



Voxelprint

Resinas 3D

PERFIL TÉCNICO

LANÇAMENTO





Voxelprint

Resinas 3D

LINHA Voxelprint

A tecnologia de impressão 3D vem transformando e redefinindo práticas e procedimentos na odontologia. Com o avanço contínuo das pesquisas e o aumento da eficiência dos processos de impressão, materiais de alto desempenho vem sendo desenvolvidos para facilitar ainda mais os tratamentos, tornando-os mais rápidos, estéticos e duradouros [1,2].

Os avanços em materiais, ferramentas digitais e tecnologias de manufatura aditiva melhoraram os resultados clínicos e a longevidade das restauração [1], com isso, muitos profissionais passaram a integrar o fluxo “chairside” à sua rotina clínica, uma abordagem que proporciona melhor experiência ao paciente, bem como um consumo reduzido de material, diminuindo o tempo clínico e os custos do tratamento.

A FGM Dental Group, pioneira em desenvolvimento e pesquisa de materiais odontológicos no Brasil, mantendo o seu legado de inovação, apresenta ao mercado as resinas para impressão 3D da linha Voxelprint, uma revolução inteligente nas resinas impressas para próteses de longa duração, temporárias e para placas oclusais. Estes lançamentos elevam os padrões de estética, versatilidade, estabilidade e resistência, oferecendo recursos adicionais para melhor atender aos diversos requisitos dos tratamentos odontológicos modernos.

Convidamos você a conhecer mais sobre os benefícios e especificações técnicas da Voxelprint FULL-X Tough, Ceramic, Splint Tough e TEMP. nas páginas seguintes. Descubra como estes materiais abrem novos horizontes na indústria de restaurações, próteses dentárias e placas oclusais e como podemos dar juntos o próximo passo no desenvolvimento da impressão 3D.

Foto: Dr. Luis Fernando Bessel



1. Daghrery A. Color stability, gloss retention, and surface roughness of 3D-printed versus indirect prefabricated veneers. J Funct Biomater. 2023 Sep 28;14(10):492. doi: 10.3390/jfb14100492.

2. Temizci T, Bozoğulları HN. Effect of thermocycling on the mechanical properties of permanent composite-based CAD-CAM restorative materials produced by additive and subtractive manufacturing techniques. BMC Oral Health. 2024 Mar 14;24(1):334. doi: 10.1186/s12903-024-04016-z.

ÍNDICE

1. VOXELPRINT FULL-X TOUGH

1.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO	8
1.1.1 SISTEMA DE CORES E TRANSLUCIDEZ	8
1.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA	9
1.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	9
1.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS E SUPERFICIAIS DE RESINAS IMPRESSAS EM 3D E PMMA FRESADO PARA PRÓTESES TOTAIS FIXAS TIPO PROTOCOLO SEM INFRAESTRUTURA	10
1.4.1 INTRODUÇÃO	10
1.4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	11
1.4.2.1 Delineamento experimental	11
1.4.2.2 Confeção dos corpos de prova impressos em 3D	11
1.4.2.3 Confeção dos corpos de prova fresados	11
1.4.2.4 Resistência à flexão e deformação total	12
1.4.2.5 Tenacidade à fratura	12
1.4.2.6 Brilho superficial	13
1.4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	13

1.4.4 RESULTADOS	14
1.4.4.1 Resistência à flexão	14
1.4.4.2 Deformação total	14
1.4.4.3 Tenacidade à fratura	15
1.4.4.4 Brilho superficial	15
1.4.5 DISCUSSÃO	16
1.4.6 CONCLUSÃO	17
1.4.7. RELEVÂNCIA CLÍNICA	17
1.4.8 CASO CLÍNICO	18
1.4.9 REFERÊNCIAS	19

ÍNDICE

2. VOXELPRINT CERAMIC

2.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO	20
2.1.1 SISTEMA DE CORES E TRANSLUCIDEZ	20
2.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA	21
2.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	21
2.4 PROPRIEDADES	22
2.4.1 ANÁLISE MICROESTRUTURAL E DE TEOR DE CONSTITUINTES INORGÂNICOS	22
2.4.2 RESISTÊNCIA FLEXURAL	24
2.4.3 MÓDULO DE FLEXÃO	25
2.4.4 MICRODUREZA VICKERS (HV)	26
2.4.5 ESTABILIDADE DE COR	
2.4.5.1 ESTABILIDADE DE COR PÓS-CURA	27
2.4.5.2 ESTABILIDADE DE COR PÓS-CURA	29
2.4.6 RADIOPACIDADE	30
2.4.7 CITOTOXICIDADE	31
2.5 CASO CLÍNICO	32
2.6 REFERÊNCIAS	34

ÍNDICE

3. VOXELPRINT SPLINT TOUGH

3.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO	35
3.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA	35
3.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	36
3.4 PROPRIEDADES	37
3.4.1 AVALIAÇÃO DA TENACIDADE E DA ENERGIA DE FRATURA TOTAL DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PLACAS OCLUSAIS	37
3.4.2 AVALIAÇÃO DA DUREZA SHORE D DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PLACAS OCLUSAIS	39
3.5 CASO CLÍNICO	40
3.6 REFERÊNCIAS	45

ÍNDICE

4. VOXELPRINT TEMP

4.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO	46
4.1.1 SISTEMA DE CORES	46
4.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA	47
4.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	47
4.4 PROPRIEDADES	47
4.4.1 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PRÓTESES PROVISÓRIAS	47
4.5 CASO CLÍNICO	50
4.6 REFERÊNCIAS	51



Voxelprint^{ISS}

FULL-X TOUGH

1. Voxelprint FULL-X Tough

1.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO



A Voxelprint FULL-X Tough é uma resina fotopolimerizável biocompatível, indicada para a fabricação de próteses dentárias fixas múltiplas finais, totais ou parciais, por meio de manufatura aditiva (impressão 3D), em equipamentos que apresentem tecnologia de impressão LCD (Liquid Crystal Display) ou DLP (Digital Light Processing), que operem utilizando comprimentos de onda de 385 nm ou 405 nm.

Este material apresenta uma formulação contendo cargas vitrocerâmicas, monômeros e oligômeros metacrílicos e um sistema iniciador, que conferem propriedades específicas, proporcionando um equilíbrio otimizado entre resistência flexural, radiopacidade, estética, estabilidade de cor, brilho e tenacidade, possibilitando sua aplicação em próteses fixas múltiplas finais, totais ou parciais.

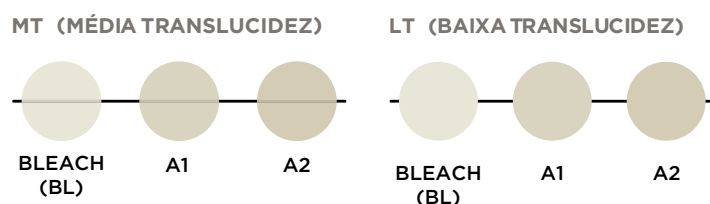
Por meio de um fluxo de trabalho CAD/CAM, a prótese dentária é modelada digitalmente e fabricada por fotopolimerização do material, camada a camada, resultando no formato final da peça ao término do processo de impressão. Após a etapa de impressão, para que sejam alcançadas as propriedades físicas, o material deve ser submetido às etapas de pós-processamento, incluindo limpeza, pós-cura e acabamento, conforme as instruções recomendadas.

1.1.1 SISTEMA DE CORES E TRANSLUCIDEZ

Com o objetivo de promover maior naturalidade estética em próteses fixas múltiplas, o sistema Voxelprint FULL-X Tough está disponível em duas tonalidades compatíveis com a escala VITA Classical® e uma tonalidade Bleach. Adicionalmente, o sistema se destaca por ser o primeiro da categoria a incorporar dois níveis distintos de translucidez: LT (Low Translucency), caracterizado por menor transmissão luminosa, e MT (Medium Translucency), que apresenta translucidez intermediária. Essa combinação resulta em seis possíveis variações entre cor e translucidez, ampliando as possibilidades de individualização protética.

Como resultado, as próteses múltiplas confeccionadas com Voxelprint FULL-X Tough apresentam elevado potencial de integração estética e aparência natural.

Além disso, as restaurações impressas podem ser submetidas a processos adicionais de caracterização individualizada por meio da aplicação de corantes ou pigmentos fotopolimerizáveis, permitindo aprimoramento estético e personalização conforme os requisitos clínicos de cada caso.



*Verifique as apresentações disponíveis em seu país.



Foto: Prof. Dr. Victor Dalle Tese
e Prof. Dr. Kelvin Varaschin.

1.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA

Monômeros e oligômeros metacrílicos (50-75%), Partículas de vidro radiopacas silanizadas (20-45%), estabilizantes (<3%), sistema fotoiniciador (<3%) e pigmentos (<2%).

1.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS



DESEMPENHO MECÂNICO: Apresenta elevados valores de resistência à flexão e deformação total, características que lhe conferem capacidade de suportar elevadas cargas mastigatórias sem apresentar comportamento excessivamente rígido ou suscetível à fratura. Essa combinação de propriedades mecânicas favorece uma distribuição mais homogênea das tensões, reduzindo concentrações localizadas de estresse e contribuindo para maior previsibilidade clínica e longevidade em aplicações submetidas a altos níveis de solicitação mecânica.



ESTABILIDADE DE COR: Devido a exclusiva tecnologia ISS (“Intelligent Stability System”) que combina um eficiente sistema fotoiniciador e a distribuição homogênea de partículas, a Voxelprint FULL-X Tough apresenta excelente estabilidade de cor em todos os aspectos.



MÍNIMA SEDIMENTAÇÃO: O produto apresenta mínima sedimentação no VAT de impressão, garantindo fácil manuseio, estabilidade e propriedades reológicas adequadas para uma impressão eficiente e precisa.



ESTÉTICA E PROPRIEDADES ÓPTICAS: Sua formulação otimizada entre pigmentação e propriedades ópticas favorece a mimetização dos tecidos dentários naturais, resultando em restaurações com elevada integração estética. Além disso, permite caracterização adicional por meio de corantes e pigmentos fotopolimerizáveis para personalização clínica avançada.



BRILHO FACILITADO: Formulação otimizada que proporciona elevado brilho superficial com protocolos simplificados de acabamento e polimento. A distribuição homogênea dos componentes permite obter superfícies lisas e altamente polidas em menor tempo, resultando em próteses com excelente estética e acabamento superior.



RADIOPACIDADE: A Voxelprint FULL-X Tough apresenta propriedades radiopacas que permitem sua adequada visualização em exames radiográficos, facilitando a identificação do material e o acompanhamento clínico das próteses múltiplas. Essa característica auxilia nos procedimentos diagnósticos, na avaliação da adaptação protética e no monitoramento longitudinal dos tratamentos.



VELOCIDADE DE IMPRESSÃO: Integrada a um fluxo de trabalho digital, proporciona tempo clínico otimizado, com velocidade de impressão e tempo de cura, excelente custo-benefício para o paciente, dentista e técnico de prótese dentária.

1.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS E SUPERFICIAIS DE RESINAS IMPRESSAS EM 3D E PMMA FRESADO PARA PRÓTESES TOTAIS FIXAS TIPO PROTOCOLO SEM INFRAESTRUTURA

1.4.1 INTRODUÇÃO

A odontologia digital tem transformado significativamente os fluxos de trabalho clínicos e laboratoriais por meio da incorporação de tecnologias CAD/CAM e manufatura aditiva. Entre essas tecnologias, a impressão tridimensional (3D) tem apresentado rápido crescimento devido à sua capacidade de produzir dispositivos personalizados com elevada reprodutibilidade, menor desperdício de material e redução do tempo de fabricação. Estudos recentes demonstram que a manufatura aditiva vem assumindo papel cada vez mais relevante na confecção de próteses dentárias, incluindo bases protéticas, próteses provisórias e reabilitações de arco completo [1,2].

O desenvolvimento de novas resinas fotopolimerizáveis tem ampliado as possibilidades de aplicação da impressão 3D para além de modelos e guias cirúrgicos, permitindo a fabricação de próteses provisórias de longa duração e, mais recentemente, próteses fixas de arco completo. A combinação entre fluxo digital completo, eficiência produtiva e propriedades mecânicas aprimoradas tem impulsionado a utilização desses materiais em situações clínicas cada vez mais exigentes [3,4].

Próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura constituem uma das aplicações mais desafiadoras para materiais poliméricos, uma vez que a ausência de reforços metálicos ou cerâmicos faz com que o material restaurador seja integralmente responsável por resistir às cargas funcionais e parafuncionais. Nessa condição, propriedades mecânicas adequadas tornam-se fundamentais para minimizar deformações excessivas e falhas estruturais ao longo do tempo [4,5].

A resistência à flexão é tradicionalmente utilizada como um dos principais indicadores da capacidade estrutural de materiais destinados a próteses removíveis e fixas. Entretanto, avaliá-la isoladamente pode não representar adequadamente o comportamento clínico de materiais submetidos a carregamentos repetitivos. Estudos recentes demonstram que materiais impressos em 3D podem apresentar resistência flexural semelhante ou superior à observada em materiais fresados, porém diferenças importantes podem ser observadas quanto à deformação antes da fratura e à resistência à propagação de trincas [6-8].

Nesse contexto, a deformação total assume importância especial. Materiais capazes de sofrer maior deformação antes da ruptura apresentam maior capacidade de dissipação de energia durante o carregamento mecânico, reduzindo a concentração de tensões e o risco de falhas catastróficas. Da mesma forma, a tenacidade à fratura representa uma propriedade crítica para materiais empregados em próteses extensas, por refletir sua capacidade de resistir à propagação de defeitos internos e trincas geradas durante o uso clínico [7-9].

Além das propriedades mecânicas, características superficiais também exercem influência direta sobre o desempenho clínico das restaurações. O brilho superficial obtido após o polimento está relacionado à qualidade estética, percepção do paciente e integridade superficial do material. Estudos recentes demonstram que o brilho é altamente dependente da composição da resina e do protocolo de acabamento empregado, sendo um parâmetro relevante para materiais destinados a reabilitações definitivas [10].

Apesar da crescente disponibilidade comercial de resinas para impressão 3D indicadas para próteses definitivas, ainda são escassos os estudos comparando simultaneamente resistência à flexão, deformação total, tenacidade à fratura e brilho superficial de diferentes materiais destinados à confecção de próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura.

Diante da crescente utilização de resinas impressas em 3D para aplicações protéticas definitivas e da limitada evidência disponível sobre seu comportamento mecânico e superficial, a hipótese nula deste estudo é que o tipo de material e o método de fabricação não influenciarão significativamente a resistência à flexão, a deformação total, a tenacidade à fratura e o brilho superficial dos materiais avaliados para aplicação em próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar resistência à flexão, deformação total, tenacidade à fratura e brilho superficial de resinas impressas em 3D e de um PMMA fresado quando indicados para a confecção de próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura.

1.4.2. MATERIAIS E MÉTODOS

1.4.2.1 Delineamento experimental

Este estudo laboratorial in vitro avaliou as propriedades mecânicas e superficiais de quatro resinas para impressão 3D quando indicadas para próteses totais fixas de arco completo e um material de polimetilmetacrilato (PMMA) fresado. Os materiais foram avaliados, todos na cor A1:

Tabela 01: Identificação dos materiais avaliados.

Nome do material	Sigla de identificação	Fabricante	Tipo de fabricação	Cor
Voxelprint Full-X Tough	VF	FGM	Impressão 3D	A1
ONX Tough 2	OT	SprintRay	Impressão 3D	A1
Ivotion Dent	ID	Ivoclar	Fresagem CAD/CAM	A1
Cosmos Plus Full Arch	FA	Yllar	Impressão 3D	A1
Voxelprint Ceramic	VC	FGM	Impressão 3D	A1

Foram avaliadas quatro propriedades:

1. Resistência à flexão (RF);
2. Deformação total (DT);
3. Tenacidade à fratura (TF);
4. Brilho superficial (BS).

1.4.2.2 Confeção dos corpos de prova impressos em 3D

Antes da fabricação dos corpos de prova utilizados nos ensaios, cada resina foi submetida a um processo de parametrização para determinação do tempo de exposição ideal de impressão. Para esse procedimento, foi utilizado o método de calibração dimensional por meio da impressão de cubos com dimensões nominais de 10 × 10 × 10 mm. Os cubos foram impressos utilizando a impressora LCD Phrozen Sonic Mini 8KS (Phrozen Technology, Taiwan), com uma espessura de camada de 0,10 mm. Durante o processo de impressão foi utilizado um sistema de aquecimento de câmara H2 (Chitu Systems, Shenzhen, China), configurado para manter a temperatura da cabine de impressão em 40°C.

Após a impressão, os corpos de prova foram removidos da mesa de impressão e o excesso de resina não polimerizada foi removido manualmente. A limpeza foi realizada utilizando pano levemente embebido em álcool etílico 96%, seguido pela secagem com jato de ar comprimido. A pós-cura foi realizada em equipamento UV-02 (Pionext, China) durante 10 minutos, com os 3 comprimentos de onda ligados (365, 385 e 405 nm), a 100% da potência de luz.

Após a pós-cura, as dimensões dos cubos foram mensuradas utilizando um paquímetro digital Absolute Digimatic 500-197-30 (Mitutoyo Corporation, Kawasaki, Japão), com resolução de 0,01 mm.

O critério de aceitação adotado foi uma variação dimensional máxima de $\pm 0,04$ mm em relação à dimensão nominal de 10 mm. Quando as dimensões medidas foram inferiores ao limite estabelecido, o tempo de exposição das camadas foi incrementado no software de fatiamento Chitubox (Chitu Systems, Shenzhen, China). Por outro lado, quando as dimensões ultrapassaram o limite superior de tolerância, o tempo de exposição foi reduzido. O processo foi repetido até a obtenção de espécimes dimensionalmente compatíveis com os critérios estabelecidos.

Após a definição do tempo de exposição ideal para cada material, foram iniciadas as etapas de fabricação dos corpos de prova destinados aos ensaios mecânicos e de avaliação de brilho superficial. Os corpos de prova foram impressos utilizando os parâmetros de impressão obtidos no processo de calibração das resinas e pós-processados também da mesma maneira.

1.4.2.3 Confeção dos corpos de prova fresados

Os corpos de prova do grupo PMMA foram confeccionados a partir de discos do material Ivotion Dent (Ivoclar).

Os espécimes foram usinados utilizando uma fresadora CAD/CAM PrograMill PM7 (Ivoclar), seguindo as dimensões especificadas para cada ensaio. Após a usinagem, os corpos de prova foram armazenados nas mesmas condições adotadas para os materiais impressos.

1.4.2.4 Resistência à flexão e deformação total

A resistência à flexão (RF) e a deformação total (DT) foram determinadas de acordo com a norma ISO 20795-1.

Foram confeccionados dez corpos de prova para cada material ($n = 10$), com dimensões de 64 mm × 10 mm × 3,3 mm. Posteriormente, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C durante 50 horas antes da realização dos ensaios.

Os ensaios foram conduzidos em máquina universal de ensaios DL-2000 (EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda., São José dos Pinhais, Brasil), equipada com célula de carga de 50 kgf e deflectômetro para registro da deformação.

O ensaio de flexão em três pontos foi realizado com velocidade de deslocamento da travessa de 5 mm/min até a fratura do corpo de prova.

A resistência à flexão foi calculada em MPa utilizando a carga máxima registrada durante o ensaio. Simultaneamente, a deformação total foi obtida por meio do deslocamento máximo registrado imediatamente antes da falha.

1.4.2.5 Tenacidade à fratura

O ensaio de tenacidade a fratura consiste na realização de um ensaio de flexão de 3 pontos modificado, onde o corpo de prova, ilustrado na imagem a seguir, apresenta geometria descrita na norma ISO 20795-1, sendo retangular e com entalhe central. A ponta da trinca artificial foi gerada utilizando um dispositivo contendo uma lâmina afiada para controlar o corte da lâmina, dentro das tolerâncias definidas pela norma (0,1 a 0,4 mm de profundidade).

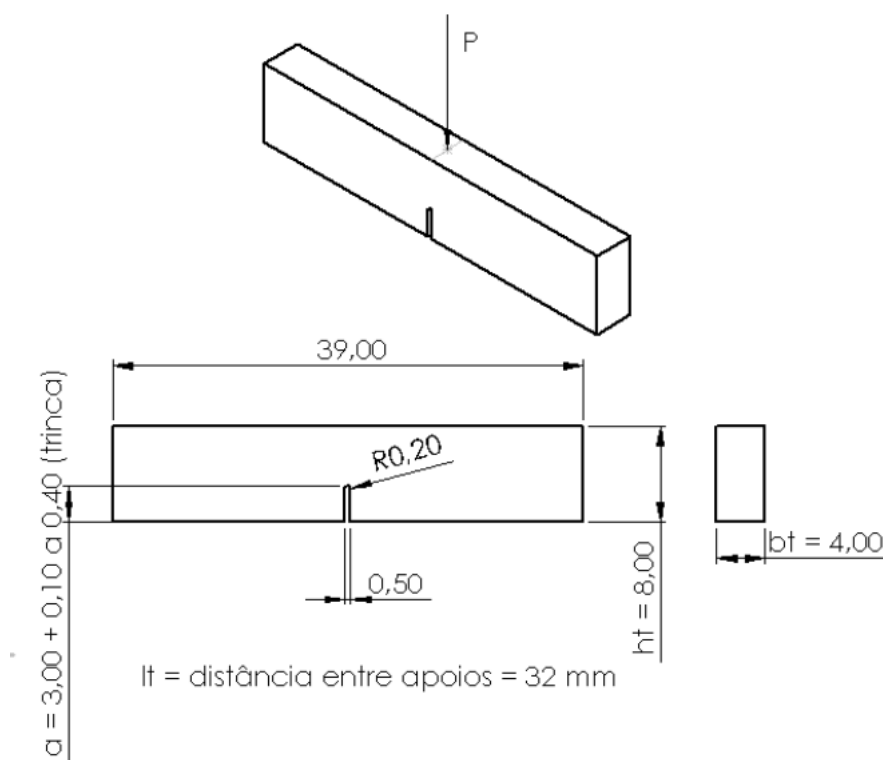


Figura 1.1: Corpo de prova para ensaio de tenacidade conforme norma ISO 20795-1

Após a etapa de fabricação, os corpos de prova foram armazenados por 7 dias, imerso em um recipiente contendo água em condições controladas de temperatura ($37 \pm 1^\circ\text{C}$), conforme a ISO 20795-1.

O ensaio foi conduzido em máquina universal de ensaios (EMIC, modelo DI 2000) equipada com dispositivo de flexão em três pontos, utilizando vão entre apoios de 32 mm. A velocidade de deslocamento da travessa foi de 5,0 mm/min, o ensaio somente é interrompido quando o corpo de prova alcançou a fratura ou até o valor de força alcançar um valor 5% abaixo da força de carregamento máxima obtida.

A carga (P) aplicada até a fratura foi registrada, bem como o deslocamento correspondente. A partir dos dados do ensaio, foi calculado o fator de intensidade de tensão máximo (K_{max}) utilizando a equação indicada na ISO 20795-1, conforme descrito a seguir:

$$K_{max} = \frac{f P_{max} l_t}{(b_t h_t^{3/2})} \times \sqrt{10^{-3}} \text{ MPa m}^{1/2}$$

Onde:

- b_t — é a espessura do corpo de prova (mm);
- h_t — é a altura total do corpo de prova (mm);
- a — é a altura total do entalhe somado a trinca do corpo de prova (mm);
- l_t — é distância entre apoios (mm);
- f — é uma função geométrica dependente de x :

$$f(x) = \frac{3x^{1/2} [1,99 - x(1 - x)(2,15 - 3,93x + 2,7x^2)]}{2(1 + 2x)(1 - x)^{3/2}}$$

Figura 1.2: Equação utilizada para calcular a intensidade de tensão máximo (K_{max}), conforme norma ISO 20795-1.

1.4.2.6 Brilho superficial

O ensaio de brilho superficial teve como objetivo avaliar o potencial de obtenção de brilho após um protocolo simplificado de polimento, simulando uma condição clínica de acabamento reduzido.

Foram confeccionados três corpos de prova para cada material (45 mm × 35 mm × 5 mm).

Após impressão, limpeza, pós-cura (para os corpos de prova impressos), os espécimes foram submetidos ao polimento mecânico utilizando politriz metalográfica equipada com feltro de pelo curto.

Foi empregada pasta de polimento Diamond Excel Ultrafine (FGM Dental Group), aplicando-se carga constante de 10 N durante 1 minuto sobre a superfície de maior dimensão do corpo de prova.

Após o polimento, os espécimes foram:

1. Lavados em água corrente;
2. Submetidos à limpeza ultrassônica por 5 minutos;
3. Secos com tecido de algodão;
4. Secos com ar comprimido.

O brilho superficial foi mensurado na superfície polida e expresso em unidades de brilho (Gloss Units - GU).

1.4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A distribuição dos dados foi avaliada quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias. As variáveis resistência à flexão, deformação total, tenacidade à fratura e brilho superficial foram analisadas por análise de variância de um fator (One-Way ANOVA). Quando identificadas diferenças significativas, foi aplicado o teste de comparações múltiplas de Tukey. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

1.4.4 RESULTADOS

1.4.4.1 Resistência à flexão

O resultado de resistência à flexão foi significativamente influenciado pelo material ($p < 0,001$). Os maiores valores foram observados para VC ($139,8 \pm 5,6$ MPa), seguida por VF ($133,5 \pm 2,3$ MPa) e FA ($131,2 \pm 5,3$ MPa), sem diferenças significativas entre esses materiais. OT apresentou resistência à flexão inferior ($128,0 \pm 1,5$ MPa), porém superior ao PMMA fresado ID, que apresentou o menor valor entre todos os grupos ($96,7 \pm 8,2$ MPa).

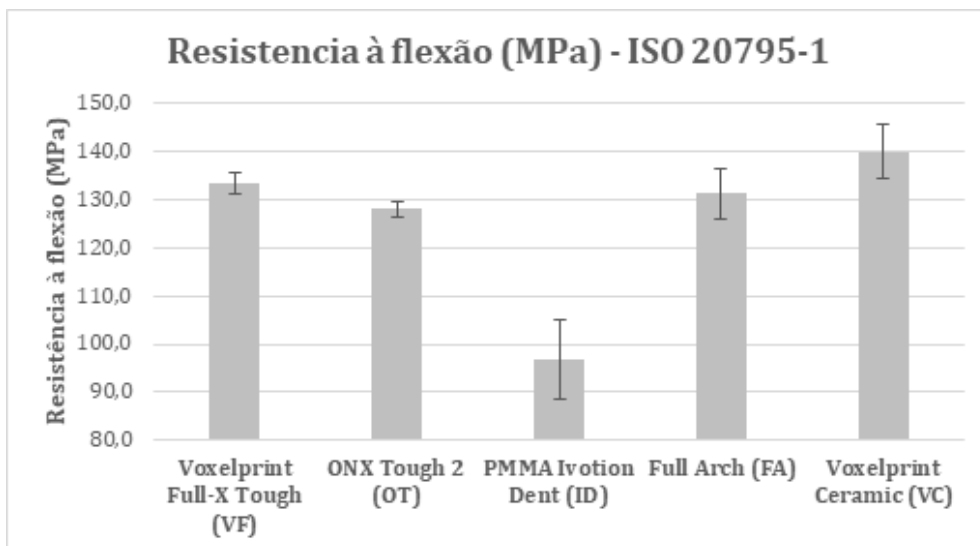


Gráfico 1.1: Resultados de resistência a flexão dos materiais avaliados, realizado conforme norma ISO 20795-1.

Fonte: BETITTO,D; WIGGERS,W.S.; SOARES, C.J. Mechanical and Surface Properties of 3D-Printed Resins and Milled PMMA for Full-Arch Fixed Prosthesis without Frameworks.2026.Apresentação de trabalho/Congresso 8th International Congress on Adhesive Dentistry (IAD Congress), Manaus, Amazonas, Brasil, 2026.

1.4.4.2 Deformação total

Diferenças estatisticamente significativas foram observadas para deformação total ($p < 0,001$). OT ($10,5 \pm 0,4\%$) e VF ($9,9 \pm 0,6\%$) apresentaram os maiores valores, indicando maior capacidade de deformação antes da fratura. Em contrapartida, FA ($1,9 \pm 0,1\%$), VC ($2,8 \pm 0,2\%$) e ID ($3,5 \pm 0,4\%$) apresentaram comportamento significativamente mais rígido.

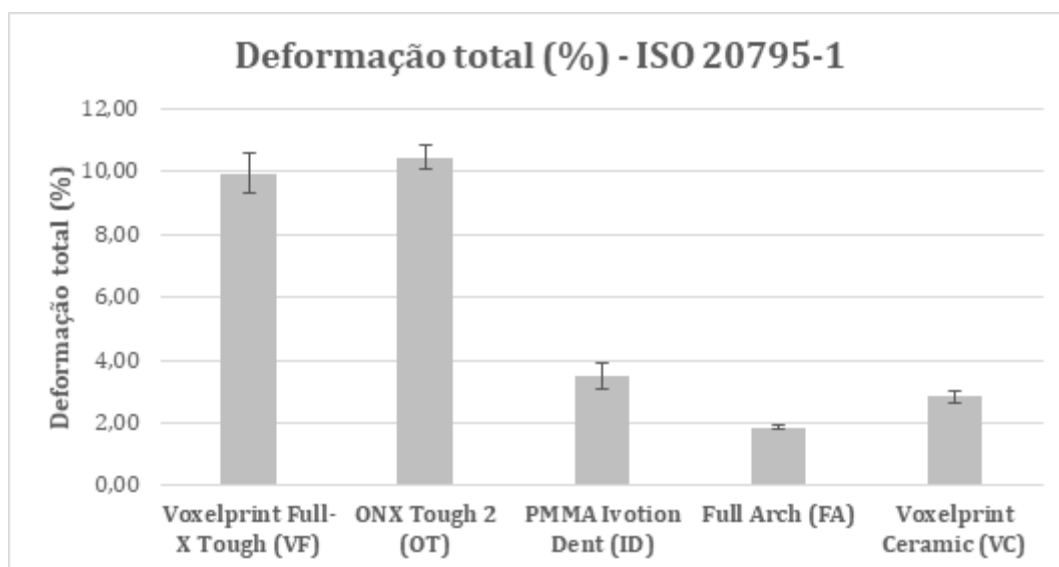


Gráfico 1.2: Resultados de Deformação total dos materiais avaliados, realizado conforme norma ISO 20795-1.

Fonte: BETITTO,D; WIGGERS,W.S.; SOARES, C.J. Mechanical and Surface Properties of 3D-Printed Resins and Milled PMMA for Full-Arch Fixed Prosthesis without Frameworks.2026.Apresentação de trabalho/Congresso 8th International Congress on Adhesive Dentistry (IAD Congress), Manaus, Amazonas, Brasil, 2026.

1.4.4.3 Tenacidade à fratura

Na avaliação da tenacidade à fratura, VF ($2,0 \pm 0,7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) e OT ($2,0 \pm 0,4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) apresentaram os maiores valores e não diferiram estatisticamente entre si. Ambos apresentaram desempenho superior ao observado para ID ($1,4 \pm 0,1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$), VC ($1,5 \pm 0,1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) e FA ($1,4 \pm 0,1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$).

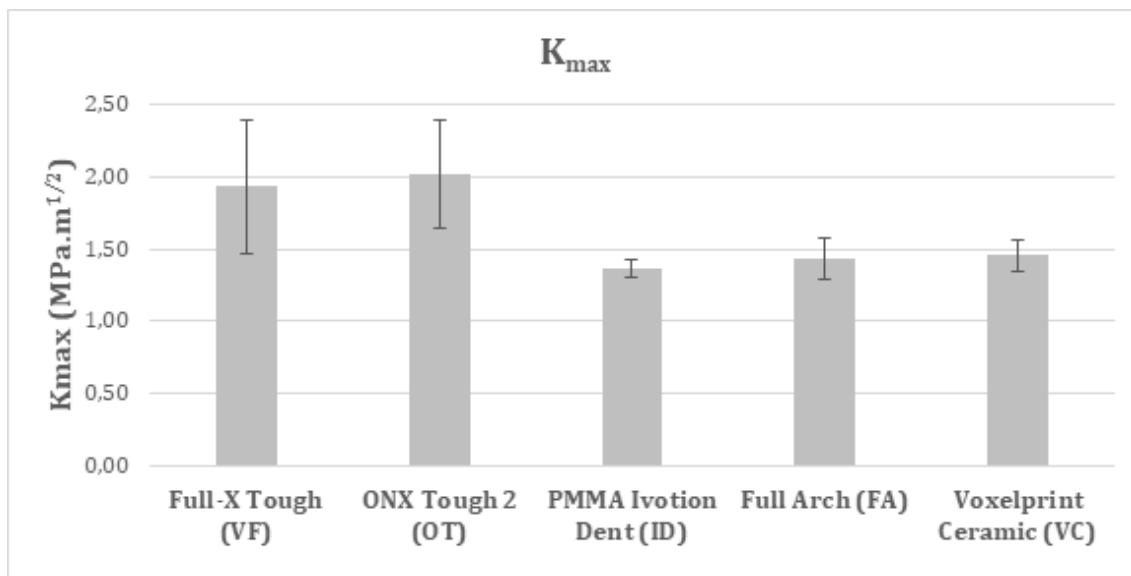


Gráfico 1.3: Resultados de tenacidade à fratura dos materiais avaliados, realizado conforme norma ISO 20795-1.

Fonte: BETITTO,D; WIGGERS,W.S.; SOARES, C.J. Mechanical and Surface Properties of 3D-Printed Resins and Milled PMMA for Full-Arch Fixed Prostheses without Frameworks.2026.Apresentação de trabalho/Congresso 8th International Congress on Adhesive Dentistry (IAD Congress), Manaus, Amazonas, Brasil, 2026.

1.4.4.4 Brilho superficial

O brilho superficial também foi significativamente influenciado pelo material. VC ($83,4 \pm 2,7 \text{ GU}$), VF ($82,8 \pm 0,6 \text{ GU}$) e FA ($81,4 \pm 2,8 \text{ GU}$) apresentaram os maiores valores, diferindo estatisticamente de ID ($69,6 \pm 3,5 \text{ GU}$) e OT ($65,0 \pm 2,1 \text{ GU}$).

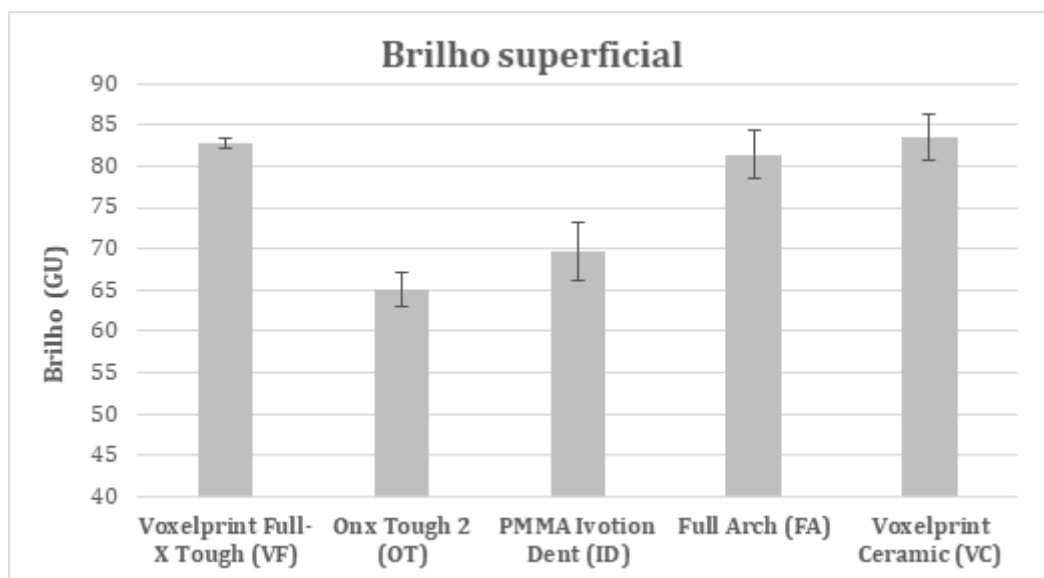


Gráfico 1.4: Resultados da avaliação do brilho superficial dos materiais avaliados.

Fonte: BETITTO,D; WIGGERS,W.S.; SOARES, C.J. Mechanical and Surface Properties of 3D-Printed Resins and Milled PMMA for Full-Arch Fixed Prostheses without Frameworks.2026.Apresentação de trabalho/Congresso 8th International Congress on Adhesive Dentistry (IAD Congress), Manaus, Amazonas, Brasil, 2026.

1.4.5 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que as propriedades mecânicas e superficiais dos materiais avaliados foram significativamente influenciadas pela composição do material e pelo método de fabricação empregado. De maneira geral, as resinas impressas em 3D apresentaram desempenho equivalente ou superior ao PMMA fresado, especialmente quando consideradas propriedades relacionadas à resistência à propagação de falhas e à capacidade de absorção de tensões, fatores particularmente relevantes para próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura.

A resistência à flexão é amplamente utilizada como um dos principais indicadores da capacidade estrutural de materiais empregados em próteses dentárias. No presente estudo, todas as resinas impressas apresentaram valores superiores aos observados para o PMMA fresado, sendo os maiores resultados observados para Voxelprint Ceramic, Voxelprint Full-X Tough e Cosmos Full Arch. Esses resultados corroboram com achados recentes da literatura que demonstraram que determinadas resinas impressas em 3D podem apresentar resistência flexural semelhante ou superior à de materiais fresados ou convencionais utilizados em próteses dentárias. Em estudo recente, Yu et al. observaram que materiais impressos em 3D apresentaram resistência à flexão superior a materiais CAD/CAM fresados, atribuída principalmente à elevada conversão polimérica obtida durante os processos de pós-polimerização [11]. Da mesma forma, Abdelfattah et al. verificaram que materiais impressos destinados à fabricação de dentes protéticos apresentaram resistência flexural superior ao PMMA fresado utilizado como controle [12].

Entretanto, a resistência à flexão isoladamente não é suficiente para prever o desempenho clínico de próteses protocolo sem infraestrutura. Nesse contexto, a deformação total observada antes da fratura assume papel fundamental. Os materiais Voxelprint Full-X Tough e Onx Tough 2 apresentaram valores de deformação significativamente superior aos observados nos demais grupos. Esse comportamento sugere maior capacidade de absorção e dissipação das tensões geradas durante o carregamento mecânico, reduzindo a concentração de tensões localizadas e, conseqüentemente, o risco de falhas catastróficas. Em próteses de arco completo, especialmente em regiões de cantilever, essa característica torna-se particularmente importante devido à presença de elevados momentos de flexão durante a função mastigatória.

A relevância da deformação antes da fratura também tem sido destacada por estudos recentes. Lawson et al. observaram que determinados materiais impressos em 3D apresentaram maiores deslocamentos antes da ruptura quando comparados a materiais fresados, sugerindo comportamento mais resiliente sob carregamentos mecânicos [13]. Resultados semelhantes foram relatados por Coldea et al., que verificaram que polímeros impressos apresentavam deformações substancialmente maiores antes da ocorrência de falha, indicando comportamento menos frágil quando comparados aos materiais convencionais [15].

Os resultados de tenacidade à fratura reforçam essa interpretação. Voxelprint Full-X Tough e Onx Tough 2 apresentaram os maiores valores de K_{max}, sem diferença estatística entre si, demonstrando maior resistência à propagação de trincas. A tenacidade à fratura é considerada uma propriedade crítica para materiais sujeitos a defeitos internos, descontinuidades estruturais e danos acumulativos ao longo do uso clínico. Quanto maior o valor de K_{max}, maior a energia necessária para que uma trinca previamente existente se propague e resulte em falha estrutural. Estudos recentes conduzidos por Lawson et al. [13] e Babeer [14] demonstraram que diferenças na composição química das resinas impressas podem influenciar significativamente os valores de tenacidade à fratura, e que determinados materiais impressos podem apresentar desempenho superior ao de materiais fresados à base de PMMA.

Quando analisados conjuntamente, resistência à flexão, deformação total e tenacidade à fratura fornecem uma visão mais abrangente do comportamento mecânico dos materiais avaliados. Embora Voxelprint Ceramic tenha apresentado o maior valor de resistência à flexão, sua capacidade de deformação foi significativamente inferior à observada para Voxelprint Full-X Tough e Onx Tough 2. Essa combinação sugere um comportamento mais rígido e potencialmente mais susceptível à concentração de tensões. Por outro lado, VF e OT associaram elevada resistência mecânica à maior capacidade de deformação e elevada tenacidade, configurando um perfil mecânico potencialmente mais favorável para aplicações em próteses protocolo sem infraestrutura.

Em relação às propriedades superficiais, os maiores valores de brilho foram observados para Voxelprint Ceramic, Voxelprint Full-X Tough e Cosmos Full Arch. O brilho superficial constitui um parâmetro importante para restaurações definitivas por estar diretamente relacionado à percepção estética do paciente e à qualidade final do acabamento clínico. Segundo Vichi et al. [10], a capacidade de obtenção de brilho após o polimento depende tanto da composição da matriz resinosa quanto da natureza e distribuição das partículas de carga presentes no material. Os elevados valores observados para VF, VC e FA sugerem potencial para obtenção de superfícies altamente polidas mesmo após protocolos simplificados de acabamento.

Entre as limitações do presente estudo destacam-se sua natureza laboratorial e a ausência de envelhecimento acelerado, termociclagem e ensaios de fadiga mecânica. Considerando que próteses protocolo definitivas permanecem submetidas a milhões de ciclos mastigatórios durante sua vida útil, estudos futuros devem investigar o comportamento desses materiais sob condições que simulem de forma mais fiel o ambiente oral.

Do ponto de vista clínico, os resultados sugerem que materiais como Voxelprint Full-X Tough e Onx Tough 2 apresentam um conjunto de propriedades particularmente interessante para próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura. A combinação entre elevada resistência à flexão, alta capacidade de deformação e maior tenacidade à fratura pode contribuir para uma melhor distribuição das tensões mastigatórias e maior tolerância a defeitos estruturais, características potencialmente associadas à maior longevidade clínica dessas reabilitações.

1.4.6 CONCLUSÃO

As resinas impressas em 3D apresentaram resistência à flexão superior ao PMMA fresado avaliado neste estudo. Entre os materiais analisados, Voxelprint Full-X Tough e Onx Tough 2 apresentaram os maiores valores de deformação total e tenacidade à fratura, demonstrando maior capacidade de absorção de tensões e resistência à propagação de trincas.

Embora Voxelprint Ceramic tenha apresentado a maior resistência à flexão, sua menor capacidade de deformação sugere um comportamento mais rígido quando comparado aos materiais Voxelprint Full-X Tough e Onx Tough 2. Além disso, Voxelprint Ceramic, Voxelprint Full-X Tough e Cosmos Full Arch apresentaram os maiores valores de brilho superficial após protocolo simplificado de polimento.

Considerando conjuntamente resistência à flexão, deformação total, tenacidade à fratura e brilho superficial, os materiais Voxelprint Full-X Tough e Onx Tough 2 apresentaram o conjunto de propriedades mecânicas mais favorável para aplicação em próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura, sugerindo potencial para melhor desempenho sob carregamentos funcionais.

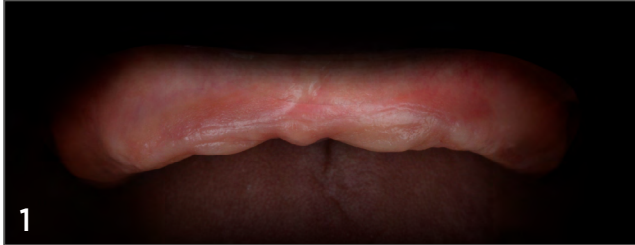
1.4.7 RELEVÂNCIA CLÍNICA

Resinas impressas em 3D que apresentam elevada deformação antes da fratura e maior tenacidade podem representar alternativas promissoras para próteses totais fixas tipo protocolo sem infraestrutura, por apresentarem maior capacidade de dissipação de tensões e menor susceptibilidade à propagação de trincas.

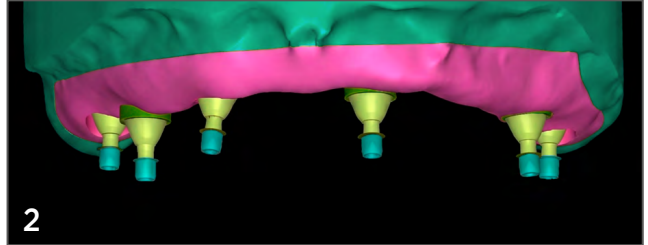
1.4.8 CASO CLÍNICO

Autor: Dr Marcelo Giordani e TPD. Denilson

Queixa principal: Falta de confiança ao sorrir.



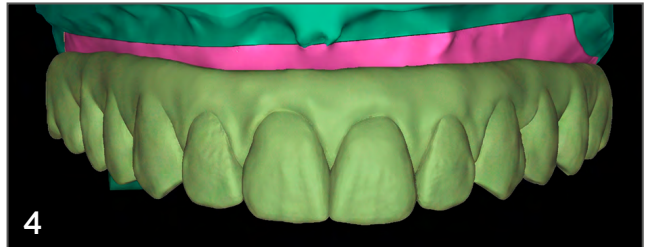
1 | Fotografia clínica intraoral inicial em vista frontal, evidenciando a condição clínica do paciente antes da intervenção reabilitadora.



2 | Representação no software de planejamento e modelagem digital, demonstrando os componentes protéticos virtualmente posicionados sobre o modelo digital de trabalho em vista frontal.



3 | Modelo confeccionado por manufatura aditiva com análogos digitais instalados, destinado à verificação da adaptação e ao ajuste preciso da peça protética.



4 | Representação no software de planejamento e modelagem digital evidenciando a prótese definitiva virtualmente confeccionada e posicionada sobre o modelo digital de trabalho em vista frontal.



5 | Prótese definitiva confeccionada por manufatura aditiva em resina Voxelprint FULL-X Tough, previamente às etapas de acabamento e polimento superficial.



6 | Fotografia clínica intraoral final em vista frontal, evidenciando a prótese instalada e o resultado estético e funcional obtido após a conclusão do tratamento reabilitador.

1.4.9 . REFERÊNCIAS

- [1] Majeed HF, Hamad TI, Bairam LR. Enhancing 3D-printed denture base resins: A review of material innovations. *Sci Prog.* 2024;107(3):1-20. doi:10.1177/00368504241263484.
- [2] Altarazi A, Haider J, Alhotan A, Silikas N, Devlin H. Current progress in the development of resin materials with nanofillers for 3D printing of denture base. *Prosthesis.* 2024;6(4):770-797. doi:10.3390/prosthesis6040055.
- [3] Sadowsky SJ, Stansbury JW. A completely digital workflow of an interim complete arch fixed implant prosthesis using a novel high-performance 3D printed polymer. *Oral.* 2023;3(4):477-486. doi:10.3390/oral3040038.
- [4] Formiga MC, Fuller R, Ardelean LC, Shibli JA. Immediate loading full-arch 3D-printed implant-supported fixed rehabilitation: A case report with 24-month follow-up. *Medicina (Kaunas).* 2024;60(10):1614. doi:10.3390/medicina60101614.
- [5] Liu W, Nagai T, Lin WS. A digital workflow for full-arch implant fixed prosthesis: Clinical application of a 3D-printed trial denture and definitive prosthesis fabrication. *J Prosthodont.* 2025. doi:10.1111/jopr.70030.
- [6] Yu HJ, Kang YJ, Park Y, Kim H, Kim JH. A comparison of the mechanical properties of 3D-printed, milled, and conventional denture base resin materials. *Dent Mater J.* 2024;43(6):885-894.
- [7] Lawson NC, Aggarwal H, Givan DA, Safadi Y, Bora PV, Lawson TJ. Flexural strength, fracture toughness, translucency, stain resistance, and water sorption of 3D-printed, milled, and conventional denture base materials. *J Prosthodont.* 2024. doi:10.1111/jopr.13955.
- [8] Abdelfattah MY, Al Humayyani N, Alwthinani FK, et al. In vitro evaluation of the mechanical and optical properties of 3D printed versus CAD/CAM milled denture teeth materials. *Saudi Dent J.* 2024;36(9):1227-1232. doi:10.1016/j.sdentj.2024.07.004.
- [9] Coldea A, Mayinger F, Meinen J, Hoffmann M, Stawarczyk B. Mechanical properties of 3D printed denture base polymers. *J Prosthet Dent.* 2025;133(5):1361.e1-1361.e8.
- [10] Vichi A, Balestra D, Louca C. Effect of different finishing systems on surface roughness and gloss of a 3D-printed material for permanent dental use. *Appl Sci.* 2024;14(16):7289. doi:10.3390/app14167289.
- [11] Yu HJ, Kang YJ, Park Y, Kim H, Kim JH. A comparison of the mechanical properties of 3D-printed, milled, and conventional denture base resin materials. *Dent Mater J.* 2024;43(6):885-894.
- [12] Abdelfattah MY, Al Humayyani N, Alwthinani FK, Alzahrani AH, Alotaibi AM, Yousef M, et al. In vitro evaluation of the mechanical and optical properties of 3D printed versus CAD/CAM milled denture teeth materials. *Saudi Dent J.* 2024;36(9):1227-1232. doi:10.1016/j.sdentj.2024.07.004.
- [13] Lawson NC, Aggarwal H, Givan DA, Safadi Y, Bora PV, Lawson TJ. Flexural strength, fracture toughness, translucency, stain resistance, and water sorption of 3D-printed, milled, and conventional denture base materials. *J Prosthodont.* 2024. doi:10.1111/jopr.13955.
- [14] Babeer WA. Fracture toughness of three-dimensional printed and milled denture bases. *PLoS One.* 2025;20(8):e0329556. doi:10.1371/journal.pone.0329556.
- [15] Coldea A, Mayinger F, Meinen J, Hoffmann M, Stawarczyk B. Mechanical properties of 3D printed denture base polymers. *J Prosthet Dent.* 2025;133(5):1361.e1-1361.e8.

FGM

Voxelprint^{ISS}

Ceramic



2. Voxelprint CERAMIC

2.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Entre a gama de materiais em odontologia, as resinas para impressão 3D com indicação para próteses de longa duração têm um desenvolvimento relativamente recente[1]. Desde a sua introdução ao mercado, a utilização desses materiais em próteses definitivas vem ganhando espaço e abrangendo um crescente número de estudos científicos que demonstram sua durabilidade e desempenho.

A Voxelprint Ceramic é um compósito dentário fotopolimerizável biocompatível, indicado para a fabricação de próteses dentárias definitivas por meio da manufatura aditiva (impressão 3D) em equipamentos que utilizam tecnologia de impressão LCD (Liquid Crystal Display) ou DLP (Digital Light Processing), operando com comprimento de onda de 385 nm ou 405 nm.

O material apresenta aproximadamente 60% (em peso) de cargas inorgânicas à base de materiais vitrocerâmicos silanizados em sua composição e possui a exclusiva tecnologia ISS ("Intelligent Stability System"), que proporciona alta estabilidade de cor e excelentes propriedades reológicas. Além disso, apresenta alta resistência flexural e resistência à abrasão, o que o torna ideal para a fabricação de coroas unitárias, inlays, onlays, laminados e coroas sobre implantes de longa duração. Projetada para a fabricação de restaurações resistentes ao desgaste, capazes de suportar as forças oclusais, preservando a integridade da dentição antagonista e resultando em restaurações funcionais mais duradouras e confortáveis para o paciente.

A Voxelprint Ceramic é um material radiopaco, que permite fácil controle e identificação através de exames radiográficos. Com características ópticas únicas, oferece três opções de translucidez, garantindo versatilidade de uso, alto brilho e lisura superficial, o que assegura a manutenção de suas propriedades estéticas.

2.1.1 SISTEMA DE CORES E TRANSLUCIDEZ

Para contemplar as mais variadas situações clínicas, o versátil sistema de cores da Voxelprint Ceramic está disponível em 5 tons compatíveis com a escala VITA CLASSICAL®, e uma tonalidade Bleach. O sistema é o primeiro do mercado a incluir três níveis de translucidez, LT (Low Translucency) que apresenta baixa translucidez, MT (Medium Translucency) que apresenta média translucidez e HT (High Translucency) que apresenta alta translucidez, apresentando desse modo, 11 possibilidades de combinação de cores e translucidez. A composição equilibrada entre pigmentos e índice de refração da luz confere ao material versatilidade estética com propriedades ópticas que resultam em próteses extremamente naturais. Além disso, é possível ainda caracterizar as peças impressas utilizando corantes ou pigmentos fotopolimerizáveis.

HT (ALTA TRANSLUCIDEZ)



BLEACH B1

MT (MÉDIA TRANSLUCIDEZ)



BLEACH B1 A2

LT (BAIXA TRANSLUCIDEZ)



BLEACH B1 B2 A1 A2 A3



Foto: Dr. Marcelo Giordani

*Verifique as apresentações disponíveis em seu país.

2.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA

Partículas de vidro radiopacas silanizadas (57-63%), monômeros metacrílicos (35-45%), estabilizantes (<1%).

2.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS



ALTO TEOR DE CARGA: Contém alto teor de cargas inorgânicas distribuídas uniforme e homogeneamente na matriz polimérica, o equilíbrio perfeito que resulta em um compósito com excelentes características estéticas e mecânicas.



RESISTÊNCIA MECÂNICA: Apresenta resistência flexural e módulo de flexão elevados, resultando clinicamente em maior integridade estrutural, maior durabilidade e funcionalidade da peça protética impressa, além disso, o equilíbrio entre dureza e módulo de flexão conferem resiliência ao material, evitando desgaste ao dente antagonista.



ESTABILIDADE DE COR: Devido a exclusiva tecnologia ISS ("Intelligent Stability System") que combina um eficiente sistema fotoiniciador, alta porcentagem de carga e a distribuição homogênea de partículas, a Voxelprint Ceramic apresenta excelente estabilidade de cor em todos os aspectos.



MÍNIMA SEDIMENTAÇÃO: O produto apresenta mínima sedimentação no VAT de impressão, garantindo fácil manuseio, estabilidade e propriedades reológicas adequadas para uma impressão eficiente e precisa.



VERSATILIDADE ESTÉTICA: Com três níveis de translucidez, possibilita ao clínico atender uma ampla variedade de casos clínicos, de próteses minimamente invasivas a coroas totais sobre dente ou implante.



ALTO BRILHO: Excelente padrão de brilho e lisura superficial, o polimento é facilmente obtido por meio de sistemas de acabamento e polimento para resinas. Fácil caracterização com maquiagem e pigmentos fotopolimerizáveis proporcionando peças altamente estéticas e naturais.



FLUORESCÊNCIA: Fluorescência equilibrada comparada ao dente natural, apresentando estabilidade em diferentes condições de iluminação.



RADIOPACIDADE: Com característica radiopaca, permite o controle e identificação do material em exames radiográficos para avaliação e monitoramento.



VELOCIDADE DE IMPRESSÃO: Integrada a um fluxo de trabalho digital, proporciona tempo clínico otimizado, com velocidade de impressão e tempo de cura, excelente custo-benefício para o paciente, dentista e técnico de prótese dentária.

2.4 PROPRIEDADES

2.4.1 ANÁLISE MICROESTRUTURAL E DE TEOR DE CONSTITUINTES INORGÂNICOS

A avaliação microestrutural de resinas compostas desempenha um papel crucial na compreensão do comportamento e desempenho desses materiais. A microestrutura, ou seja, a organização interna em escala microscópica, influencia diretamente nas propriedades mecânicas, físicas e químicas das resinas, impactando diretamente na sua durabilidade, estética e biocompatibilidade.

Neste ensaio foram selecionados 3 diferentes fabricantes de resinas indicadas para restauração impressa definitiva de cor (Bleach), sendo: (A) Voxelprint Ceramic, (B) Concorrente 1, (C) Concorrente 2. Para esta avaliação foram impressos corpos de prova em formato retangular (15 x 5 x 3 mm) conforme figura 1.1, na posição horizontal em relação a mesa de impressão, utilizando uma impressora (Creality, Halot Sky). Os corpos de prova foram impressos com espessura de camada de 0,10 mm.

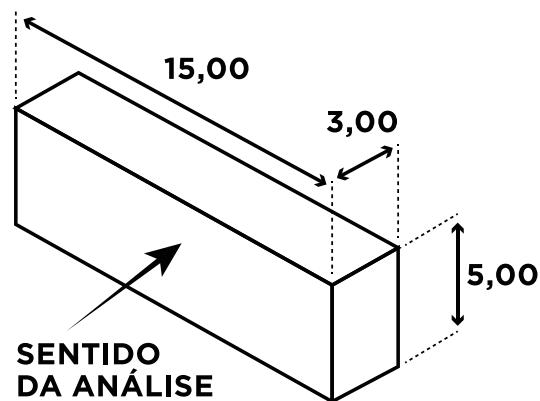


Figura 2.1: Geometria dos corpos de prova para avaliação microestrutural e ilustração do sentido da análise realizada.

Após a impressão, as amostras foram removidas da mesa de impressão. Em seguida, utilizando uma gaze umedecida em álcool 96%, os corpos de prova foram limpos. Após a limpeza com álcool, as amostras foram secas utilizando jato de ar por 1 minuto. A pós-cura dos corpos de prova foi realizada utilizando uma cabine de cura (Creality, UW-02) aonde os corpos de prova foram pós-curados por um tempo de 30 minutos. Após a etapa de cura, as amostras foram lixadas, utilizando lixa para metalografia com granulação 600 e polidas com pasta de polimento (Diamond Excel Ultrafine - FGM Dental Group) e disco de feltro (Diamond Flex - FGM Dental Group), seguido por uma limpeza final utilizando um disco de feltro sem pasta de polimento.

Antes da realização da análise microestrutural, os corpos de prova foram metalizados visando a obtenção de uma imagem com melhor definição.

A análise microestrutural foi realizada utilizando um microscópio eletrônico de varredura por emissão de campo (FE-SEM - Zeiss Gemini), com sonda EDS acoplada. As imagens foram capturadas utilizando a sonda EDS, com ampliação de 500X.

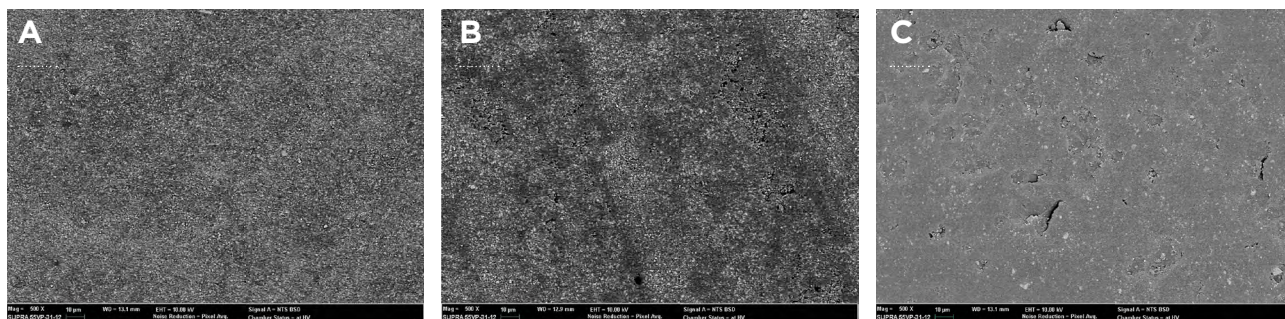


Imagem 2.1: Imagem de microscópio eletrônico de varredura (FE-SEM) com ampliação de 500x, demonstrando microestrutura dos materiais. (A) Voxelprint CERAMIC, (B) Concorrente 1, (C) Concorrente 2.

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá/Idomed - RJ.

Conforme é possível observar na imagem 1.1, há uma diferença significativa na quantidade e distribuição das cargas vitro cerâmicas, dependendo do material. As cargas podem ser observadas pelos pontos mais claros nas imagens.

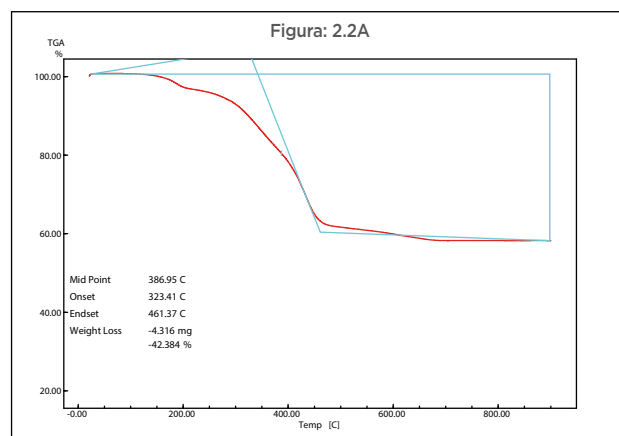
Parte das amostras curadas de cada resina foi utilizada para realização de uma análise termogravimétrica, visando caracterizar a quantidade de constituintes inorgânicos. O equipamento de termogravimetria consiste em uma balança de alta precisão que monitora continuamente a massa da amostra durante o aquecimento. A perda de massa ao longo do tempo é registrada em um gráfico chamado termograma.

A partir da amostra curada foi extraída uma quantidade de 12 mg para cada resina, e inserida em um dispositivo de análise termogravimétrica (Shimadzu,TGA-50). Os ensaios foram realizados a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min, até a temperatura de 900 °C, temperatura considerada para que todos os constituintes orgânicos sejam calcinados sendo eliminados do material remanescente no dispositivo do equipamento, restando somente os constituintes inorgânicos. O percentual de constituintes inorgânicos é calculado conforme a seguinte equação:

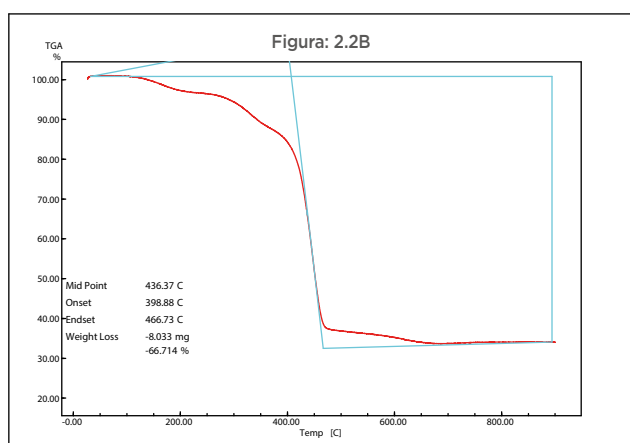
$$\% \text{ inorgânicos} = 100 - \text{Perda de massa.}$$

As figuras 1.2A, 1.2B E 1.2C apresentam os gráficos dos resultados obtidos nos ensaios de termogravimetria.

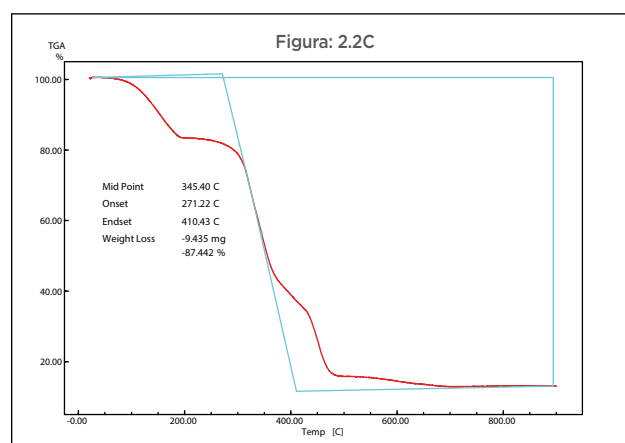
É possível observar que a resina Voxelprint Ceramic (imagem 01 A) apresenta melhor distribuição, bem como maior teor de elementos inorgânicos (cargas vitro cerâmicas em sua maioria) nas amostras analisadas, questão evidenciada na análise microestrutural bem como na avaliação de constituintes inorgânicos via termogravimetria (Figuras 1.2A, 1.2B e 1.2C). Essa quantidade reflete diretamente nas propriedades físicas da resina, proporcionando maior estética, durabilidade, resistência a abrasão e propriedades mecânicas.



Voxelprint Ceramic
57,8% de cargas inorgânicas



Concorrente A
33,3% de cargas inorgânicas



Concorrente B
12,6% de cargas inorgânicas

Figuras 2.2A, 2.2B E 2.2C: Termogramas das diferentes resinas testadas, apresentando os resultados de perda de massa obtidos.

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá/Idomed – RJ.

2.4.2 RESISTÊNCIA FLEXURAL

A resistência à flexão é uma propriedade mecânica que permite avaliar a resistência dos compósitos à fratura. É uma das propriedades que demonstram a qualidade do compósito formado após a polimerização, resultado da importante relação entre a matriz polimérica, as cargas utilizadas e a capacidade dos fotoiniciadores em converter monômeros em polímero[4].

Neste ensaio foram selecionados 3 diferentes fabricantes de resinas indicadas para restauração impressa definitiva de cor (Bleach), sendo: (A) Voxelprint Ceramic, (B) Concorrente 1, (C) Concorrente 2. Para esta avaliação foram impressos 10 corpos de prova em formato de barra (25 x 2 x 2 mm) conforme figura 02, na posição vertical em relação a mesa de impressão, utilizando uma impressora (Creality, Halot SKY). Os corpos de prova foram impressos com espessura de camada de 0,10 mm.

Após a impressão, as amostras foram removidas da mesa de impressão. Em seguida, utilizando uma gaze umedecida em álcool 96%, os corpos de prova foram limpos. Após a limpeza com álcool, as amostras foram secas utilizando jato de ar por 1 minuto. A pós-cura dos corpos de prova foi realizada utilizando uma cabine de cura (Creality, UW-02) aonde os corpos de prova foram pós-curados por um tempo de 30 minutos, e após armazenados em água deionizada (24 horas a 37° C).

Os ensaios foram realizados conforme configuração demonstrada na figura 1.3, utilizando uma máquina universal de ensaios mecânicos (EMIC DL-2000), acoplada a uma célula de carga de 50 kgf e um deflectômetro para medição de deformação do corpo de prova, aplicando uma velocidade de 1 mm/min até a fratura. Foram capturados os valores de resistência flexural e módulo flexural. Este teste seguiu as recomendações da ISO 10477.

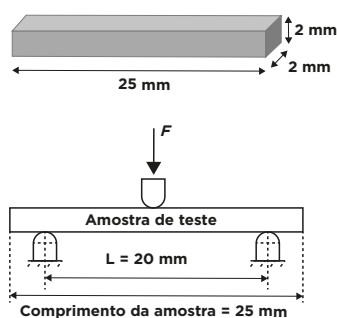


Figura 1.3: Geometria dos corpos de prova para ensaio de flexão, e disposição para realização do ensaio de resistência flexural.

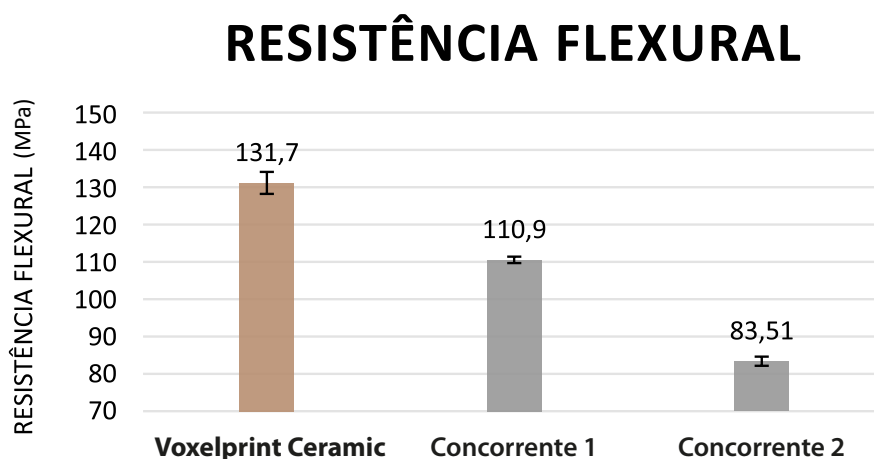


Gráfico 2.1. Flexão de três pontos força (média e desvio padrão em MPa) de diferentes resinas (n=10).

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá/Idomed – RJ.

O resultado do gráfico 1.1 demonstra que Voxelprint Ceramic alcançou ótima resistência à flexão, sendo superior aos produtos já existentes no mercado (concorrente 1 e concorrente 2). Este resultado demonstra a maior capacidade de suportar forças flexurais aplicadas no produto, característica fundamental para que as restaurações mantenham sua integridade estrutural e funcionalidade ao longo do tempo.

2.4.3 MÓDULO DE FLEXÃO

O módulo de flexão, também conhecido como módulo de elasticidade em flexão, é uma propriedade mecânica que descreve a rigidez do material quando submetido à flexão. Ele representa a relação entre o estresse aplicado durante o ensaio de flexão e a deformação elástica resultante. O módulo de flexão é uma medida da rigidez do material e é frequentemente utilizado para comparar a resistência à flexão de diferentes materiais[4].

Da mesma forma que a resistência à flexão, o módulo de flexão reflete a propriedade intrínseca de um material para suportar pressão imposta pelas forças mastigatórias.

Foram confeccionados corpos de prova com as mesmas especificações aos corpos utilizados para a resistência à flexão para serem utilizados na avaliação do módulo de flexão. Para isso, em cada amostra no teste de flexão, o software da máquina de teste universal (EMIC DL - 2000) captura a tensão e a deformação em cada ponto de carregamento. Os dados obtidos da parte reta da curva de tensão versus deformação foram utilizados para calcular o módulo de flexão.

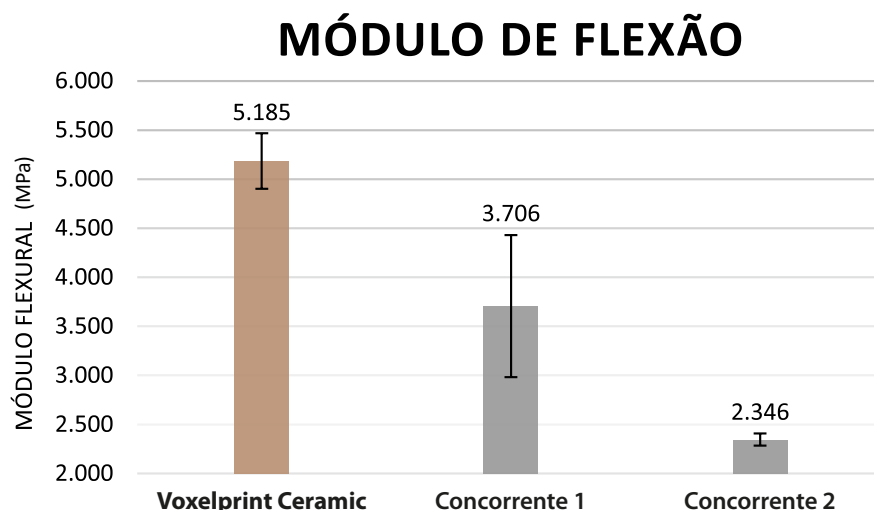


Gráfico 2.2: Módulo de flexão (média e desvio padrão em MPa) de diferentes resinas para impressão 3D (n=10).

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá/Idomed – RJ.

O resultado do gráfico 1.2 demonstra que a Voxelprint Ceramic apresenta módulo de flexão superior aos principais concorrentes (concorrente 1 e concorrente 2). Essa característica aponta que o material é mais rígido e menos propenso a se deformar sob carga, o que pode resultar em melhor desempenho e maior vida útil.

2.4.4 MICRODUREZA VICKERS (HV)

A avaliação da microdureza Vickers fornece informações sobre a resistência do material ao desgaste e abrasão. Um valor de microdureza mais elevado indica uma maior resistência a essas condições, característica desejável em materiais para restaurações definitivas.

Neste ensaio foram selecionados 3 diferentes fabricantes de resinas indicadas para restauração impressa definitiva, de cor (Bleach), conforme gráfico 1.3 sendo, Voxelprint Ceramic, concorrente 1 e concorrente 2.

Para cada tipo de resina selecionada, foram impressos 5 corpos de prova, no formato de disco, conforme dimensões apresentadas na figura 1.4, na posição vertical em relação a mesa de impressão, utilizando uma impressora (Creality - Halot SKY). Os corpos de prova foram impressos com espessura de camada de 0,10 mm.

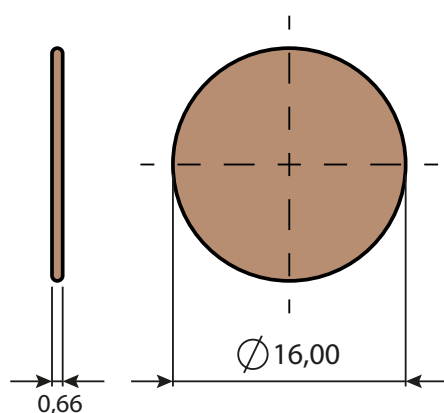


Figura 2.3. Geometria do corpo de prova em formato de disco para avaliação de microdureza Vickers.

Após a impressão, as amostras foram removidas da mesa de impressão. Em seguida, utilizando uma gaze umedecida em álcool 96%, os corpos de prova foram limpos. Após a limpeza com álcool, as amostras foram secas utilizando jato de ar por 1 minuto. Em seguida, os corpos de prova foram pós-curados por um tempo de 30 minutos, utilizando uma cabine de cura (Creality, UW-02).

As amostras foram lixadas, utilizando lixa para metalografia com granulação 600 e polidas com pasta de polimento (Diamond Excel Ultrafine - FGM Dental Group) e disco de feltro (Diamond Flex - FGM Dental Group), seguido por limpeza final utilizando um disco limpo de feltro sem pasta de polimento.

O ensaio de microdureza Vickers foi realizado utilizando um microdurômetro digital (Panambra Zwick, MV2000A). Este ensaio consiste na utilização de um indentador de diamante, no formato de uma pequena pirâmide, o qual por meio de uma força aplicada (0,98 N foi utilizado para este ensaio), gera uma indentação sobre a superfície do material. Com o auxílio de um microscópio acoplado ao microdurômetro, são mensuradas as diagonais da impressão deixada sobre o material, conforme é possível verificar na figura 1.5.



Figura 2.4: Medição de uma das diagonais da indentação realizada em um dos materiais testados.

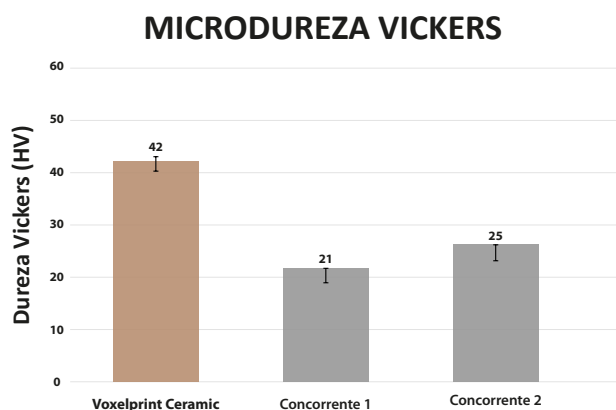


Gráfico 2.3: Microdureza HV de diferentes resinas para impressão 3D.

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá/Idomed – RJ.

O resultado do gráfico 1.3 demonstra que a resina Voxelprint Ceramic apresentou microdureza (HV) muito superior aos principais concorrentes. Esta característica indica que o material apresenta maior resistência ao desgaste e à abrasão, o que contribui para a longevidade da restauração, reduzindo a necessidade de reparos ou substituições frequentes, e ainda possui boa capacidade de manutenção de sua forma e brilho ao longo do tempo, garantindo um acabamento estético mais duradouro.

2.4.5 ESTABILIDADE DE COR

2.4.5.1 Estabilidade de cor pós-cura

A estabilidade de cor de uma resina refere-se à capacidade do material de manter sua cor original ao longo do tempo, mesmo quando exposto a fatores como luz, calor, umidade e substâncias químicas. Essa característica é especialmente importante em aplicações estéticas, como restaurações dentárias, onde a aparência é fundamental. Neste ensaio foram selecionados 3 diferentes fabricantes de resinas indicadas para restauração impressa definitiva, de cor (Bleach), Voxelprint Ceramic, concorrente 1 e concorrente 2.

Para cada tipo de resina selecionada, foram impressos 3 corpos de prova, no formato de disco, conforme dimensões apresentadas na figura 1.6, na posição vertical em relação a mesa de impressão, utilizando uma impressora (Crealty- Halot SKY). Os corpos de prova foram impressos com espessura de camada de 0,10 mm.

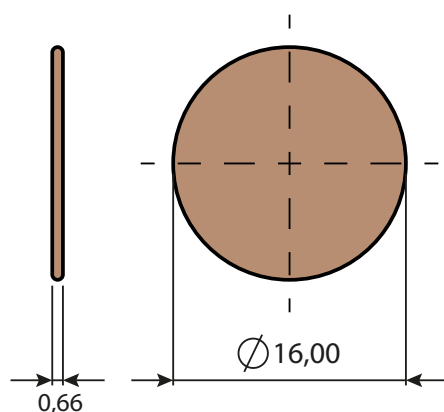


Figura 2.5: Geometria dos corpos de prova para avaliação de cor.

Após a impressão, as amostras foram removidas da mesa de impressão. Em seguida, utilizando uma gaze umedecida em álcool 96%, os corpos de prova foram limpos. Após a limpeza com álcool, as amostras foram secas utilizando jato de ar por 1 minuto e polidas utilizando uma pasta de polimento (Diamond Excel Ultrafine - FGM Dental Group) e disco de feltro (Diamond Flex - FGM Dental Group), seguido por uma limpeza final utilizando um disco limpo de feltro sem pasta de polimento. A pós-cura dos corpos de prova foi realizada utilizando uma cabine de cura (Creality, UW-02) onde os corpos de prova foram pós-curados por um tempo de 30 minutos.

Os corpos de prova foram armazenados em água deionizada por 24 horas para realização da leitura de cor imediata usando um espectrofotômetro X-Rite SP62, na escala CIE L*a*b, conforme demonstrado nas imagens 1.2A, 1.2B e 1.2C. Em seguida, os corpos de prova foram inseridos em um pequeno recipiente contendo água deionizada e deixados à exposição solar. Foi efetuada a medição de cor das amostras com 7, 14, 21 e 34 dias de exposição ao sol, com o objetivo de avaliar a variação de cor.



Imagens 2.2A, 2.2B e 2.2C: Equipamento de espectrofotometria utilizado para medição de cor dos corpos de prova.

Para realizar a comparação de cor com o padrão inicial, foi calculado o valor de Delta E. A comparação foi realizada para um mesmo corpo de prova. Os valores obtidos equivalem a uma média calculada considerando os 3 corpos de prova fabricados para uma mesma resina e tempo de exposição solar.

ESTABILIDADE DE COR

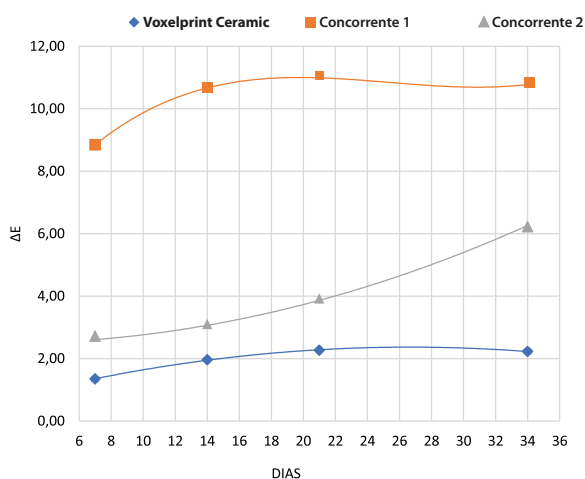


Gráfico 2.4: Gráfico de variação de cor em 7, 14, 21 e 34 dias.

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá / Idomed - RJ.

Voxelpaint Ceramic apresentou a menor variação de cor entre os principais concorrentes, demonstrando a estabilidade cromática do material quando exposta a luz solar nos períodos avaliados. A mudança total de cor é expressa pelo parâmetro Delta E, que quantifica a diferença entre as cores inicial e final. Um valor de Delta E inferior a 3,0 é aceito como indicando boa estabilidade de cor, significando que a alteração é imperceptível a olho nu. Valores superiores a 3,0 podem ser percebidos como desvio na cor, o que pode comprometer a estética da resina[5].

2.4.5.2 Estabilidade de cor em função do tempo de cura

Utilizando a mesma metodologia descrita acima, a estabilidade de cor em função do tempo de cura foi avaliada. Foi realizada a medição inicial de cor para cada corpo de prova, utilizando o espectrofotômetro X-Rite SP62, na escala CIE L*a*b. Em seguida, os corpos de prova foram pós-curados utilizando uma cabine de cura (Creality, modelo UW-02), com os seguintes tempos: 05, 10, 20, 30, 60 e 120 minutos.

A comparação sempre é realizada para um mesmo corpo de prova. Os valores obtidos equivalem a uma média calculada considerando os 3 corpos de prova fabricados com uma mesma resina e tempo de cura.

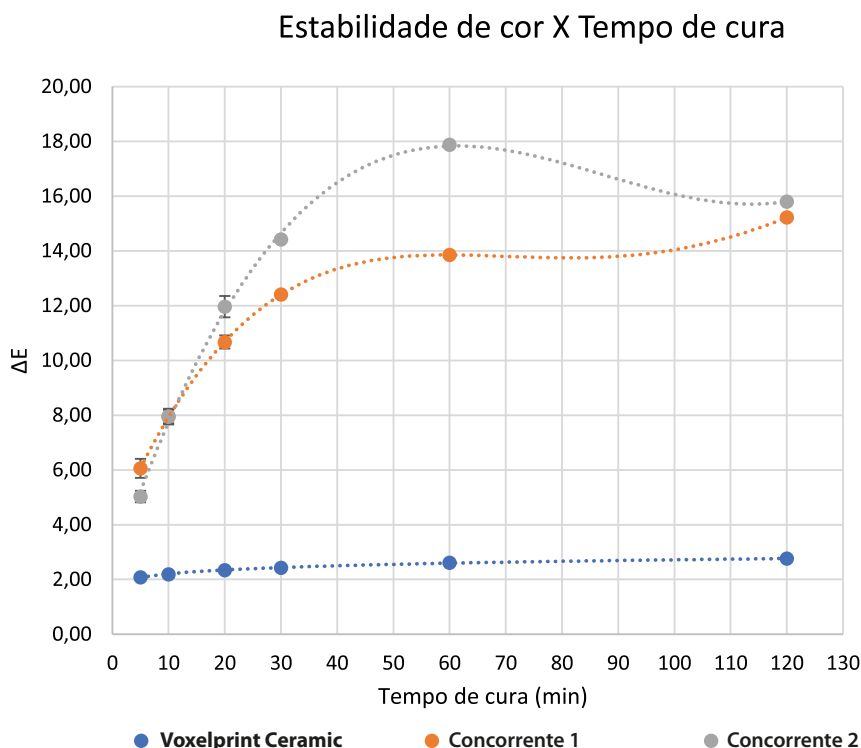


Gráfico 2.5: Gráfico de variação do Delta E em função do tempo de cura.

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá/Idomed – RJ.

Os resultados apresentados no gráfico 1.5, demonstram que o material Voxelprint Ceramic apresenta superior estabilidade de cor em relação aos concorrentes, ficando com Delta E abaixo de 3, mesmo para o tempo de 120 min de pós-cura. Os concorrentes, apresentaram uma grande variação de cor, com um Delta E acima de 14 para 120 min de cura, ou seja, mais sensíveis a variação de cor na etapa de pós-cura do material. Para efeitos práticos do uso do produto, caso o usuário não configure adequadamente o equipamento de pós-cura, no caso dos produtos concorrentes, a cor poderá ficar substancialmente fora da escala de cor declarada pelo fabricante.

2.4.6 RADIOPACIDADE

A radiopacidade é fundamental para garantir que as resinas possam ser monitoradas e avaliadas adequadamente, para avaliação da integridade e adaptação marginal do material. Neste ensaio foram selecionados 3 diferentes fabricantes de resinas indicadas para restauração impressa definitiva, com mesma cor (Bleach), sendo Voxelprint Ceramic, concorrente 1 e concorrente 2.

Para cada tipo de resina selecionada, foram impressos 3 corpos de prova, no formato de disco, conforme dimensões apresentadas na figura 1.7 (segundo o descrito conforme norma ISO 4049), na posição vertical em relação a mesa de impressão, utilizando uma impressora (Creality modelo Halot SKY). Os corpos de prova foram impressos com espessura de camada de 0,10 mm.

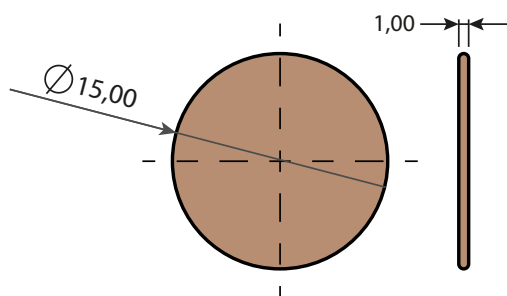


Figura 2.6: Geometria dos corpos de prova para avaliação de grau de radiopacidade.

Após a impressão, as amostras foram removidas da mesa de impressão. Em seguida, utilizando gaze umedecida em álcool 96%, os corpos de prova foram limpos. Após a limpeza com álcool, as amostras foram secas utilizando ar comprimido. Em seguida, os corpos de prova foram pós-curados por um tempo de 30 minutos, utilizando uma cabine de cura (Creality, modelo UW-02).

Para este ensaio é utilizada uma escala de alumínio graduada em 10 diferentes espessuras com passo de 1 mm de acréscimo para cada espessura (1 a 10 mm). Esta escala serve como padrão a ser radiografado juntamente com a amostra.

As amostras foram radiografadas utilizando um aparelho de raio-x digital. Juntamente com a escala de alumínio, os corpos de prova foram posicionados a uma distância de 350 ± 50 mm do emissor de radiação, logo, foi ajustado o tempo de exposição até que uma imagem nítida fosse reproduzida no software do equipamento.

A seguir, a imagem foi exportada para o Software Adobe Photoshop (Adobe), onde a escala mais escura foi definida como 0, enquanto a mais clara foi definida como 255. Desta forma, foram mensurados os valores de densidade óptica para cada degrau da escala e para o espécime em estudo. Sequencialmente, foi gerado gráfico no software Microsoft Excel (Microsoft) relacionando a densidade óptica da escala de alumínio (Eixo Y) com sua espessura (eixo X), então, gerada uma regressão linear, obtendo-se uma equação de primeiro grau. Os dados de densidade óptica das amostras foram atribuídos como valor “Y” na equação, sendo então determinado o valor de “X”, correspondendo a uma equivalência direta da espessura da escala de alumínio.

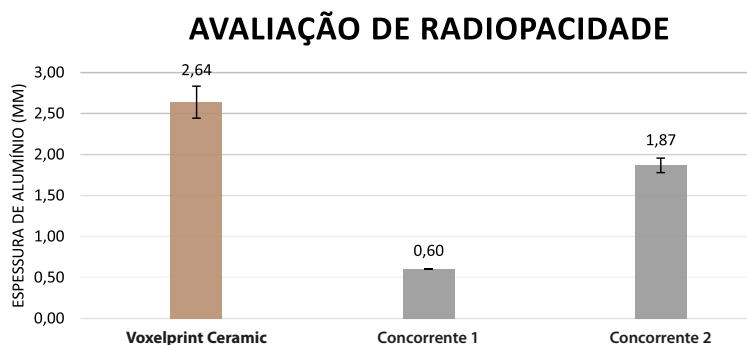


Gráfico 2.6: Gráfico de avaliação da radiopacidade.

Fonte: Prof. Dr. Rodrigo Reis / Universidade Estácio de Sá/Idomed – RJ.

Voxelprint Ceramic apresentou radiopacidade superior aos principais concorrentes. Conforme a norma ISO 4049, este resultado demonstra que a resina possui uma capacidade de visualização em radiografias equivalente a uma espessura de 2,64 mm de alumínio. Isso indica que a resina é suficientemente radiopaca para ser claramente identificada nas imagens radiográficas, permitindo que dentistas avaliem a presença e a integridade das restaurações.

2.4.7 CITOTOXICIDADE

A citotoxicidade de um produto é determinada a partir da porcentagem de células que permanecem viáveis após exposição ao extrato. Um item de teste é considerado citotóxico se a viabilidade celular resultante de 24 horas de exposição das células ao extrato for inferior a 70%.

Neste estudo foi utilizado o extrato do item teste Voxelprint Ceramic comparado com os extratos das amostras de controle positivo e negativo. Para garantir a validade do estudo o veículo de extração (controle celular), bem como um negativo (polietileno - não citotóxico) e um positivo (látex - citotóxico) foram testados.

Os grupos de referência (controle negativo e positivo) e o grupo teste foram submetidos ao processo de extração por 72 horas. O item teste não alterou as propriedades físico-químicas do veículo de extração. O extrato obtido do item teste e das amostras de controle foram aplicados diretamente na monocamada celular, cultura de células de mamífero - L929 fibroblasto de camundongo, e deixados por 24 horas. Após o período de exposição adicionou-se MTS/PMS por 120 minutos. O corante MTS/PMS é incorporado às células, produzindo uma coloração específica, detectada pelo espectrofotômetro no comprimento de onda de 490 nm. A intensidade da cor resultante da incorporação celular será proporcionalmente igual ao número de células viáveis na cultura.

De acordo com o gráfico 1.7, após o período experimental as células expostas ao extrato do item teste Voxelprint Ceramic apresentaram viabilidade celular acima de 70%. De acordo com o método adotado para o estudo, o item teste foi considerado não citotóxico. O estudo foi conduzido de acordo com as normas: ISO 10993-5:2009 e ISO 10993-12:2021, que se destinam a determinação da biocompatibilidade de dispositivos médicos.

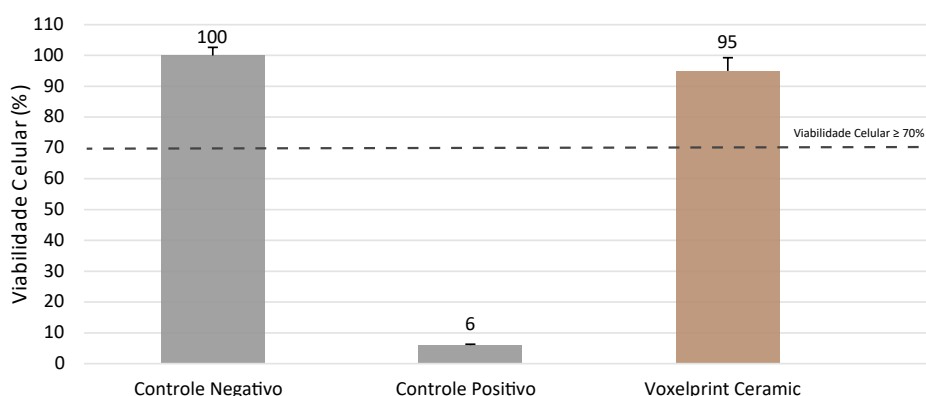


Gráfico 2.7: Viabilidade celular obtida para os itens, Voxelprint Ceramic, controle positivo e controle negativo, demonstrando que acima de 70%, de acordo com o método adotado para o estudo, o item teste (Voxelprint Ceramic) foi considerado não citotóxico.

Fonte: As informações acima são baseadas em um estudo científico de citotoxicidade da Voxelprint Ceramic conduzido por: Medlab Produtos Diagnósticos LTDA, Brasil.

2.5 CASO CLÍNICO

Autor: Dr Marcelo Giordani

Queixa principal: Estética do sorriso



- 1** | Aspecto inicial demonstrando desgastes e restaurações insatisfatórias.
- 2** | Aspecto intraoral da arcada superior.
- 3** | Aspecto intra oral após preparos protéticos para laminados e coroas.

- 4** | Peças impressas com resina Voxelprint Ceramic cor Bleach- HT, posicionadas em modelo.
- 5** | Prova dos laminados e coroas em boca.





6 | Aspecto imediato após cimentação das peças protéticas.



7 | Vista lateral da arcada superior após cimentação.



8 | Vista frontal e aspecto final do sorriso.

2.6 REFERÊNCIAS

- [1] DAGRHERY, A. Color stability, gloss retention, and surface roughness of 3D-printed versus indirect prefabricated veneers. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 14, n. 10, p. 492, 2023. DOI: 10.3390/jfb14100492.
- [2] TEMIZCI, T.; BOZOĞULLARI, H. N. Effect of thermocycling on the mechanical properties of permanent composite-based CAD-CAM restorative materials produced by additive and subtractive manufacturing techniques. *BMC Oral Health*, v. 24, n. 334, 2024. DOI: 10.1186/s12903-024-04016-z.
- [3] SAHIN, Z. et al. Mechanical characteristics of composite resins produced by additive and subtractive manufacturing. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, v. 31, n. 3, p. 278-285, 2023. DOI: 10.1922/EJPRD_2478Sahin08.
- [4] PHILLIPS, R. W.; ANUSAVICE, K. J. Propriedades mecânicas dos materiais dentários. In: PHILLIPS, R. W.; ANUSAVICE, K. J. *Materiais dentários*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- [5] PARAVINA, R. D. et al. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 27, supl. 1, p. S1-S9, 2015. DOI: 10.1111/jerd.12149.



Atendimento ao Profissional:

+55 47 3441 6100 | 0800 644 6100

www.fgmdentalgroup.com | contato@fgm.ind.br



Voxelprint

Splint Tough

3. VOXELPRINT SPLINT TOUGH



3.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

As resinas para impressão 3D com indicação específica para placas oclusais têm sido progressivamente incorporados às rotinas clínicas e laboratoriais, demonstrando desempenho mecânico e estabilidade dimensional. Os avanços em formulações poliméricas, softwares de planejamento e tecnologias de manufatura aditiva têm impactado positivamente os resultados clínicos, promovendo maior longevidade dos dispositivos interoclusais [1].

A Voxelprint Splint Tough é uma resina fotopolimerizável biocompatível, indicada para a fabricação de placas oclusais via manufatura aditiva (impressão 3D) em equipamentos que apresentem tecnologia de impressão LCD (Liquid Crystal Display) ou DLP (Digital Light Processing), operando com comprimentos de onda de 385 nm ou 405 nm.

A Voxelprint Splint Tough apresenta características mecânicas que proporcionam uma experiência de utilização mais confortável ao paciente, oferecendo também uma resistência superior àquela oferecida pelos produtos convencionais.

Utilizando um fluxo de trabalho CAD/CAM, uma placa oclusal modelada digitalmente é fabricada fotocurando a resina camada por camada, proporcionando o formato final da peça após a conclusão da impressão. Após a etapa de impressão, visando alcançar as propriedades finais, o material deve passar pelo pós-processamento (limpeza, pós-cura e acabamento), conforme as instruções recomendadas.

3.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA

Mistura de monômeros e oligômeros acrilatos e metacrilatos (95-99%) e sistema fotoiniciador (<5%).

Autor: Prof. Dr. Marcelo Giordani



*Verifique as apresentações disponíveis em seu país.

3.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS



RESISTÊNCIA À FRATURA: O material apresenta elevada resistência à propagação de trincas sob carga, além de alta capacidade de absorção de energia. Esses atributos indicam sua tenacidade, refletindo clinicamente em maior durabilidade e integridade estrutural da placa oclusal.



CLEAR: A resina apresenta característica de transparência que possibilita a produção de peças com acabamento cristalino, conferindo um aspecto visual mais estético.



ALTO RENDIMENTO: Graças às propriedades mecânicas do material, é possível confeccionar placas com espessuras reduzidas em comparação aos principais concorrentes, otimizando assim, o rendimento na fabricação dos dispositivos oclusais.



MULTICOMPATÍVEL: A Voxeprint Splint Tough é fabricada por meio de processos de manufatura aditiva (impressão 3D), compatível com equipamentos que utilizam tecnologias de impressão LCD (Liquid Crystal Display) ou DLP (Digital Light Processing), operando com comprimentos de onda de 385 nm ou 405 nm.



DUREZA IDEAL: A configuração estrutural do produto proporciona um índice de dureza Shore D compatível com as principais resinas disponíveis no mercado. Essa característica contribui para a redução do desgaste da placa durante o contato com os dentes antagonistas, favorecendo a longevidade do dispositivo.



+CONFORTO: A possibilidade de confeccionar placas oclusais com espessuras reduzidas proporciona maior conforto ao paciente e favorece a adesão ao uso do dispositivo.

3.4 PROPRIEDADES

3.4.1 AVALIAÇÃO DA TENACIDADE E DA ENERGIA DE FRATURA TOTAL DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PLACAS OCLUSAIS

As placas oclusais são dispositivos odontológicos utilizados no tratamento de distúrbios temporomandibulares (DTMs), bruxismo e desordens musculares orofaciais, atuando na redistribuição das forças oclusais e na redução da sobrecarga muscular e articular [1,2].

Com a evolução tecnológica, a manufatura aditiva, especialmente a impressão 3D, tem sido incorporada à sua produção, oferecendo vantagens como personalização, precisão dimensional e agilidade na fabricação [3,4].

A resistência à fratura é um parâmetro crítico para a segurança e durabilidade clínica desses dispositivos, que estão sujeitos a cargas cíclicas mastigatórias e impactos ocasionais durante o uso intraoral [5,6]. A falha estrutural pode comprometer a eficácia terapêutica e representar riscos ao paciente [7].

Dispositivos confeccionados com resinas fotopolimerizáveis por impressão 3D apresentam desempenho mecânico influenciado por fatores como composição química, grau de conversão, reticulação e defeitos de fabricação [8-11]. A tenacidade à fratura, expressa pelo fator de intensidade de tensão máximo ($K_{máx}$), e o trabalho total de fratura (W_f), que representa a energia total absorvida até a fratura completa, são propriedades fundamentais para avaliar a resistência desses materiais.

A norma ISO 20795-2 estabelece métodos padronizados para a determinação dessas propriedades, visando garantir a segurança e o desempenho clínico dos dispositivos. Este estudo tem como objetivo caracterizar comparativamente o $K_{máx}$ e o W_f de diferentes resinas para impressão 3D utilizadas na fabricação de placas oclusais, contribuindo para a seleção de materiais com melhor desempenho mecânico e maior confiabilidade clínica.

Foram utilizados 4 diferentes materiais para impressão 3D de placas oclusais, provenientes de diferentes fabricantes, nomeados como: Voxelprint Splint Tough (FGM), Concorrente 01 (fabricante nacional 01), Concorrente 02 (fabricante nacional 02), Concorrente 03 (fabricante nacional 03).

O ensaio de tenacidade a fratura e trabalho total de fratura consiste na realização de um ensaio de flexão de 3 pontos modificado, onde o corpo de prova, ilustrado na figura 2.1, apresenta geometria descrita na norma ISO 20795-2, sendo retangular e com entalhe central. A ponta da trinca artificial foi gerada utilizando um dispositivo contendo uma lâmina afiada para controlar o corte da lâmina, dentro das tolerâncias definidas pela norma (0,1 a 0,4 mm de profundidade).

Os corpos de prova foram impressos utilizando espessura de camadas de 0,10 mm de espessura na impressora Anycubic Mono 4. A limpeza pós-impressão foi realizada por imersão em álcool etílico 96% durante 1 minuto, seguido de secagem com papel toalha. A pós-cura foi realizada em cabine UV modelo UV-02 (Pionext) por 10 minutos. Após a pós-cura, os corpos de prova foram armazenados por 7 dias, imerso em um recipiente contendo água em condições controladas de temperatura ($37 \pm 1^\circ\text{C}$), conforme a ISO 20795-2.

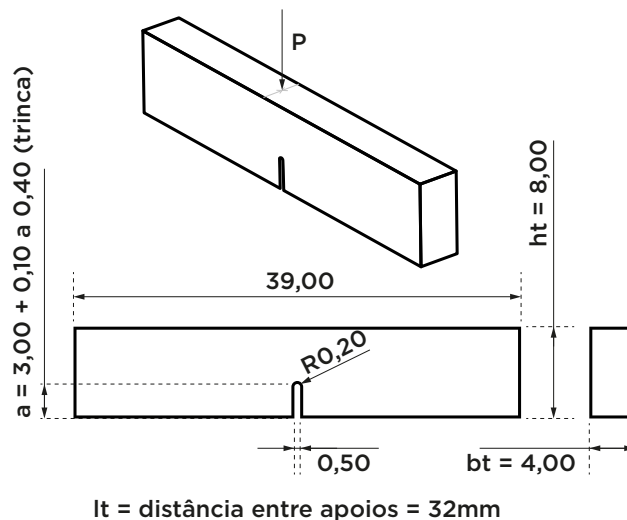


Figura 3.1: Corpo de prova para avaliação da tenacidade a fratura e trabalho total de fratura.

O ensaio foi conduzido em máquina universal de ensaios (EMIC, modelo DI 2000) equipada com dispositivo de flexão em três pontos, utilizando vão entre apoios de 32 mm. A velocidade de deslocamento da travessa foi de 5,0 mm/min, o ensaio somente é interrompido quando o corpo de prova alcança a fratura ou quando a força aplicada decresceu 5% em relação ao valor máximo registrado.

Os gráficos a seguir apresentam os resultados obtidos para o fator de intensidade de tensão máximo (K_{max}) e para o trabalho total de fratura (W_f).

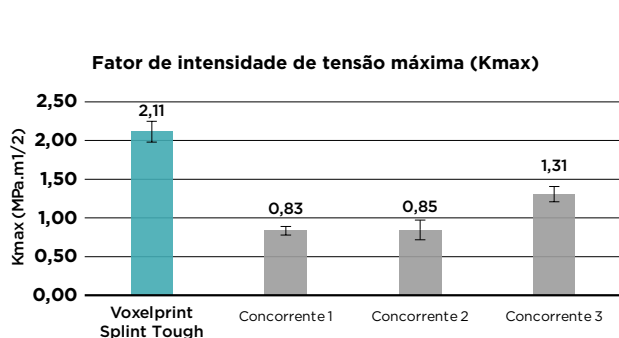


Gráfico 3.1: Resultado obtido de K_{max} , comparando a resina Voxelprint Splint Tough com diferentes concorrentes.

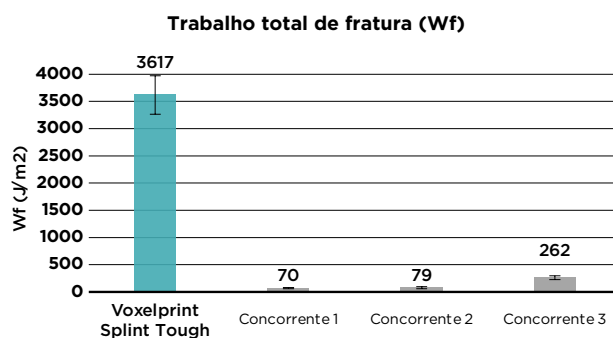


Gráfico 3.2: Resultado obtido de W_f , comparando a resina Voxelprint Splint Tough com diferentes concorrentes.

Os resultados obtidos para o fator de intensidade de tensão máximo (K_{max}) e o trabalho total de fratura (W_f) evidenciam diferenças significativas entre a resina Voxelprint Splint Tough e os materiais concorrentes, conforme apresentado nos Gráficos 2.1 e 2.2.

Para o K_{max} , a Voxelprint Splint Tough apresentou média de 2,11 MPa.m^{1/2}, valor substancialmente superior ao dos concorrentes 1 (0,83 MPa.m^{1/2}), 2 (0,85 MPa.m^{1/2}) e 3 (1,31 MPa.m^{1/2}). Este resultado indica que a resina possui maior resistência à propagação de trincas, característica essencial para dispositivos sujeitos a esforços cíclicos e concentrados, como placas oclusais. Considerando o valor mínimo estabelecido pela ISO 20795-2 (1,1 MPa.m^{1/2}), observa-se que apenas a Voxelprint Splint Tough e o concorrente 3 atendem a este requisito, enquanto os concorrentes 1 e 2 ficam abaixo do limite.

No caso do trabalho total de fratura (W_f), a Voxelprint Splint Tough atingiu média de 3617 J/m², desempenho amplamente superior aos concorrentes 1 (70 J/m²), 2 (79 J/m²) e 3 (262 J/m²). Esse resultado representa uma diferença de mais de 13 vezes em relação ao concorrente 3 e mais de 50 vezes em relação aos concorrentes 1 e 2. Valores elevados de trabalho total de fratura (W_f) indicam maior capacidade do material em absorver energia antes da fratura, o que reduz a probabilidade de falhas catastróficas possibilitando um aumento substancial da durabilidade clínica.

O desempenho superior da Voxelprint Splint Tough, tanto o fator de intensidade de tensão máximo (K_{max}) como o trabalho total de fratura (W_f), pode ser atribuído à sua formulação química. Clinicamente, essas propriedades se traduzem em placas mais resistentes, com menor risco de fratura durante o uso prolongado, mesmo em pacientes com bruxismo severo.

Dessa forma, a análise comparativa confirma que a escolha da resina exerce impacto direto na performance mecânica e na segurança do dispositivo final, reforçando a importância da avaliação de propriedades como K_{max} e W_f na seleção de materiais para manufatura aditiva de dispositivos odontológicos.

Os resultados demonstraram que a resina Voxelprint Splint Tough apresentou desempenho superior em relação aos materiais concorrentes nos parâmetros de fator de intensidade de tensão máximo (K_{max}) e trabalho total de fratura (W_f). Clinicamente, esses resultados poderão ser traduzidos em maior resistência à propagação de trincas e melhor capacidade de absorção de energia, o que poderá aumentar a durabilidade e a segurança das placas oclusais confeccionadas com esse material. Dessa forma, a seleção criteriosa de resinas fotopolimerizáveis, com base em parâmetros mecânicos normatizados, é essencial para garantir dispositivos mais confiáveis e adequados para pacientes com bruxismo ou distúrbios temporomandibulares.

3.4.2 AVALIAÇÃO DA DUREZA SHORE D DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PLACAS OCLUSAIS

As placas oclusais são dispositivos amplamente utilizados no tratamento de parafunção e distúrbios temporomandibulares, atuando na redistribuição de forças oclusais e promovendo relaxamento muscular. Para garantir a eficácia clínica e a durabilidade desses dispositivos, propriedades mecânicas como a dureza são fundamentais. A dureza Shore D, obtida segundo a norma ASTM D2240, é um parâmetro amplamente empregado para avaliar a resistência superficial de materiais poliméricos, sendo relevante para a seleção de resinas utilizadas na impressão 3D desses dispositivos [1]. Este estudo teve como objetivo avaliar comparativamente a dureza Shore D de diferentes resinas utilizadas na fabricação de placas oclusais por impressão 3D.

A dureza superficial é um parâmetro diretamente relacionado à resistência ao desgaste e a resistência a penetração do material. Materiais mais duros, podem apresentar maior rigidez e resistência flexural, bem como maior resistência ao desgaste, porém, com potencial redução no conforto clínico. Por outro lado, materiais com dureza menor, podem oferecer maior sensação de conforto ao paciente, possibilitando uma adesão maior ao uso da placa. Estudos anteriores destacam a importância do equilíbrio para proporcionar um uso prolongado, reforçando a relevância clínica dos resultados obtidos [2].

Foram utilizados 4 diferentes materiais para impressão 3D de placas oclusais, provenientes de diferentes fabricantes, nomeados como: Voxelprint Splint Tough 3D (FGM), Concorrente 01 (fabricante nacional 01), Concorrente 02 (fabricante nacional 02), Concorrente 03 (fabricante nacional 03).

Foram preparados corpos de prova cilíndricos com 4 mm de espessura e 30 mm de diâmetro. As amostras foram impressas a 90° em relação à plataforma de impressão, utilizando espessura de camada de 0,10 mm na impressora Anycubic Mono 4. Após a impressão, os corpos de prova foram submetidos à limpeza por imersão em álcool etílico 96% durante 1 minuto, seguido de secagem com papel toalha. A pós-cura foi realizada em cabine UV modelo UW-02 (Creality) por 30 minutos. O ensaio de dureza foi realizado em um durômetro Shore D, conforme norma ASTM D2240, utilizando dispositivo para aplicação de força constante de 10 libras. Foram realizadas 6 medições por corpo de prova, calculando-se a média e o desvio padrão das leituras.

A figura a seguir apresenta os resultados obtidos de dureza Shore D, da resina Voxelprint Splint Tough e dos diferentes concorrentes.

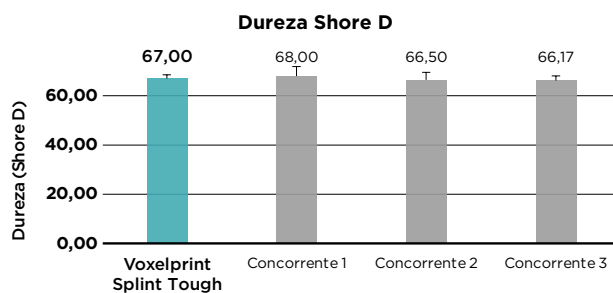


Gráfico 3.3: Resultado obtido de Dureza shore, comparando a resina Voxelprint Splint Tough com diferentes concorrentes.

A resina Voxelprint Splint Tough apresentou dureza Shore D equivalente em relação aos concorrentes analisados, demonstrando características que podem favorecer a durabilidade e o conforto clínico das placas oclusais. Os resultados reforçam a importância da análise da dureza Shore D para a seleção de materiais empregados na impressão 3D de dispositivos oclusais.

3.5 CASO CLÍNICO

Autor: Prof. Dr. Luis Fernando Bessel

Queixa principal: Bruxismo



1 | Vista intraoral inicial evidenciando as condições anatômicas e funcionais.

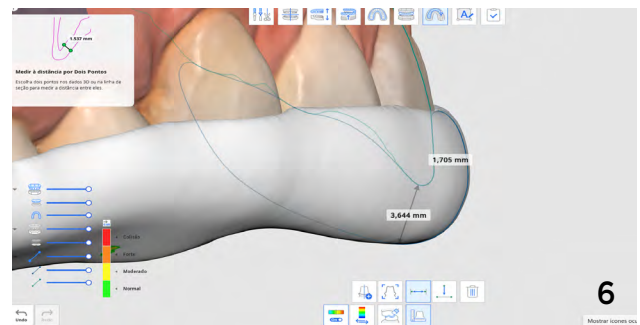
2 | Vista extraoral inicial demonstrando as características faciais.

3 | Registro digital da arcada dentária por meio de escaneamento intraoral.

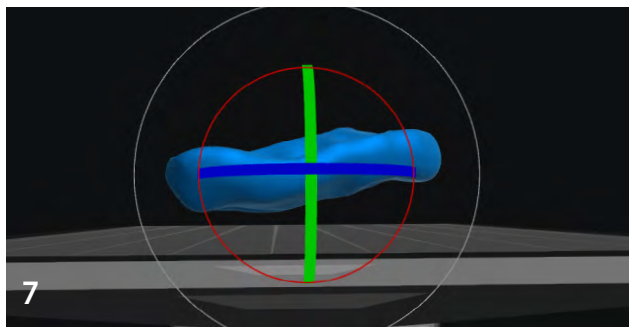
4 | Imagem tridimensional gerada por meio de renderização digital, obtida a partir dos dados capturados pelo software de escaneamento intraoral.



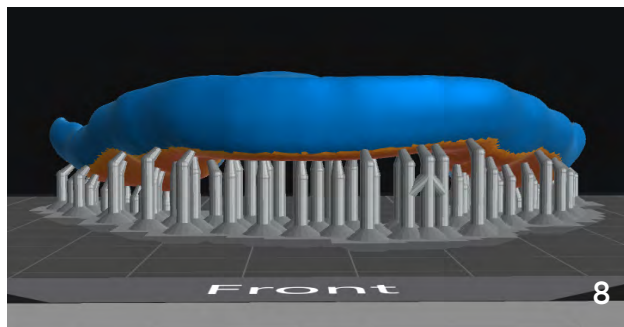
5 | Processo de modelagem digital e enceramento virtual da placa oclusal realizado em software especializado.



6 | Visualização das dimensões da placa oclusal no ambiente de modelagem digital.



7 | Posicionamento do modelo digital da placa oclusal no software de fatiamento, etapa preparatória para a manufatura aditiva.



8 | Visualização da placa oclusal fatiada com inserção dos suportes estruturais necessários para o processo de impressão tridimensional.



9 | Inserção da resina Voxelprint Split Tough no reservatório (VAT) da impressora 3D.



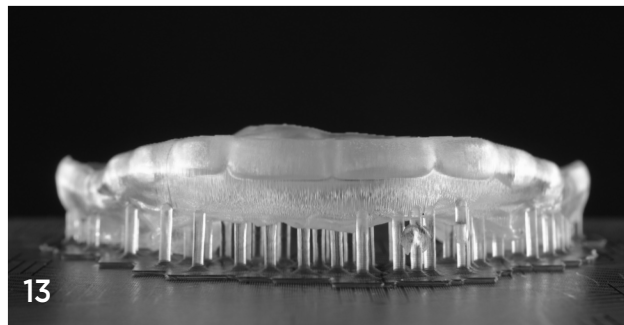
10 | Confeção da placa oclusal por meio de manufatura aditiva.



11 | Placa oclusal posicionada na plataforma de impressão após conclusão do processo de manufatura aditiva.



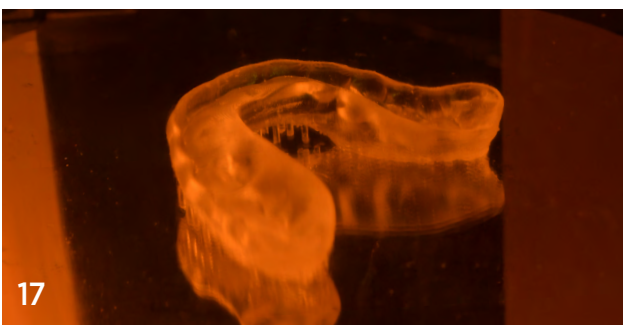
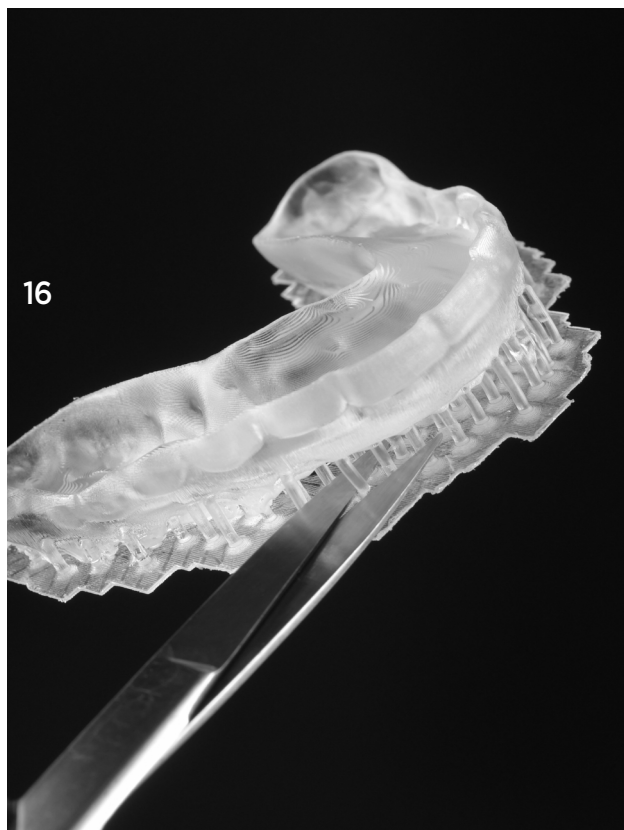
12 | Etapa de limpeza da placa oclusal realizada em cabine específica, visando à remoção de resíduos de resina não polimerizada.



13 | Placa oclusal após o processo de limpeza, apresentando superfície livre de contaminantes.



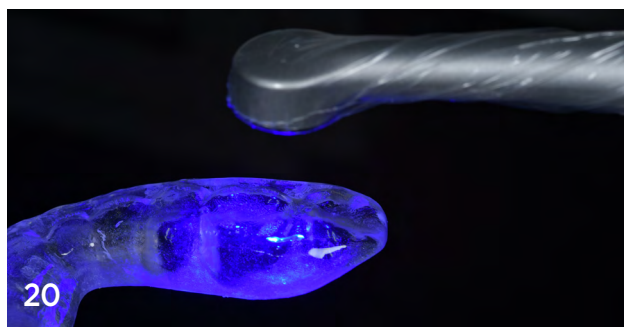
14, 15 e 16 | Remoção da peça da plataforma de impressão após o processo de limpeza. (15): Placa oclusal após limpeza, evidenciando superfície íntegra e livre de resíduos de resina (16): Etapa de remoção dos suportes estruturais da placa oclusal.



17 | Exposição da placa oclusal à luz em cabine de cura específica, promovendo a conversão dos monômeros em polímeros.



18 | Placa oclusal após remoção dos suportes estruturais, evidenciando sua forma.



19 e 20 | (19) Aplicação da técnica 'Candy Coating' para acabamento superficial da placa oclusal, visando à melhoria estética. (20): Conversão da resina superficial da placa oclusal por meio de fotopolimerização, utilizando o equipamento Quazar como fonte de luz controlada.



21 | Placa oclusal finalizada, pronta para avaliação clínica e posterior entrega ao paciente.



22, 23 e 24 | Vista intraoral final.



25 | Vista extraoral final demonstrando a adaptação estética e funcional do dispositivo oclusal instalado.

3.6 REFERÊNCIAS

- [1] OKESON, J. P. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. 8. ed. St. Louis: Elsevier, 2020.
- [2] KLASSER, G. D.; GREENE, C. S. Oral appliances in the management of temporomandibular disorders. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, v. 107, n. 2, p. 212-223, 2009.
- [3] DAWOOD, A. et al. 3D printing in dentistry. British Dental Journal, v. 219, n. 11, p. 521-529, 2015.
- [4] REVILLA-LEÓN, M.; ÖZCAN, M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. Journal of Prosthodontics, v. 28, n. 2, p. 146-158, 2019.
- [5] SAKAGUCHI, R. L.; POWERS, J. M. Craig's Restorative Dental Materials. 14. ed. St. Louis: Elsevier, 2018.
- [6] STÖBER, T. et al. Physical and mechanical properties of resin-based materials for temporary restorations. Journal of Prosthetic Dentistry, v. 86, n. 6, p. 642-649, 2001.
- [7] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 20795-2:2013 - Dentistry — Base polymers — Part 2: Orthodontic base polymers. Geneva: ISO, 2013.
- [8] ZIÓŁKOWSKI, G. et al. Mechanical properties of 3D-printed resins for dental applications. Materials, v. 13, n. 22, p. 5204, 2020.
- [9] ANADIOTI, E. et al. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. Journal of Prosthodontics, v. 29, n. 5, p. 489-497, 2020.
- [10] ALHARBI, N. et al. Mechanical properties of resin materials for 3D printing provisional restorations. Journal of Prosthodontics, v. 28, n. 5, p. 587-594, 2019.
- [11] KIM, S. Y. et al. Effect of printing parameters on the mechanical properties of 3D-printed dental materials. Dental Materials, v. 34, n. 8, p. e256-e265, 2018.
- [12] ANDERSON, T. L. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- [13] SAKAGUCHI, R. L.; POWERS, J. M. Craig's Restorative Dental Materials. 14. ed. St. Louis: Elsevier, 2018.
(Obs.: referência duplicada; mantida conforme lista original.)
- [14] ASTM INTERNATIONAL. ASTM D2240-15(2021) - Standard Test Method for Rubber Property — Durometer Hardness. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2021.
- [15] AINOOSAH, S.; FARGHAL, A. E.; ALZEMEI, M. S. et al. Comparative analysis of different types of occlusal splints for the management of sleep bruxism: a systematic review. BMC Oral Health, v. 24, n. 1, p. 29, jan. 2024. DOI: 10.1186/s12903-023-03782-6.



Atendimento ao Profissional:

+55 47 3441 6100 | 0800 644 6100

www.fgmdentalgroup.com | contato@fgm.ind.br



Voxelprint

TEMP

4. VOXELPRINT TEMP



4.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Entre os materiais aplicados à odontologia digital, destacam-se as resinas para impressão 3D, especialmente indicadas para próteses temporárias. Apesar de seu desenvolvimento recente[1], esses materiais vêm sendo incorporados progressivamente às rotinas laboratoriais, apresentando elevada precisão dimensional e adequada adaptação marginal. Os avanços em formulações poliméricas, softwares de planejamento e tecnologias de manufatura aditiva têm impactado positivamente os resultados clínicos, assegurando estabilidade cromática do material polimérico — fator essencial para a satisfação do paciente e para a manutenção de resultados previsíveis[2].

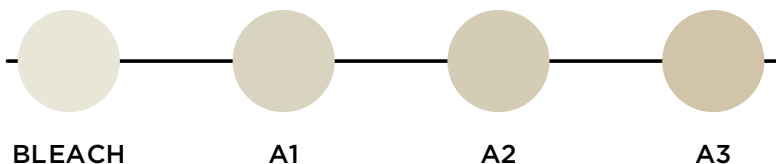
A Voxelprint TEMP é uma resina fotopolimerizável biocompatível, indicado para fabricação de próteses dentárias temporárias via manufatura aditiva (impressão 3D) em equipamentos que apresentem tecnologia de impressão LCD (Liquid Crystal Display) ou DLP (Digital Light Processing) que operem utilizando comprimento de onda de 385 nm ou 405 nm.

Este material apresenta em sua composição uma mistura otimizada de monômeros e oligômeros especiais que proporcionam resistência mecânica, estabilidade de cor e características físico-químicas adequadas para utilização como elementos dentários temporários.

Utilizando um fluxo de trabalho CAD/CAM, uma prótese dentária modelada digitalmente é fabricada fotocurando o material camada por camada, proporcionando o formato final da peça após a conclusão da impressão. Após a etapa de impressão, visando alcançar as propriedades finais, o material deve passar pelo pós-processamento (limpeza, pós-cura e acabamento), conforme as instruções recomendadas.

4.1.1 SISTEMA DE CORES

A Voxelprint TEMP está disponível em 3 tons compatíveis com a escala VITA CLASSICAL®, e uma tonalidade Bleach.



*Verifique as apresentações disponíveis em seu país.

4.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA

Monômeros e oligômeros acrilatos e metacrílicos (80-99%), sistema fotoiniciador (<3%), estabilizantes (<1%) e pigmentos (<1%).

4.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS



ESTABILIDADE DE COR: Devido à exclusiva tecnologia da FGM que combina um eficiente sistema fotoiniciador e a distribuição homogênea de partículas, Voxelprint TEMP apresenta excelente estabilidade de cor em todos os aspectos.



ALTO BRILHO: Excelente padrão de brilho e lisura superficial, o polimento é facilmente obtido por meio de sistemas de acabamento e polimento para resinas. Fácil caracterização com maquiagem e pigmentos fotopolimerizáveis proporcionando peças altamente estéticas e naturais.



FACILIDADE DE REEMBASAMENTO: Devido aos monômeros livres não convertidos, a Voxelprint TEMP pode ser facilmente reembasada sem nenhum tratamento de superfície para adesão de materiais reembasadores.

4.4 PROPRIEDADES

4.4.1 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR DE RESINAS PARA IMPRESSÃO 3D DE PRÓTESES PROVISÓRIAS

Nesta avaliação foram selecionadas 3 diferentes fabricantes de resinas indicadas para restauração impressa temporária, de cor A1, Voxelprint TEMP, concorrente 1 e concorrente 2. Para cada tipo de resina selecionada, foram impressos 3 corpos de prova, no formato de disco, seguindo dimensões conforme norma ISO 10477:2020 (Figura 01) na posição vertical em relação a mesa de impressão, utilizando uma impressora Creality - Halot Sky. Os corpos de prova foram impressos com espessura de camada de 0,10 mm.

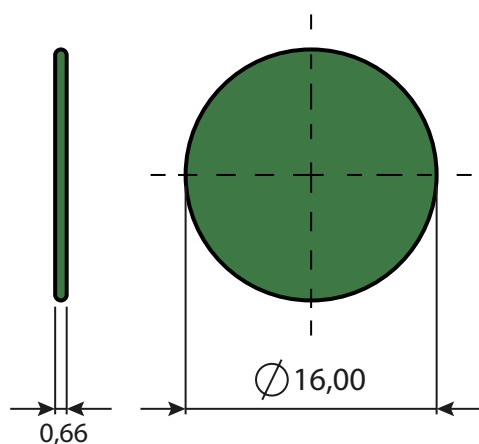


Figura 4.1: Corpo de prova para avaliação de cor.

Após a impressão, as amostras foram removidas da mesa de impressão. Em seguida, utilizando um pano umedecido em álcool 96%, os corpos de prova foram limpos. Após a limpeza com álcool, as amostras foram secas utilizando jato de ar por 1 minuto e polidas utilizando uma pasta de polimento (Diamond Excel Ultrafine - FGM Dental Group) e disco de feltro (Diamond Flex - FGM Dental Group), seguido por uma limpeza final utilizando um disco limpo de feltro sem pasta de polimento.

Foi realizada a medição inicial de cor para cada corpo de prova, utilizando o espectrofotômetro X-Rite SP62, na escala CIE L*a*b. Visando também avaliar o impacto de alteração de cor em diferentes equipamentos, os corpos de prova foram pós-curados utilizando duas diferentes cabines de cura (Creality, modelo UW-02) de menor potência e somente um comprimento de onda (405 nm) e (Pionext, UV-02) que apresenta maior intensidade de luz e com 3 comprimentos de onda (365, 385 e 405 nm). Para cabine Creality foram adotados os seguintes tempos de cura: 05, 10, 20, 30, 60 e 120 minutos. Na cabine Pionext foram utilizados os seguintes tempos de cura: 05, 10, 20 e 30 minutos. Após a cura, foi repetida a medição de cor. O valor de delta E foi calculado a partir da seguinte formula:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

A comparação sempre é realizada para um mesmo corpo de prova e os valores obtidos equivalem a uma média calculada considerando os 3 corpos de prova fabricados com uma mesma resina e com mesma condição de pós-cura.

Os Gráficos 4.1 e 4.2 apresentam a variação de cor (ΔE) em função do tempo de pós-cura para as três resinas avaliadas, utilizando as cabines Creality UW-02 e Pionext UV-02. Observa-se que a resina Voxelprint Temp A1 apresentou a menor variação de cor ao longo do tempo, mantendo valores de ΔE abaixo de 2, indicando alta estabilidade cromática. Já as resinas concorrentes apresentaram maiores variações, especialmente sob tempos prolongados de exposição UV.

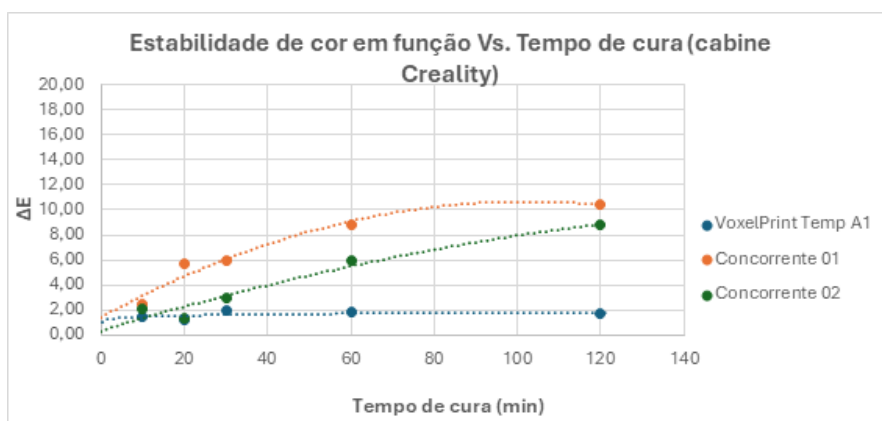


Gráfico 4.1: Estabilidade de cor em função do tempo de pós-cura (cabine Creality).

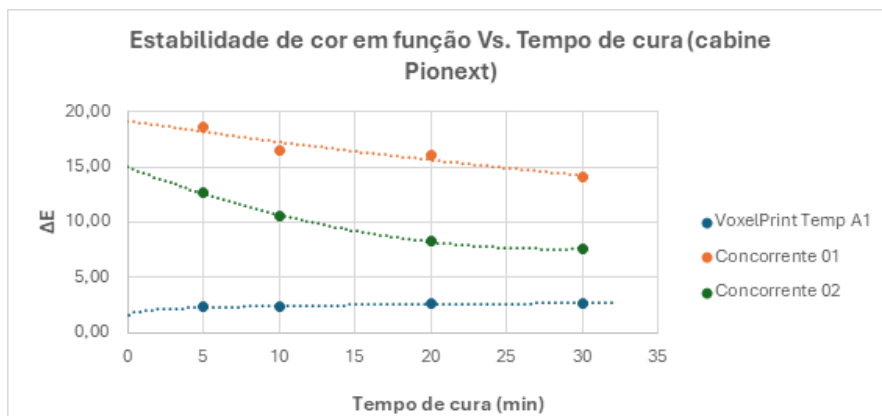


Gráfico 4.2: Estabilidade de cor em função do tempo de pós-cura (cabine Pionext).

Os resultados obtidos evidenciam diferenças marcantes na estabilidade de cor entre as resinas analisadas e em função do tipo de cabine de pós-cura utilizada. A resina Voxelprint Temp A1 apresentou variação mínima de cor em ambas as cabines, com valores de ΔE^* inferiores a 3,3, limite geralmente aceito como o limiar de perceptibilidade clínica[3,4]. Tal comportamento indica alta eficiência na fotopolimerização inicial e estabilidade cromática frente à exposição UV.

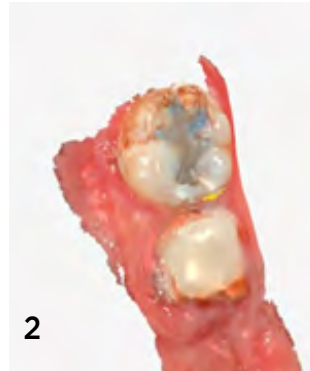
As resinas Concorrente 01 e Concorrente 02 apresentaram maiores variações de ΔE^* , para ambas as cabines testadas, onde o ΔE^* chegou a ultrapassar o valor de 10 com 3 minutos de exposição para a cabine Pionext. Esse comportamento pode estar associado a diferentes graus de conversão monomérica e composição dos fotoiniciadores, conforme discutido por [5,6]. A cabine Pionext UV-02, com maior intensidade e uniformidade de radiação, promoveu maior variação de cor total, evidenciando o efeito da maior intensidade e eficiência espectral da fonte de luz, o qual tem papel determinante na estabilidade final de cor de materiais foto curáveis[2].

A estabilidade de cor das resinas utilizadas para impressão 3D é fortemente influenciada tanto pela formulação do material quanto pelas condições de pós-cura. Entre as opções avaliadas, a Voxelprint Temp A1 apresentou a melhor estabilidade cromática, mantendo valores de ΔE abaixo do limite clínico de perceptibilidade ($\Delta E < 3,3$) em todas as condições testadas. Em contrapartida, as resinas Concorrente 01 e Concorrente 02 exibiram variações de cor bastante significativas, especialmente quando submetidas a maior intensidade de radiação. Além disso, a eficiência espectral e a uniformidade de irradiação das cabines mostraram exercer influência direta na estabilidade final da cor. Diante desses resultados, a Voxelprint Temp A1 demonstrou comportamento previsível e estável, revelando-se adequada para aplicações clínicas que exigem estética e confiabilidade.

4.5 CASO CLÍNICO

Autores: Dra. Fernanda Angeloni e Dr. Matheus Blois

Queixa principal: atendimento de urgência em elemento posterior.



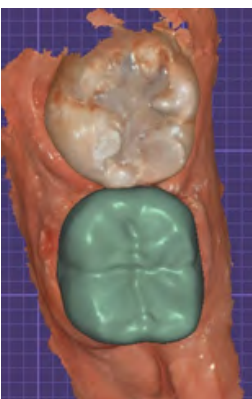
1 e 2 | Realização do escaneamento intraoral inicial do paciente, abrangendo a arcada completa e a hemiarcada.



3 | Dente 46 preparado para receber coroa total.



4 e 5 | Escaneamento intraoral do paciente, incluindo arcada completa e hemiarcada, com o elemento 46 previamente preparado para coroa total.



6 | Procedimento de modelagem e enceramento da coroa referente ao elemento 46.



7 | Instalação de coroa provisória confeccionada com tecnologia Voxelprint TEMP.

4.6 REFERÊNCIAS

- [1] ALHARBI, N.; WESSEL, S.; OZCAN, M. Comparison of 3D printing and milling techniques for the production of dental restorations. *Journal of Prosthodontic Research*, v. 60, n. 1, p. 28-34, 2016.
- [2] RATHINAVELU, S. S. et al. Post-curing parameters' influence on the mechanical and optical properties of 3D printed resins. *Dental Materials*, v. 38, n. 9, p. 1324-1333, 2022.
- [3] PARAVINA, R. D.; POWERS, J. M. *Esthetic color training in dentistry*. St. Louis: Elsevier Mosby, 2004.
- [4] JOHNSTON, W. M.; KAO, E. C. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of Dental Research*, v. 68, n. 5, p. 819-822, 1989.
- [5] LEE, I.-B. et al. Color and translucency stability of dental materials for CAD/CAM and 3D printing after aging. *Dental Materials*, v. 33, n. 12, p. 1456-1466, 2017.
- [6] SHORTALL, A. C. et al. Light curing in contemporary dentistry: a review. *Journal of Dentistry*, v. 55, p. 33-50, 2016.

Atendimento



Atendimento ao Profissional:

+55 47 3441 6100 | 0800 644 6100

www.fgmdentalgroup.com | contato@fgm.ind.br



A marca do sorriso

30 anos de história **FGM**
10 anos de história **FGM Implants**



+ 1.000 produtos

Com uma equipe de profissionais e pesquisadores, a FGM tem um portfólio completo.



+ 1 milhão de Implantes Instalados

Com atributos consagrados e de excelência, a FGM apresenta um portfólio completo de Implantes.



A FGM ultrapassa fronteiras e está presente em diversos países do mundo.



+60 mil profissionais

Compartilhando conhecimento e experiências em +2 mil cursos realizados por ano.

Acesse o QR Code ao lado e confira mais sobre a **Linha Voxelprint**.



Televendas Implantes
0800 644 6111



Verifique as certificações aplicáveis aos produtos



@fgmimplantes



fgmimplantes



FGMImplantes