

UNIP

UNIVERSIDADE PAULISTA

Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

GEORGE B. LAMACCHIA

***Propriedades mecânicas de uma resina de
impressão 3D em função da condição de
armazenamento após a calibração do tempo de
exposição e espessura de camada***

SÃO PAULO

2022

UNIP

UNIVERSIDADE PAULISTA

Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

GEORGE B. LAMACCHIA

***Propriedades mecânicas de uma resina de
impressão 3D em função da condição de
armazenamento após a calibração do tempo de
exposição e espessura de camada***

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Odontologia da
Universidade Paulista-UNIP, para a
obtenção do título de Mestre em
Odontologia

Orientadora: Prof^a Dr^a Flávia P. Rodrigues

SÃO PAULO

2022

Agradecimentos

A minha Mãe, amiga, confidente e exemplo!

Após duro golpe da vida, abriu mão de seus sonhos para me criar e que eu pudesse realizar os meus sonhos. Me apoiou em todas as quedas e fez seguir em frente!

Sem você eu não estaria aqui, posso afirmar!

Mãe, se mil vidas tivesse, em mil e uma te escolheria como mãe!

A meu Irmão Guilherme, meu exemplo de Homem, que amo como irmão, amigo e pai.

Ele sempre supriu a ausência do meu pai e esteve lá me protegendo e orientando a colocar os pés no chão.

A meu pai, onde quer que esteja. Mesmo com apenas 12 anos de convívio, plantou raízes de caráter, ética e bondade no meu coração.

Agradecimentos

A minha família, meu alicerce e porto seguro. Obrigado por me apoiarem e acreditarem em meus sonhos.

A **Prof. Flávia Pires Rodrigues**, que é meu melhor exemplo de Professor que me faz querer trilhar caminho semelhante. Me guiou, orientou, ensinou e cedeu seu laboratório particular para continuidade dos trabalhos.

A **Prof. Cintia Helena Coury Saraceni**, outro exemplo a seguir, que além de colaborar no desenvolvimento da minha evolução como Odontólogo e Mestre, regeu com maestria o Programa de Pós-graduação de Odontologia da Unip até atingir a nota 5 Capes.

A **Prof. Maristela Dutra Corrêa**, que desde o primeiro dia do mestrado colaborou com ensinamentos e conselhos pessoais durante o desenvolvimento do trabalho. Outro exemplo de Profissionalismo e ética a seguir.

Ao Colega Dentista **Lucas Dorna**, que se tornou meu amigo no processo dos estudos e colaborando ativamente para o sucesso do trabalho.

A **Michele**, que coordenando o laboratório da Unip com muita competência e conhecimento técnico, nos auxiliou a manusear equipamentos ópticos e laboratoriais.

Ao Grupo **BIGDERS** por me fazer acreditar que sou capaz de adentrar áreas desconhecidas, bem como colaborar ativamente nas respectivas partes propostas do trabalho.

Ao **Antônio Carlos**, marido da professora Flávia, que entendeu o tempo tomado de sua amada, bem como realizou os procedimentos técnicos e desenhos em AUTOCAD para que pudéssemos imprimir e dar sequência ao trabalho. Além de ser um excelente churrasqueiro.

A **Eduarda**, secretária do Programa de Pós Graduação em Odontologia, que com extrema competência e paciência, me auxiliou na parte burocrática e colaborou para o bom andamento do mestrado.

SUMÁRIO

• RESUMO	6
• INTRODUÇÃO GERAL	7
• CONCLUSÕES GERAIS	11
• REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

RESUMO

Com o avanço das tecnologias digitais e seu uso compartilhado por diversas áreas do conhecimento, a Odontologia, principalmente na área de Prótese e Ortodontia, passa por adaptação e atualização de seus procedimentos. O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades mecânicas e a fractografia de uma resina de impressão 3D para coroas temporárias (PriZma®, MakertechLabs, Brasil) em função da condição de armazenamento (temperatura ambiente, freezer - 4°C e estufa - 37°C) após a calibração do tempo de exposição de camada para três espessuras: 25 µm, 50 µm e 100 µm, em três tempos: 6, 8 e 10 s. O comportamento mecânico da resina foi avaliado por resistência à flexão e módulo de elasticidade (n = 10) para cada espessura de camada e seu tempo de exposição com melhor resultado mediante o processo de calibração em uma máquina universal de ensaios a 1 mm/min. As superfícies de fratura foram avaliadas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados revelaram que não houve diferença estatística entre os grupos com amostras armazenadas em temperatura ambiente e o grupo freezer, mas houve diferença estatística significativa entre esses dois grupos e o grupo estufa. Nenhuma diferença estatística foi encontrada para o módulo de elasticidade. O tempo de espessura de camada de 10 s associado à espessura de 25 µm provou-se ser suficiente para alcançar as propriedades mecânicas desses materiais quando indicados para coroas provisórias, com menor prejuízo de reprodução de detalhes quando comparado às espessuras de camada e tempos de exposição avaliados, considerando a lavagem de 10 min e a pós-polimerização por 20 min e posterior armazenamento em estufa a 37 °C.

Palavras-chaves: restauração dentária temporária, prótese dentária, impressão tridimensional, resistência a flexão.

INTRODUÇÃO

As coroas dentárias que têm sido confeccionadas em consultórios odontológicos com impressoras 3D têm alcançado popularidade após procedimentos de instalação de implantes dentários. Com o rápido desenvolvimento dessa tecnologia e seu uso compartilhado por outras diversas áreas da Odontologia, como a Prótese (1-15) e a Ortodontia (16, 17) não há necessidade de o paciente aguardar uma nova consulta e o dentista elimina o trabalho realizado pelo técnico de prótese neste tipo de procedimento provisório.

No caso dos implantes, as coroas impressas visam proteger os tecidos dentais durante o período de cicatrização de um implante (4, 7) e a alternativa de realizar um provisório com resinas autopolimerizáveis poderia afetar a qualidade de cicatrização tecidual o que compromete o sucesso do tratamento. Uma alternativa seria o uso da tecnologia CAD-CAM, porém estudos recentes associaram problemas de vibração de fresagem na fabricação das restaurações em CAD-CAM, no seu desperdício de material e na sua dependência de brocas à falta de precisão das restaurações (8, 9).

Várias tecnologias em impressão 3D foram desenvolvidas e as principais diferenças entre elas são a matéria-prima (resinas, cerâmicas, metais e materiais híbridos) e a tecnologia utilizada para realizar as impressões. As principais tecnologias atualmente presentes para a impressão 3D são classificadas em: SLS (Selective Laser Sintering), FDM (Fused Deposition Models), DLP (Digital Light Processing), SLA (stereolithography) e LOM (Laminated Object Manufacturing). As mais utilizadas para confecção de peças dentárias e restaurações indiretas são os sistemas DLP e SLA com alta precisão de detalhes

(14). A tecnologia SLA é atualmente a que oferece maior eficiência e nível de precisão, mas quando comparada ao DLP, ainda perde na questão da produtividade (número de peças que consegue imprimir no mesmo período).

Ao utilizar a tecnologia SLA, um objeto pode ser produzido em maior resolução, o que ainda a torna uma tecnologia superior quando se busca precisão de detalhes, característica fundamental em próteses odontológicas, principalmente para peças protéticas que têm contato tão próximo com os tecidos gengivais. A polimerização não é feita por área da peça, mas sim por camadas, o que torna o processo mais demorado (12, 14, 17), o que pode tornar o armazenamento das peças pós-impressão um fator relevante para o sucesso dos trabalhos realizados. No entanto, ainda há poucos dados sobre a qualidade de impressão de coroas provisórias quando impressas em SLA e o armazenamento adequado dessas peças e alguns autores ainda defendem que a precisão em CAD-CAM é ainda mais satisfatória, o que chama a atenção de pesquisadores para a realização de estudos voltados à melhoria dos parâmetros de impressão. (2, 3, 7, 12, 15)

O tempo de exposição da camada é o parâmetro crucial que, quando calibrado, transforma os componentes impressos em resina 3D em resultados que capturam todos os detalhes do modelo desenhado em programa computacional CAD. A subpolimerização pode ser identificada por vários fatores, como delaminação da camada no meio da peça, perda grave ou miniaturização de detalhes, má adesão geral do modelo à placa de construção ou, pior ainda, a queda de todo o modelo da plataforma de construção. Essa parte seria repetidamente comprimida no fundo do tanque de resina. Este é um grande problema, pois pode causar danos à impressora 3D de resina.(15)

Apesar dessa progressiva popularidade do uso da impressão 3D na confecção de restaurações de carga imediata, ainda não existe um protocolo específico ou padronização das etapas de impressão e procedimentos pós-cura para a aquisição de peças que superem a etapa já utilizada pelos profissionais na confecção de coroas em mesma sessão e que apresentem propriedades mecânicas satisfatórias. Com esta pesquisa, espera-se identificar quais parâmetros de impressão por SLA para uma resina comercial para impressão 3D (PriZma, Makerteck, Brasil) em relação à espessura da camada e tempo de exposição devemos implementar na rotina de impressão de coroas provisórias para alcançar as propriedades mecânicas dessas restaurações sem prejudicar a sua qualidade de reprodução de detalhes na impressão. Além disso, pretende-se sugerir uma padronização e protocolo de impressão para essas restaurações, visto que ainda não há muitas informações sobre os parâmetros ideais para utilização da tecnologia 3D.

Este trabalho está dividido em duas partes, compilado em um artigo científico apresentado em seguida, em que foram realizados:

1- A calibração da impressora e dos parâmetros de impressão para alcançar uma reprodução de detalhes de impressão satisfatórios de acordo com critérios qualitativos de preenchimento, aspereza, nitidez, regularidade (homogeneidade de impressão) em três diferentes tempos de exposição de camadas (6, 8 e 10 s) e três diferentes espessuras de camada: 25 μm , 50 μm e 100 μm por Microscopia Eletrônica de Varredura.

2- O estudo das propriedades mecânicas (módulo de elasticidade e resistência mecânica) por ensaio de flexão de 3 pontos de uma resina de

impressão 3D, com a espessura de melhor desempenho avaliada na parte anterior do estudo em função da condição de armazenamento.

CONCLUSÕES GERAIS

A partir dos resultados deste estudo, é possível concluir que:

- A calibração dos parâmetros iniciais de polimerização e espessura da camada de impressão com resinas 3D para coroas provisórias é fortemente recomendada para a qualidade do trabalho dentário.
- Recomenda-se que seja feito o protocolo aqui sugerido (10 s de polimerização inicial e 25 μ m de espessura de camada para cada modelo de impressora e cada resina a ser utilizada para garantir a precisão dos trabalhos e a satisfação do paciente no tratamento. Diferentes impressoras terão diferentes variáveis de impressão ótimas para diferentes materiais.
- Considerando as condições específicas simuladas neste estudo, foi demonstrado que o ambiente desempenha um papel na resistência à flexão e propagação da fratura, mas não necessariamente para o módulo de elasticidade da resina comercial de impressão 3D investigada. Após esta investigação, é possível recomendar o armazenamento das coroas provisórias dentárias impressas em 3D no forno a 37°C por 7 dias.

REFERENCES

1. Aati S, Akram Z, Ngo H, Fawzy AS. Development of 3D printed resin reinforced with modified ZrO₂ nanoparticles for long-term provisional dental restorations. *Dent Mater.* 2021;37(6):e360-e74.
2. Aati S, Akram Z, Shrestha B, Patel J, Shih B, Shearston K, et al. Effect of post-curing light exposure time on the physico-mechanical properties and cytotoxicity of 3D-printed denture base material. *Dent Mater.* 2022;38(1):57-67.
3. Bayarsaikhan E, Gu H, Hwangbo NK, Lim JH, Shim JS, Lee KW, et al. Influence of different postcuring parameters on mechanical properties and biocompatibility of 3D printed crown and bridge resin for temporary restorations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;128:105127.
4. Chaturvedi S, Alqahtani NM, Addas MK, Alfarsi MA. Marginal and internal fit of provisional crowns fabricated using 3D printing technology. *Technol Health Care.* 2020;28(6):635-42.
5. Chou WT, Chuang CC, Wang YB, Chiu HC. Comparison of the internal fit of metal crowns fabricated by traditional casting, computer numerical control milling, and three-dimensional printing. *PLoS One.* 2021;16(9):e0257158.
6. Greil V, Mayinger F, Reymus M, Stawarczyk B. Water sorption, water solubility, degree of conversion, elastic indentation modulus, edge chipping resistance and flexural strength of 3D-printed denture base resins. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;137:105565.
7. Kakinuma H, Izumita K, Yoda N, Egusa H, Sasaki K. Comparison of the accuracy of resin-composite crowns fabricated by three-dimensional printing and milling methods. *Dent Mater J.* 2022.
8. Kim EK, Park EY, Kang S. Three-dimensional printing of temporary crowns with polylactic acid polymer using the fused deposition modeling technique: a case series. *J Yeungnam Med Sci.* 2022.

9. Kim N, Kim H, Kim IH, Lee J, Lee KE, Lee HS, et al. Novel 3D Printed Resin Crowns for Primary Molars: In Vitro Study of Fracture Resistance, Biaxial Flexural Strength, and Dynamic Mechanical Analysis. *Children (Basel)*. 2022;9(10).
10. Lee H, Son K, Lee DH, Kim SY, Lee KB. Comparison of Wear of Interim Crowns in Accordance with the Build Angle of Digital Light Processing 3D Printing: A Preliminary In Vivo Study. *Bioengineering (Basel)*. 2022;9(9).
11. Mayer J, Stawarczyk B, Vogt K, Hickel R, Edelhoff D, Reymus M. Influence of cleaning methods after 3D printing on two-body wear and fracture load of resin-based temporary crown and bridge material. *Clin Oral Investig*. 2021;25(10):5987-96.
12. Ottoni R, Marocho SMS, Griggs JA, Borba M. CAD/CAM versus 3D-printing/pressed lithium disilicate monolithic crowns: Adaptation and fatigue behavior. *J Dent*. 2022;123:104181.
13. Simoneti DM, Pereira-Cenci T, Dos Santos MBF. Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods. *J Prosthet Dent*. 2022;127(1):168-72.
14. Son K, Lee JH, Lee KB. Comparison of Intaglio Surface Trueness of Interim Dental Crowns Fabricated with SLA 3D Printing, DLP 3D Printing, and Milling Technologies. *Healthcare (Basel)*. 2021;9(8).
15. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*. 2018;34(2):192-200.
16. Xu Y, Xepapadeas AB, Koos B, Geis-Gerstorfer J, Li P, Spintzyk S. Effect of post-rinsing time on the mechanical strength and cytotoxicity of a 3D printed orthodontic splint material. *Dent Mater*. 2021;37(5):e314-e27.

17. Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater.* 2023;22:384-403.
18. Lille M, Nurmela E, Nordlund S, Metsä-Kortelainen a, Sozer N. Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering.* 2018;220:20-7.
19. Yang F, M. Zhang a, Liu. Y. Effect of post-treatment microwave vacuum drying on the quality of 3D-printed mango juice gel. *Drying Technology.* 2018:1-9.
20. Rouf S, Malik A, Raina A, Irfan UI Haq M, Naveed N, Zolfagharian A, et al. Functionally graded additive manufacturing for orthopedic applications. *J Orthop.* 2022;33:70-80.