bona AD, Pecho OE, Alessandretti R. Zirconia as a Dental Biomaterial. *Materials (Basel).* 2015;8(8):4978–91
 26. Alfawaz Y. Zirconia Crown as Single Unit Tooth Restoration: A Literature Review. *J Contemp Dent Pract.* 2016;17(5):418–22.
 27. Swain MV. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta Biomaterialia.* 2009;5(5):1668–77
 28. Sailer I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle CHF. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses: a 3-year follow-up. *Int J Prosthodont.* 2009;22(6):553–60
 29. Coelho PG, Silva NR, Bonfante EA, Guess PC, Rekow ED, Thompson VP. Fatigue testing of two porcelain-zirconia all-ceramic crown systems. *Dent Mater.* 2009;25(9):1122–7.
 30. Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res.* 2014;58(4):208–16.
 31. Ahmed WM, Shariati B, Gazzaz AZ, Sayed ME, Carvalho RM. Fit of tooth-supported zirconia single crowns-A systematic review of the literature. *Clin Exp Dent Res.* 2020;6(6):700–16.
 32. Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J.* 2015;219(11):521–9

33. Cevik P, Schimmel M, Yilmaz B. New generation CAD-CAM materials for implant-supported definitive frameworks fabricated by using subtractive technologies. *Biomed Res Int.* 2022;3074182
34. Frąckiewicz W, Szymlet P, Jedliński M, Światłowska-Bajzert M, Sobolewska E. Mechanical characteristics of zirconia produced additively by 3D printing in dentistry - A systematic review with meta-analysis of novel reports. *Dent Mater.* 2024;40(1):124–38.
35. Alghauli M, Alqutaibi AY, Wille S, Kern M. 3D-printed versus conventionally milled zirconia for dental clinical applications: Trueness, precision, accuracy, biological and esthetic aspects. *J Dent.* 2024;144:104925.
36. Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2010;37(8):641–52.

