

UNIVERSIDADE DE UBERABA
Curso de Odontologia

Ana Claudia Silva
Jéssica Cristina Oliveira Silva

**RESTAURAÇÕES INDIRETAS EM RESINA COMPOSTA POR
IMPRESSÃO 3D: REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA**

Uberaba - MG
2024

Ana Claudia Silva
Jéssica Cristina Oliveira Silva

**RESTAURAÇÕES INDIRETAS EM RESINA COMPOSTA POR
IMPRESSÃO 3D: REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Graduação em Odontologia da
Universidade de Uberaba como
requisito parcial para obtenção do
título de Cirurgião-Dentista.
Orientador: Prof. Dr. Gilberto A.
Borges

Uberaba - MG
2024

DEDICATÓRIA

ANA CLAUDIA:

Agradeço a Deus pela força, sabedoria e bênçãos concedidas ao longo dessa jornada. Dedico esse trabalho ao meu filho Benício, que é a maior inspiração da minha vida, meu combustível para enfrentar todos os obstáculos com resiliência.

Ao meu noivo, Jonathan Ferreira, por seu amor incondicional, paciência e compreensão nos momentos de ausência, e pela presença em todos os momentos da graduação. Você é o pilar da nossa família, cada conquista minha é sua também.

A minha mãe, Ana Maria, que sonhou cada momento ao meu lado, do início ao fim. Sua coragem, resiliência e sabedoria sempre me inspiraram a seguir em frente, esse trabalho é, em grande parte, fruto do seu apoio e da sua fé.

Ao meu pai, David Silva, que me ensinou o valor do esforço, da responsabilidade e integridade. Obrigada por acreditar que seria capaz.

Com muito carinho e saudade, a minha avó Olivia Maria Pereira, *in memoriam*, seu amor e sabedoria continuam a me guiar e inspirar, deixo aqui registrado sua frase da sabedoria: “O conhecimento não ocupa espaço, estuda.”, minha amada e eterna, vovó Juca.

A minha irmã, Nayara, pela amizade, presença constante e os seus conselhos que trilharam todo meu caminho. Seu amor incondicional me motivou a seguir em frente mesmo em momentos desafiadores.

A minha sobrinha, Lívia Manuella, que com sorriso e alegria iluminou os meus dias mais escuros.

Ao meu cunhado, Wesley Borges, por todo apoio e incentivo ao longo dessa caminhada.

Aos meus tios, Maria de Fátima Pereira, Eurípedes Pereira e primos, que sempre estiverem presentes na minha vida oferecendo apoio, motivação e amor.

Aos meus sogros, José Ferreira e Ivone Cristina, que com muito carinho e amor cuidaram do nosso filho para que pudesse concluir a minha jornada acadêmica.

Ao meu grande amigo, Dr. Elder Marcos Alves, por ter proporcionado momentos de conhecimento e apoio desde o início da graduação.

A minha grande amiga e companheira dessa jornada, Jessica Cristina, a qual sempre me ajudou e amparou nos momentos mais difíceis. Confesso que sem você isso não seria possível, com seu auxílio tudo ficou mais leve.

Agradeço profundamente à Escola M. Cel. Júlio Borges, que foi fundamental para cursar a Graduação, me preparou para todos os desafios que encontraria pela frente.

A todos os amigos da Comunidade Rural de Jaguarinha, onde vivi parte significativa da minha vida, da qual me orgulho profundamente. O apoio e solidariedade que recebi ao longo dos anos foram essenciais para determinação da realização deste sonho.

Enfim, conseguimos, obrigada!

DEDICATÓRIA

JÉSSICA:

Dedico esse trabalho a Deus, que foi meu acalento nas horas difíceis, que me sustentou e não me deixou fraquejar durante esses cinco anos de graduação.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a minha família. A minha mãe, Fabiola Cristina de Oliveira, que foi essencial nesses cinco anos, nunca me deixando faltar nada; e ao meu padrasto, Alysson Eduardo da Silva, que sempre acreditou e me incentivou ao longo desse caminho. Sem vocês, eu não teria chegado até aqui.

Agradeço a minha irmã, Júlia Cristina Oliveira Souza, que foi primordial em minha caminhada, me incentivando e acreditando em mim, apoiando-me e ajudando-me como ninguém.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Gilberto Borges, que desempenhou um papel fundamental para a realização desse sonho.

A minha amiga de faculdade, Ana Claudia, pelo companheirismo e incentivo ao longo dessa jornada. Não foi fácil, mas, com você, tudo ficou mais leve.

Por fim, agradeço a todos os meus professores do Curso de Odontologia, que foram essenciais para o meu desenvolvimento.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Universidade de Uberaba por ter proporcionado uma base sólida de conhecimento e pela estrutura necessária para a realização deste trabalho.

Ao nosso orientador, Prof. Dr. Gilberto A. Borges, pela paciência, dedicação e orientações indispensáveis durante toda a construção deste trabalho. Sua experiência e apoio foram fundamentais para que pudéssemos superar todos os desafios. E

Expressamos, ainda, nossa gratidão a todos os professores e colaboradores que nos acompanharam durante toda jornada acadêmica, contribuindo e incentivando cada passo e enriquecendo a nossa trajetória.

Por fim, agradecemos a todos que, de forma direta ou indireta, colaboraram para a conclusão deste trabalho e para o nosso crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

A influência das novas tecnologias digitais na odontologia, especialmente aquelas relacionadas à imagem 3D e ao *design* computacional, trouxe mudanças significativas nos métodos de confecção de restaurações dentárias. A revisão narrativa proposta neste estudo visou explorar a literatura científica atualmente disponível sobre a aplicação de resinas compostas impressas em 3D para restaurações permanentes. Este trabalho buscou abordar vieses na literatura, avaliou a confiabilidade e a adequação dos materiais, bem como identificou áreas que necessitam de mais pesquisa para garantir a indicação correta e segura desses materiais na prática odontológica. Com o desenvolvimento do trabalho foi possível concluir que as resinas compostas 3D representam um avanço importante na odontologia restauradora, combinando estética e funcionalidade com possibilidades de personalização, sendo a confiabilidade dessas restaurações, permite compreender que embora promissoras, ainda dependem de vários fatores, como a habilidade do profissional, a técnica de polimerização e a manutenção pelo paciente. É um tema em constante evolução, que necessita de mais estudos que ampliem o conhecimento sobre os materiais e suas aplicações, além de explorar novas possibilidades para tratamentos restauradores.

Palavras-chave: Resina composta; Impressão 3D; Restaurações indiretas; Digital Dentistry.

ABSTRACT

The influence of new digital technologies in dentistry, especially those related to 3D imaging and computational design, has brought significant changes to the methods of manufacturing dental restorations. The narrative review proposed in this study aimed to explore the currently available scientific literature on the application of 3D printed composite resins for permanent restorations. This work sought to address biases in the literature, evaluated the reliability and suitability of the materials, and identified areas that require further research to ensure the correct and safe indication of these materials in dental practice. With the development of the work, it was possible to conclude that 3D composite resins represent an important advance in restorative dentistry, combining aesthetics and functionality with possibilities for customization. The reliability of these restorations allows us to understand that, although promising, they still depend on several factors, such as the professional's skill, the polymerization technique, and maintenance by the patient. This is a constantly evolving topic that requires further studies to expand knowledge about the materials and their applications, in addition to exploring new possibilities for restorative treatments.

Keywords: Composite resin; 3D Printing; Indirect Restorations; Digital Dentistry.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1. MÉTODO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
3. DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

A introdução de novas tecnologias, especialmente as digitais relacionadas à imagem 3D, design computacional, juntamente com métodos de confecção de restaurações, além de progresso e mudanças significativas na ciência dos materiais, têm influenciado profundamente a odontologia nas últimas décadas (KESSLER, HICKEL & REYMUS *et al.*, 2020). Nos estágios iniciais dessa revolução digital, o design assistido por computador (CAD) e a fabricação assistida por computador (CAM) eram sinônimos de um processo de fabricação subtrativa (SM), onde um objeto é criado a partir de um bloco de material por meio de fresagem, retificação, perfuração, torneamento ou polimento. Mais recentemente, um processo de fabricação aditiva (AM) baseado na tecnologia de impressão 3D, permitindo a fabricação de objetos adicionando e unindo camadas sucessivas de material, tem sido cada vez mais utilizado na odontologia, especialmente na confecção de restaurações. Nessa perspectiva, a aplicação da impressão 3D no fluxo de trabalho de confecção de restaurações confeccionadas em resina composta impressa, tem possibilitado a produção digital de restaurações permanentes, reduzindo o tempo e o custo de fabricação e aumentando a versatilidade para a fabricação de geometrias complexas (BALESTRA *et al.*, 2024).

Um dos principais objetivos da utilização de um material restaurador permanente ou provisório é oferecer aos pacientes um substituto para a estrutura dentária perdida, o qual deve permanecer em função com resistência, compatibilidade biológica e estética por mais longo período possível. No entanto, o complexo ambiente intraoral pode afetar as propriedades físicas e mecânicas do material restaurador utilizado. Sabe-se que algumas propriedades dos materiais restauradores são influenciadas pelas diferentes situações às quais o material é exposto durante a vida do paciente (DEMARCO *et al.*, 2022).

A confecção de restaurações indiretas com cerâmicas odontológicas e sua aplicação clínica é bem comprovada com resultados duradouros, por outro lado a confecção de restaurações em resinas compostas confeccionadas indiretamente tem sido utilizada e mostrado resultados satisfatórios. Esta técnica tem sido utilizada por muitos anos, e envolve técnica relativamente simples e barata (DA VEIGA *et al.*, 2016). Todavia, com a evolução dos materiais e técnicas de impressão 3D com resinas compostas gerou a possibilidade de confeccionar restaurações mais rápidas

e processo ainda mais simples para o profissional e paciente. Contudo, a aplicação dessa tecnologia na odontologia tem gerado controvérsia e não possui muitos resultados de longo prazo. No que se diz respeito às propriedades mecânicas, precisão dimensional e ajuste dos materiais impressos em 3D para restaurações permanentes, há alguns vieses na literatura pertinente (ALHARBI, ALHARBI & OSMAN *et al.*, 2021; DAGHRERY *et al.*, 2023). Deve-se considerar cuidadosamente se os materiais são para uso provisório ou permanente e, portanto, precisam satisfazer a biocompatibilidade, seja qual for o uso intraoral.

A tecnologia surge, as pessoas se envolvem e aplicam, e os trabalhos científicos surgem para corroborar ou relatar falhas e necessidades de melhoras, entretanto, é sempre necessário avaliar e obter informações mais recentes e fidedignas para a indicação correta (PAPATHANASIOU *et al.*, 2023; TZIMAS, RAHIOTIS & PAPPA *et al.*, 2024; PRAUSE *et al.*, 2024; ÖZBERK & KARAKAYA *et al.*, 2024).

Dada a importância em aplicar materiais impressos em 3D em odontologia restauradora, especialmente utilizando resinas compostas, na perspectiva de baixar o custo e beneficiar mais indivíduos, é oportuno e relevante explorar a literatura científica atualmente disponível sobre a aplicação desses materiais. Para este fim, foi conduzida uma revisão narrativa da literatura enfocada em resinas compostas impressas em 3D para restaurações permanentes.

2. MÉTODO

Para fundamentação teórica, foi realizada pesquisa bibliográfica nas seguintes bases de dados: Scielo, PubMed, Periódicos Capes e Google acadêmico.

Para a pesquisa foram utilizados os seguintes descritores em língua inglesa: *Composite resin, 3D printing, Indirect restoration, Digital dentistry*, que se traduzem para o português como: Resina Composta, Impressão 3D, Restaurações Indiretas e Odontologia Digital.

Os artigos encontrados foram selecionados com critérios de inclusão que obedeceu a publicação original, sendo estudos laboratoriais, clínicos, relatos de casos e revisão de literatura. Os artigos selecionados foram recuperados e leituras realizadas para a fundamentação teórica que permitiu a confecção do trabalho.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Yasushi Shimada *et al.*, em 2012, avaliaram que a adaptação interna de restaurações à parede da cavidade é um dos tópicos importantes na odontologia clínica. Os objetivos do estudo dos autores, foram investigar a possibilidade de utilizar o sistema de imagem tomográfica não invasivo para ensinar a importância da adaptação da cavidade no treinamento pré-clínico da faculdade de odontologia. A tomografia de coerência óptica de fonte varrida (SS-OCT) foram usadas para detecção de defeitos marginais e internos nas restaurações de resina composta como um dispositivo educacional. Restaurações compostas de Classe 1 e Classe 2 para dentes molares de resina melamínica foram atribuídas aos alunos e preparadas durante o teste de habilidade, e a imagem SS-OCT foram realizadas para avaliar os trabalhos dos alunos. A SS-OCT pôde detectar as lacunas e vazios internos dentro das restaurações em imagens de tomografia sintetizadas com base no sinal de retro dispersão de dentro da restauração. Foram sugeridos que a SS-OCT é uma modalidade diagnóstica promissora, bem como dispositivo de imagem educacional para a detecção de lacunas internas em restaurações adesivas.

Veiga *et al.*, em 2016, realizaram uma revisão sistemática e meta-análise para uma avaliação das diferenças no desempenho clínico em restaurações diretas e indiretas de resina composta em dentes posteriores permanentes.

Segundo os autores foram incluídos ensaios clínicos randomizados (ECR) que compararam o desempenho clínico de restaurações diretas e indiretas de resina composta em cavidades Classe I e Classe II em dentes permanentes, com pelo menos dois anos de acompanhamento. A ferramenta de risco de viés sugerida pela Cochrane Collaboration, segundo os autores, foi utilizada para avaliação da qualidade.

Após remoção das duplicatas, identificaram 912 estudos os quais vinte preencheram os critérios de inclusão após a triagem dos resumos. Após exame, nove ECRs que foram incluídos na análise qualitativa e cinco foram considerados de “baixo” risco de viés. Foi constatado pelos autores, que a diferença geral de risco na longevidade entre restaurações diretas e indiretas de resina composta em dentes posteriores permanentes ($p > 0,05$) no acompanhamento de cinco anos foi de 1,494 [0,893-2,500], e independentemente do tipo de dente restaurado, o de molar e pré-

molares foi de 0,716 [0,177-2,888] no acompanhamento de três anos. Com base nos achados, concluíram que não houve diferença na longevidade das restaurações diretas e indiretas de resina composta, independentemente do tipo de material e do dente restaurado.

Juan Xia *et al.*, em 2018, relataram que a tecnologia de impressão tridimensional (3D), é amplamente usada na odontologia para aplicações que incluem cirurgia de implante, cirurgia oral e maxilofacial, cirurgia ortognática, endodontia e prótese. Um modelo impresso em 3D torna a execução do procedimento de reparo mais rápida e conveniente. Segundo os autores, a restauração estética de dentes anteriores pode recuperar a beleza facial, melhorar as funções de fala e mastigação e melhorar a qualidade de vida do paciente. Foram citados dois tipos de casos clínicos, incluindo dentes fraturados e cáries dentárias. Em ambos, um modelo impresso em 3D foi usado para restauração direta de resina composta de incisivos centrais maxilares. Um modelo impresso em 3D foi construído usando o seguinte processo de 3 etapas: a aquisição de dados foi conduzida por meio de escaneamento intraoral, a moldagem virtual foi realizada usando um processo de imagem e a fabricação foi realizada usando uma impressora 3D. Os autores concluíram, que a restauração estética dos incisivos com a assistência do modelo impresso em 3D alcançou os resultados antecipados, e os pacientes ficaram muito satisfeitos com o efeito e que a restauração direta de resina composta usando um modelo impresso em 3D representa uma opção rápida, conveniente, estética e funcional para o tratamento de incisivos centrais superiores. Ainda afirmaram que, um modelo impresso em 3D é, portanto, uma alternativa aceitável e confiável à restauração direta tradicional de incisivos centrais superiores incluindo dentes fraturados e cáries dentárias.

Kessler *et al.*, em 2020, realizaram comparativos que justificaram a impressão tridimensional (3D) a ser uma tecnologia em rápido desenvolvimento que ganhou ampla aceitação na odontologia. Após os resultados de métodos convencionais e digitais subtrativos controlados por computador, os autores concluíram que a impressão 3D oferece vantagens no processo. Materiais como resinas, metais e cerâmicas podem ser fabricados usando diversas técnicas. A impressão 3D foi introduzida há mais de três décadas e que hoje está passando por um rápido desenvolvimento devido à expiração de muitas patentes e é frequentemente descrita como a tecnologia chave da próxima revolução industrial. A transição para a sua aplicação clínica em Odontologia é altamente dependente dos materiais disponíveis,

que devem não só fornecer a precisão necessária, mas também as propriedades biológicas e físicas necessárias.

Alharbi *et al.*, em 2021, avaliaram a suscetibilidade a manchas e a eficácia de diferentes técnicas de remoção de manchas. Um total de 120 facetas vestibulares foram fabricadas usando fresagem (n = 60) e impressão 3D SLA (n = 60). Com base nos meios de imersão: café, chá e saliva artificial, cada grupo foi dividido em três subgrupos (n = 20). A suscetibilidade a manchas foi avaliada calculando a diferença de cor (ΔE_{00}) em 12 e 24 dias usando um espectrofotômetro contra fundos preto e branco. Os dados coletados foram analisados com ANOVA e teste post hoc de Tukey ($p < 0,05$). Um efeito de interação significativo foi encontrado entre os meios de coloração e os métodos de fabricação em fundos preto e branco ($p < 0,001$). Restaurações impressas em 3D mostraram suscetibilidade a manchas significativamente maior do que restaurações fresadas ($p < 0,001$). O tempo de imersão prolongado aumentou a diferença de cor em ambos os grupos. O clareamento no consultório foi mais eficaz na remoção de manchas em ambos os grupos de restauração impressa em 3D e fresada. A suscetibilidade do novo material restaurador impresso em 3D apresentou a mudanças de cor em diferentes meios de imersão foi clinicamente inaceitável. Os autores concluíram que, os clínicos podem esperar a necessidade de substituir a restauração após 1-2 anos e, portanto, a recomendação para o uso de tal material como uma restauração permanente não pode ser feita, mas sim como uma restauração temporária de longo prazo.

Em uma revisão de literatura, Demarco *et al.*, em 2022, forneceram uma visão geral dos fatores que influenciam a longevidade de todos os tipos de restaurações diretas em resina composta. Foi realizada pelos autores, uma busca sistemática nas

bases de dados PubMed, Scopus e Web of Science para artigos que relataram dados de estudos clínicos longitudinais primários sobre a longevidade de compósitos publicados entre 2011-2021. Foram incluídos estudos prospectivos ou retrospectivos com restaurações em dentição permanente, com períodos de acompanhamento de pelo menos 5 anos. No total, 33 artigos foram incluídos com diferentes delineamentos de estudo, ambientes de prática, conjuntos de dados, países de origem e tamanhos de amostra. As taxas anuais de falha das restaurações variaram de 0,08% a 6,3%. As taxas de sobrevivência variaram entre 23% e 97,7%, e as taxas de sucesso variaram entre 43,4% e 98,7%. Cáries secundárias, fraturas e comprometimento estético foram as principais razões para falhas. Os autores concluíram que os fatores de risco para a durabilidade reduzida das restaurações incluíram fatores ao nível do paciente (por exemplo, risco de cárie, hábitos parafuncionais, número de consultas por ano, status socioeconômico), fatores do dentista (diferentes operadores, experiência do operador) e fatores do dente/restauração (tratamento endodôntico, tipo de dente, número de superfícies restauradas). O gênero do paciente e o compósito utilizado geralmente não influenciaram a durabilidade. De acordo com os autores, diversos fatores de risco estão envolvidos na longevidade das restaurações de compósito e afirmam que diferenças entre compósitos desempenham um papel menor na durabilidade, assumindo que os materiais e técnicas são aplicados corretamente pelos dentistas. Os fatores do paciente desempenham um papel importante na longevidade. O processo de tomada de decisão implementado pelos dentistas em relação ao diagnóstico de restaurações envelhecidas ou falhas também pode afetar a longevidade das restaurações. Reafirmam que, os clínicos devem tratar os pacientes de forma abrangente e promover um estilo de vida saudável para garantir a longevidade.

Daghrery *et al.*, em 2023, relataram que a estabilidade da cor a longo prazo e as propriedades superficiais das facetas laminadas anteriores estão entre os fatores cruciais que afetam a longevidade clínica das restaurações estéticas. Novos materiais impressos em 3D estão sendo introduzidos como tratamento restaurador definitivo e que há uma variedade existente de facetas indiretas, porém minimamente invasivas, de resina composta, onde encontraram pesquisas sobre suas propriedades superficiais os quais são justificadas. Os autores avaliaram o efeito do envelhecimento artificial por imersão em diferentes soluções corantes sobre as mudanças de cor, brilho e rugosidade superficial (Ra) das facetas impressas em 3D, em comparação

com os sistemas de facetas de resina composta pré-fabricadas (PRCVs) fabricados pela Compeer e Edelweiss. Além disso, compararam os efeitos de dois métodos de remoção de manchas: repolimento com discos Sof-Lex e clareamento em consultório com peróxido de hidrogênio a 40%. As facetas ($n = 24$) foram divididas aleatoriamente de acordo com as soluções de imersão utilizadas, ou seja, chá e café. Medições colorimétricas, rugosidade superficial e brilho superficial foram determinadas antes e depois da coloração e do tratamento superficial com clareamento em consultório ou polimento superficial. Os autores analisaram estatisticamente utilizando ANOVA de dois fatores, seguido pelo teste post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$). O envelhecimento artificial com imersão em soluções corantes levou a mudanças significativas de cor, aumento da rugosidade superficial e redução do brilho em todos os materiais ($p < 0,05$). As facetas impressas em 3D apresentaram valores de ΔE mais elevados (café = $10,112 \pm 0,141$) e (chá = $10,689 \pm 0,771$) em comparação com a linha de base após 7 dias de envelhecimento. As facetas impressas em 3D tiveram uma rugosidade superficial Ra estatisticamente significativa ($0,574 \mu\text{m} \pm 0,073$). O brilho foi superior a 70% em todos os grupos na linha de base; esses valores caíram em todos os grupos após 7 dias de envelhecimento artificial. Após os procedimentos de remoção de manchas, os valores de ΔE diminuíram em todas as facetas testadas. No entanto, concluíram que não retornaram aos valores da linha de base, e ambos os métodos de remoção de manchas tiveram um efeito adverso na rugosidade superficial e na retenção de brilho em todas as facetas testadas.

Papathanasiou *et al.*, em 2023, avaliaram o efeito dos procedimentos de envelhecimento na cor, brilho e rugosidade superficial de materiais compósitos CAD/CAM. Realizaram testes com 6 materiais compósitos CAD/CAM (Brilliant CRIOS, Cerasmart, Lava Ultimate, Tetric CAD, Shofu Block HC, Grandio Blocs). Dez unidades de cada material, fabricados por CAD/CAM e polidos de acordo com as recomendações dos fabricantes, foram submetidos a um dos seguintes procedimentos de envelhecimento: imersão em café (30 dias, 37°C), termociclagem em água (5000 ciclos, $5-55^{\circ}\text{C}$) e fotoenvelhecimento (150.000 kJ/m^2). Medições de cor, brilho e rugosidade superficial foram realizadas antes e após o envelhecimento, e as respectivas alterações foram calculadas. Testes de Kruskal-Wallis, t-test pareado, ANOVA unidirecional e testes post-hoc de Bonferroni foram usados para análise estatística ($\alpha = 0,05$). Os autores concluíram que as mudanças de cor variaram de 3,03 a 4,13 após a imersão em café, de 1,33 a 2,55 após a termociclagem

e de 1,02 a 2,75 após o fotoenvelhecimento. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para ΔE^*ab entre os materiais após a imersão em café e termociclagem ($p > 0,05$). As mudanças de brilho variaram de -5,7 a -1,6 GU após a imersão em café, de -2,3 a 0,1 GU após a termociclagem e de -4,4 a 0,5 GU após o fotoenvelhecimento. Não foram encontradas diferenças significativas nas alterações de brilho entre os materiais após o envelhecimento ($p > 0,05$). O Tetric CAD demonstrou o brilho significativamente menor e a maior rugosidade superficial após o polimento. Exceto pelo brilho após a termociclagem, os procedimentos de envelhecimento causaram alterações significativas nos parâmetros de brilho e rugosidade superficial em relação aos níveis iniciais. Sendo assim, afirmaram que os procedimentos de envelhecimento causaram mudanças perceptíveis, mas aceitáveis, na cor e pequenas, mas visíveis, mudanças no brilho, enquanto os parâmetros de rugosidade superficial dos materiais compósitos CAD/CAM testados foram significativamente afetados pelo envelhecimento indicando que esses materiais podem ser suscetíveis a alterações de cor e superfície no ambiente oral, o que pode comprometer a estética e o desempenho das restaurações. Estudos clínicos são necessários para investigar o comportamento a longo prazo dos novos materiais CAD/CAM.

Balestra *et al.*, em 2024, fizeram uma revisão crítica da literatura a respeito das evidências científicas atualmente disponíveis sobre materiais imprimíveis em 3D e tecnologias de impressão 3D usadas para a fabricação de restaurações permanentes, com foco nas propriedades dos materiais que são clinicamente relevantes. Uma busca bibliográfica foi realizada em quatro bases de dados (MEDLINE/PubMed, Scopus, Cochrane Library, Web of Science) para artigos publicados de janeiro de 2013 a novembro de 2023, usando uma combinação de palavras livres: (restorative dentistry OR prosthetic dentistry) AND (3D printing OR additive manufacturing OR rapid prototyping) AND materials. Dois revisores selecionaram títulos e/ou resumos de 2.468 estudos exclusivos. No total, 83 estudos foram selecionados para leitura do texto completo, dos quais 36 foram incluídos na revisão. As variáveis avaliadas pelos autores, foram propriedades mecânicas, relatando na maioria dos casos resultados positivos, precisão dimensional e ajuste, relatando resultados conflitantes com predominância de propriedades positivas, estéticas, com relatos positivos, mas pouco abordadas, e propriedades biológicas, quase inexploradas em estudos independentes. Apesar de vários estudos com resultados positivos a favor, artigos

com resultados negativos também foram recuperados. Propriedades estéticas e biológicas, inversamente, ainda são em grande parte inexploradas. Os autores concluíram que ainda há uma falta de evidências conclusivas para materiais restauradores e protéticos imprimíveis em 3D viáveis para restaurações permanentes e que a pesquisa deve ser fortalecida pela definição de padrões internacionais para testes laboratoriais e, onde os dados pré-clínicos forem promissores, pela condução de ensaios clínicos.

Após uma revisão de literatura, Özberkna *et al.*, em 2024, descreveram como tem havido uma rápida tendência para a digitalização na odontologia, com a utilização de tecnologias de design assistido por computador e de fabrico assistido por computador (CAD/CAM) e o quão tornaram-se cada vez mais comuns. Relataram que na odontologia, três conceitos diferentes são utilizados para produzir um protótipo físico: aditivo, subtrativo e híbrido. As técnicas de fabricação aditiva, que funcionam com base na tecnologia CAD/CAM, têm se mostrado uma alternativa aos métodos subtrativos pelas diversas vantagens que oferecem, e por esta razão, seu uso na indústria odontológica tem aumentado rapidamente. Prevê-se que as tecnologias de fabricação aditiva, que encontraram uma ampla gama de utilizações em diversas aplicações odontológicas, se tornarão o principal método de fabricação digital em odontologia no futuro. Tiveram como objetivo principal examinar os métodos CAM comumente utilizados em odontologia o qual avaliou sistematicamente as vantagens e desvantagens destes métodos. Examinaram os processos de funcionamento das tecnologias de fabricação aditiva utilizadas na odontologia; avaliou os usos e desenvolvimentos dessas técnicas de fabricação aditiva em odontologia restauradora. Para tanto, os autores realizaram uma varredura da literatura utilizando termos MeSH relacionados ao tema (“manufacturing, fabrication Techniques”, “CAD/CAM, restaurações”, “odontologia digital”, “sistemas aditivos, subtrativos”, “fabricação aditiva em odontologia restauradora”) em bases de dados médicas (Medline-PubMed, Embase). Concluíram que as tecnologias de manufatura aditiva, que se tornaram difundidas em muitos campos devido ao seu sucesso na fabricação de estruturas complexas, o qual começaram a atrair interesse em aplicações dentárias regenerativas e restaurativas como alternativa aos métodos convencionais e subtrativos. Esta tecnologia, empregada em diversas áreas da odontologia, tem

gerado esperanças na regeneração total dos tecidos dentários, principalmente com a capacidade de criar modelos dinâmicos com 4DP.

Prause *et al.*, em 2024, realizaram um estudo de avaliação da resistência à flexão e o comportamento à fadiga de uma nova resina composta impressa em 3D para restaurações definitivas. Os autores utilizaram cinquenta amostras em forma de disco que foram fabricadas a partir de resina composta nanohíbrida (NHC), rede cerâmica infiltrada com polímero (PICN) e resina composta impressa em 3D (3D) com tecnologia CAD-CAM. A resistência à flexão biaxial (σ_{in}) ($n = 30$ por grupo) e a resistência à fadiga por flexão biaxial (σ_{ff}) ($n = 20$ por grupo) foram medidas usando o método pistão-em-três-esferas, empregando uma abordagem em escada de 105 ciclos. Estatísticas de Weibull, cálculos de degradação de resistência relativa e fractografia foram realizados. Os resultados foram analisados com ANOVA unidirecional e teste post hoc de Games-Howell ($\alpha = 0,05$). Detectaram diferenças significativas em σ_{in} e σ_{ff} entre os grupos ($p < 0,001$). O grupo NHC apresentou a maior média \pm desvio padrão σ_{in} e σ_{ff} ($237,3 \pm 31,6$ MPa e $141,3 \pm 3,8$ MPa), seguido pelo PICN ($140,3 \pm 12,9$ MPa e $73,5 \pm 9,9$ MPa) e o grupo 3D ($13,5 \pm 64$ MPa ($83,5 \pm 9,9$ grupos MPa) $\pm 23,8$ MPa). O grupo 3D exibiu módulo de Weibull significativamente menor ($m = 4,7$) e degradação da resistência relativa até 15% maior, com áreas de microestrutura não homogênea como possíveis origens de fratura. Sendo assim, concluíram que a resina composta impressa em 3D exibiu as propriedades mecânicas mais baixas, onde áreas de microestrutura não homogênea desenvolvidas durante o procedimento de mistura serviram como possíveis origens de fratura.

Em uma revisão de literatura, Tzimas *et al.*, em 2024, com direcionamento aos materiais híbridos, demonstraram que são uma adição recente no campo da odontologia restauradora para restaurações indiretas de design/fabricação auxiliada por computador (CAD/CAM). Os autores relataram que, a parte clínica a longo prazo dos materiais restauradores dentários modernos é influenciado por múltiplos fatores. Dentre as características que afetam a longevidade de uma restauração, as propriedades mecânicas e as interações físico-químicas são de extrema importância. Embora numerosos pesquisadores avaliem constantemente as propriedades mecânicas, a base biológica dos biomateriais CAD/CAM baseados em resina é pouco investigada e, portanto, menos descrita na literatura. O objetivo principal dos autores foram de analisar a formação de biofilme nas superfícies de novos materiais CAD/CAM híbridos à base de resina e avaliou os protocolos metodológicos seguidos

para avaliar o crescimento microbiano, demonstrando que a estrutura superficial, a composição e os procedimentos de acabamento e polimento na superfície de um material restaurador dentário influenciam a adesão bacteriana inicial; no entanto, a maioria dos estudos concentra-se em protocolos *in vitro*, e faltam pesquisas *in vivo* e/ou *in situ* sobre microbiômica em materiais restauradores CAD/CAM, obstruindo uma compreensão precisa do fenômeno de bioadesão na cavidade oral.

Os autores concluíram que os materiais restauradores CAD/CAM recentemente introduzidos estão ganhando atenção devido às suas propriedades mecânicas mais do que satisfatórias. O contexto biológico dos materiais dentários testados revela-se um fator significativo na ciência dentária, uma vez que a adesão bacteriana está inextricavelmente ligada à cárie secundária nas margens de uma restauração e, subsequentemente, ao bom ou ao mau desempenho clínico de uma restauração. A adesão bacteriana em materiais à base de resina CAD/CAM é investigada principalmente em estudos *in vitro* que, infelizmente, não representam as condições exatas do ambiente bucal. A literatura atual demonstra uma possível interação entre a formação de biofilme e a superfície do substrato. A rugosidade da superfície, a energia livre da superfície, a topografia da superfície e a composição elementar e química podem ter um impacto crucial no crescimento do biofilme, principalmente nos estágios iniciais da adesão bacteriana. Ainda afirmaram, que mais estudos devem ser realizados para esclarecer o fenômeno desconhecido da bioadesão.

René Daher *et al.*, em 2024, realizaram um estudo *in vitro*, avaliando a integridade da interface adesiva marginal antes e depois da fadiga térmica e mecânica de uma formulação inicial de uma resina composta impressa em 3D e ainda avaliaram a eficiência deste método de fabricação. Sendo assim, iniciando os casos, molares recém-extraídos foram preparados para onlays e restaurados adesivamente com resina composta impressa em 3D (VarseoSmile Crown Plus), (Grupo 3D), resina composta fresada (Tetric CAD) (Grupo MCOMP), PMMA fresado (Telio CAD) (Grupo PMMA) e dissilicato de lítio fresado (IPS e.max CAD) (Grupo EM). Os autores fizeram as análises marginais em um microscópio eletrônico de varredura antes e depois da fadiga por carga cíclica termomecânica, e as porcentagens inicial e terminal de margem contínua (%CM) foram comparadas. O tempo necessário para a produção de cada tipo de restauração foram registrados, e os custos de produção também foram comparados. Antes do envelhecimento 3D, MCOMP e E.MAX apresentaram valores

comparáveis de %CM (69,8%, 75,9% e 63,1%, respectivamente) que foram estatisticamente significativamente maiores ($P < .05$) do que aqueles de PMMA (45,1%). Após o envelhecimento, 3D e E.MAX tiveram resultados comparáveis (44,7% e 43,7%, respectivamente), que foram menores do que aqueles do grupo MCOMP (68,5%), mas maiores do que aqueles do grupo PMMA (20,5%).

Sendo assim, em relação à eficiência de tempo, a impressão 3D levou menos tempo do que MCOMP ou PMMA se mais de 8 restaurações foram fabricadas. Para os custos de produção, a impressão 3D foram 5,5, 8,7 e 10,2 vezes menos cara que PMMA, MCOMP e E.MAX, respectivamente. O custo inicial do equipamento também foi menor para o método de manufatura aditiva. No entanto, a impressão 3D nem sempre reduziu consideravelmente o desperdício. Concluíram, que se em termos de adaptação marginal, a formulação inicial avaliada de uma resina composta impressa em 3D comportou-se de forma semelhante a outros materiais de restauração definitiva bem estabelecidos e melhor que PMMA fresado, tanto antes quanto depois da fadiga. As Resinas impressas tridimensionalmente apresentam vantagens em termos de custos de equipamento e consumíveis, mesmo para uma única restauração, mas também para tempo de produção quando foram realizados mais de 8 restaurações.

Mijoo Kim *et al.*, em 2024, observaram que o desenvolvimento de resina de impressão 3D de alto preenchimento necessita de um protocolo de cimentação para restaurações indiretas dentárias para atingir a resistência de cimentação ideal após a cimentação. Sendo assim, os autores realizaram um estudo crítico com embasamento nas resistências de cimentação ao cisalhamento de materiais impressos em 3D de alto preenchimento para restaurações permanentes com vários tratamentos de superfície. Rodin Sculpture 1.0 (50% de preenchimentos de dissilicato de lítio) e 2.0 Ceramic Nanohybrid (>60% de preenchimentos de zircônia e dissilicato de lítio) foram testados, com resina composta Aelite All-Purpose Body como controle. Os autores preparam as amostras, pós-curadas e jateadas com alumina (25 μm). A rugosidade da superfície foi analisada usando um perfilômetro óptico. Dois protocolos de cimentação foram comparados. Primeiro, os grupos foram tratados com silano de dissilicato de lítio (Porcelain Primer) ou primer de zircônia (Z-Prime Plus) ou deixados sem tratamento sem um agente de colagem. Amostras de cimento resinoso em forma de viga (DuoLink Universal) foram coladas e armazenadas em um banho de água a 37 °C. Em segundo lugar, inseriram conjuntos adicionais de materiais revestidos com um agente de cimentação (All-Bond Universal), seguido pela aplicação de silano ou

deixados sem tratamento. Esses conjuntos foram então armazenados de forma semelhante ao lado de amostras de cimento resinoso. Após os testes, os autores concluíram que a resistência de ligação ao cisalhamento ideal para materiais de impressão 3D de alto enchimento pode ser alcançada com revestimento de silano e aplicação de agente de ligação.

4. DISCUSSÃO

As restaurações em resina composta 3D têm ganhado crescente atenção na odontologia restauradora moderna, especialmente devido às suas propriedades estéticas, capacidade de adesão e facilidade de aplicação. Estas resinas são projetadas para melhorar tanto a longevidade quanto a qualidade da restauração, utilizando composições avançadas que apresentam partículas de preenchimento de última geração e formulações que garantem uma excelente adaptação e resistência. Entretanto, embora o uso de resinas compostas confeccionadas por impressão 3D tenha demonstrado grande potencial, alguns desafios ainda se apresentam em termos de longevidade e confiabilidade. (BALESTRA *et al.*, 2024).

A longevidade de restaurações em resina composta 3D é influenciada por vários fatores, incluindo o tipo de impressora, a quantidade de biofilme gerada em cima dessas restaurações, a qualidade do material, o procedimento de acabamento e pigmentação, o tipo de adesivo utilizado, e as condições de oclusão do paciente. Estudos mostram que, quando bem indicadas e aplicadas adequadamente, estas restaurações podem alcançar durabilidade considerável. Além disso, a contração acontece fora da boca, aumentando a resistência estrutural e evitando trincas no material, e minimizando fator de contração. A adesão adequada ao substrato dentário também contribui diretamente para a longevidade, pois uma união forte minimiza a infiltração marginal e o desenvolvimento de cáries secundárias. (TZIMAS *et al.*, 2024; DAGHRERY *et al.*, 2023).

No entanto, a longevidade é reduzida em ambientes de alta carga mastigatória ou em pacientes que possuem hábitos como bruxismo, que podem aumentar o desgaste e fraturar o material ao longo do tempo ou que possui uma má higiene bucal, acumulando biofilme na superfície das restaurações. Em média, a expectativa de vida das restaurações em resina composta é de 5 a 10 anos, mas com as resinas

compostas 3D mais recentes, alguns estudos clínicos sugerem que essa média pode ser estendida em casos selecionados. (TZIMAS *et al.*, 2024)

A confiabilidade das resinas compostas 3D depende tanto das propriedades do material quanto do controle de fatores clínicos. As resinas 3D atuais como são recentes no mercado odontológico, ainda precisam ser avaliadas quanto a sua resistência mecânica após longo período em função e estabilidade de cor. Para tanto, mais trabalhos clínicos e laboratoriais se fazem necessários. (PAPATHANASIOU *et al.*, 2023; DEMARCO *et al.*, 2022; BALESTRA *et al.*, 2024)

Outra preocupação envolve a resistência ao descolamento e a possíveis falhas adesivas ao longo do tempo, especialmente em regiões de grande complexidade anatômica, onde o processo de cimentação pode ser desafiador, e que ainda não se conhece o comportamento desse tipo de resina ao longo do tempo. Portanto, a sua indicação tem que ser cuidadosa e o profissional deve explicar ao paciente que trata se de material disponível, avaliado mas poderá ter suas complicações. (MIJO KIM *et al.*, 2024; RENÉ DAHER *et al.*, 2024)

A impressão 3D em odontologia pode, eventualmente, possibilitar uma individualização ainda maior das restaurações, adaptando-as exatamente à anatomia do paciente e reduzindo os ajustes clínicos. (BALESTRA *et al.*, 2024)

Pesquisas em andamento enfocam na redução dos efeitos da contração de polimerização e no aprimoramento da interface entre a resina e o dente, com a aplicação de agentes de tratamento de superfície que prometem uma adesão mais duradoura. Ensaios clínicos mais longos são necessários para validar os resultados obtidos em laboratório e para confirmar se esses avanços realmente resultam em maior confiabilidade e durabilidade das restaurações. (RENÉ DAHER *et al.*, 2024).

Dessa forma, as resinas compostas 3D emergem como uma tecnologia promissora na odontologia restauradora, com potencial para redefinir os padrões de personalização e desempenho das restaurações. No entanto, sua aplicação exige critérios rigorosos de indicação, habilidades técnicas do profissional e conscientização dos pacientes sobre as limitações e cuidados necessários. O avanço contínuo das pesquisas e a validação por meio de ensaios clínicos de longo prazo serão cruciais para consolidar a confiabilidade e a durabilidade dessas restaurações, permitindo que sua utilização se torne uma alternativa cada vez mais viável e segura na prática clínica.

5. CONCLUSÃO

As resinas compostas 3D representam um avanço importante na odontologia restauradora, combinando estética e funcionalidade com possibilidades de personalização.

A confiabilidade dessas restaurações, permite compreender que embora promissoras, ainda dependem de vários fatores, como a habilidade do profissional, a técnica de polimerização e a manutenção pelo paciente. É um tema em constante evolução, que necessita de mais estudos que ampliem o conhecimento sobre os materiais e suas aplicações, além de explorar novas possibilidades para tratamentos restauradores.

REFERÊNCIAS

- ALHARBI, N., ALHARBI, A. & OSMAN, R. Stain Susceptibility of 3D-Printed Nanohybrid Composite Restorative Material and the Efficacy of Different Stain Removal Techniques: An In Vitro Study. **Materials (Basel)**, v. 14, n. 19, set. 2021.
- BALESTRA, D. *et al.* 3D Printed Materials for Permanent Restorations in Indirect Restorative and Prosthetic Dentistry: A Critical Review of Literature. **Materials (Basel)**, v. 17, n. 6, p. 1380, mar. 2024.
- DAGHRERY, A. Color Stability, Gloss Retention, and Surface Roughness of 3D-Printed versus Indirect Prefabricated Veneers. **J Funct Biomater**, v. 14, n. 10, p. 492, set. 2023.
- DAHER, R. *et al.* Efficiency of 3D printed composite resin restorations compared with subtractive materials: evaluation of fatigue behavior, cost, and time of production. **The Journal Of Prosthetic Dentistry**, [S.L.], v. 131, n. 5, p. 943-950, maio 2024.
- DA VEIGA, A. M. *et al.* Longevity of direct and indirect resin composite restorations in permanent posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. **J Dent.**, v. 54, p. 1-12, nov. 2016.
- DEMARCO, F. F. *et al.* Longevity of composite restorations is definitely not only about materials. **Dent Mater**, v. 30, n. 1, p. 1-12, dez. 2022.
- KESSLER, A., HICKEL, R. & REYMUS, M. 3D Printing in Dentistry-State of the Art. **Oper Dent.**, v. 45, n. 1, p. 30-40, jan-fev. 2020.
- KIM, M. *et al.* Evaluation of Shear Bond Strengths of 3D Printed Materials for Permanent Restorations with Different Surface Treatments. **Polymers**, [S.L.], v. 16, n. 13, p. 1838-1849, 27 jun. 2024.
- ÖZBERK, T. & KARAKAYA, I. The Use of Additive Manufacturing Technologies in Restorative Dentistry. **Cyprus Journal of Medical Sciences**, v. 9, n. 2, p. 76-83, 2024.
- PAPATHANASIOU, I., *et al.* Effect of aging on color, gloss and surface roughness of CAD/CAM composite materials. **J Dent.**, v. 130, mar. 2023.
- PRAUSE, E. *et al.* Mechanical properties of 3D-printed and milled composite resins for definitive restorations: An in vitro comparison of initial strength and fatigue behavior. **J Esthet Restor Dent.**, v. 36, n. 2, p. 391-401, fev. 2024.
- SHIMADA, Y. *et al.* 3D evaluation of composite resin restoration at practical training using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). **Dental Materials Journal**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 409-417, mai. 2012.

TZIMAS, K., RAHIOTIS, C. & PAPPA, E. Biofilm Formation on Hybrid, Resin-Based CAD/CAM Materials for Indirect Restorations: A Comprehensive Review. **Materials (Basel)**, v. 17, n. 7, p. 1474, mar. 2024.

XIA, J. *et al.* Direct resin composite restoration of maxillary central incisors using a 3D-printed template: two clinical cases. **Bmc Oral Health**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 1-8, 20 set. 2018.