

# RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 27/02/2028.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

**NATHÁLIA MARIA FERREIRA GONÇALVES**

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA CAMADA DE  
CARACTERIZAÇÃO EXTRÍNSECA APLICADA EM MATERIAIS  
IMPRESSOS E FRESADOS**

**NATHÁLIA MARIA FERREIRA GONÇALVES**

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA CAMADA DE CARACTERIZAÇÃO  
EXTRÍNSECA APLICADA EM MATERIAIS IMPRESSOS E FRESADOS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Prótese Dentária. Linha de pesquisa: Desempenho de Materiais Protéticos.

Orientador: Prof. Titular Marco Antonio Bottino

São José dos Campos

2026

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2026]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Gonçalves, Nathália Maria Ferreira

Avaliação da estabilidade da camada de caracterização extrínseca aplicada em materiais impressos e fresados / Nathália Maria Ferreira Gonçalves. - São José dos Campos : [s.n.], 2026.

74 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2026.

Orientador: Marco Antonio Bottino.

1. Estética dentária. 2. Restauração dentária permanente. 3. Impressão tridimensional. I. Bottino, Marco Antonio, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Título.

## **IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA**

Essa pesquisa apresenta impacto social, econômico e ambiental ao avaliar a durabilidade e as propriedades ópticas de materiais restauradores, podendo contribuir para o desenvolvimento de estratégias que minimizem os custos decorrentes de falhas restauradoras e evitem o descarte precoce de restaurações.

## **POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH**

This research has social, economic, and environmental impacts by evaluating the durability and optical properties of restorative materials, which may contribute to the development of strategies that minimize costs resulting from restoration failures and prevent the early disposal of restorations.

## **BANCA EXAMINADORA**

**Professor Titular Marco Antonio Bottino** (Orientador)  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
Campus São José dos Campos

**Professora Associada Camila da Silva Rodrigues**  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
Campus São José dos Campos

**Professora Efetiva Fernanda Campos**  
Universidade Estadual da Paraíba  
Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde - CCTS  
Campus VIII – Araruna - PB

São José dos Campos, 27 de fevereiro de 2026.

## **DEDICATÓRIA**

Esse trabalho é dedicado aos meus pais, Silvana e Pedro, que sempre me incentivaram e não mediram esforços para que todos os meus sonhos se tornassem realidade!

Muito obrigada!

## AGRADECIMENTOS

**Deus e Nossa Senhora Aparecida** têm proporcionado muitas bênçãos em minha vida, assim, este é o meu primeiro agradecimento!

Os meus **pais, Silvana e Pedro**, sempre se empenharam para que todos os meus sonhos se tornassem realidade. Agradeço por todos os esforços e por me escutar nos momentos em que precisei.

A **Lindinha** e a **Maju**, as minhas cachorrinhas, contribuem diariamente para o meu ânimo e disposição. Agradeço novamente aos meus pais por cuidarem tão bem de nós e às meninas por todos os momentos de diversão!

Ao **Luiz Gustavo**, meu namorado, por me inspirar na trajetória acadêmica! Obrigada por ser presente em minha vida!

O professor **Marco Antonio Bottino** tem desempenhado um papel brilhante na minha orientação na pós-graduação! Muitos sonhos têm se tornado realidade, por isso te agradeço e parablenizo por todo empenho desempenhado na pós-graduação!  
Muito obrigada!

As professoras **Camila da Silva Rodrigues** e **Fernanda Campos** por aceitarem compor a banca avaliadora deste projeto!

Muitos **professores** têm marcado a minha trajetória na pós-graduação de maneira singular! Por isso agradeço a todos os professores do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, em especial: **Renata Melo, Camila Rodrigues, Nathália Ramos, Tarcísio Paes, Alexandre Borges, Rubens Tango** e **Rodrigo Máximo**.  
Obrigada por me inspirarem e me instruírem desde a graduação!

Na pós-graduação é necessário que você tenha **amigos** que pode contar nos momentos de alegria e dificuldades, por isso agradeço a todos que contribuíram

nessa trajetória, desde meus amigos da vida, da graduação e da pós-graduação!  
Vocês ocupam um lugar especial no meu coração!

Agradeço aos alunos de iniciação científica, **Lívia Chamilet** e **Tiago Zanotelo**, por toda parceria e aprendizados no mundo da pesquisa!

Para a realização dessa pesquisa, inúmeros profissionais me ensinaram habilidades e técnicas, por isso agradeço a **Joyce Roma**, **Thaís**, **Fernandinho**, **Jéssica e Almeida**, além dos professores **Carlos Torres**, **Nathália Ramos**, **Renata Melo** e **Rubens Tango**.

O Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese apresenta uma equipe fenomenal! Obrigada, **Fernandinho**, **Ju**, **Lilian**, **Marcão** e **Thaís**, por todo o apoio, conversas e risadas que deixam a correria do dia a dia mais leve!

Agradeço ao **Carlos Guedes** e à **Seção de Pós-Graduação** por todo suporte!  
Obrigada ao ICT-UNESP, na pessoa do **Diretor César**, e ao Programa de Pós-Graduação, na pessoa do **Professor Alexandre**!

Agradeço à **CAPES** e à **FAPESP** (Processo 2024/03272-6) pelo financiamento dessa pesquisa!

*"Se a vida te der limões, faça uma limonada."*

Autor Desconhecido

## RESUMO

Gonçalves NMF. Avaliação da estabilidade da camada de caracterização extrínseca aplicada em materiais impressos e fresados [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2026.

Com o avanço da odontologia digital, novos materiais têm sido estudados para a confecção de restaurações de longa duração na manufatura aditiva e subtrativa. No entanto, ainda são escassos estudos na literatura que avaliem os efeitos do manchamento e escovação sobre a camada de caracterização extrínseca, *stain* e *glaze*, aplicada nesses materiais. Assim, o objetivo desse estudo foi analisar a estabilidade da camada de caracterização extrínseca, aplicada em materiais impresso e fresados, submetidos ao mananhamento e à escovação simulada. Discos (10 x 2 mm) de VarseoSmile Crown<sup>plus</sup>, Vita Enamic e Grandio Blocs foram obtidos. A primeira etapa buscou avaliar os efeitos do manchamento e repolimento nas propriedades ópticas e características superficiais dos materiais quando associados ou não à camada de caracterização extrínseca. Os espécimes foram imersos em saliva artificial, enxaguante bucal de uso diário, vinho tinto e café por 60 e 120 horas. Em seguida, os espécimes foram repolidos com o sistema Sof-Lex de Discos Espirais, seguido da aplicação da pasta de polimento. Após cada período experimental, os espécimes foram avaliados quanto à rugosidade, diferença de cor, translucidez e brilho. Os dados obtidos foram analisados por ANOVA de Medidas Repetidas e Teste de Tukey. Maiores diferenças de cor foram observadas nos materiais imersos em vinho e café, mesmo após repolimento. Assim, a segunda etapa do estudo buscou avaliar os efeitos de diferentes tratamentos de superfície (Ácido Fluorídrico 5% + Silano – A+S ou Monobond Etch & Prime - MEP) aplicados previamente à camada de caracterização extrínseca. Todos os espécimes foram avaliados quanto à rugosidade, brilho, diferença de cor e translucidez em três momentos: inicial, após a aplicação da camada de caracterização extrínseca e após os ciclos de escovação simulada (1, 2, 5 e 10 anos, sendo que 3.650 ciclos equivalem a um ano). Espécimes representativos foram avaliados em microscopia eletrônica de varredura e perfilometria de não contato. Os dados foram analisados por ANOVA de Medidas Repetidas e Teste de Tukey. O tratamento de superfície e a escovação simulada impactaram nas propriedades avaliadas, com resultados variando entre os materiais. Observou-se que o MEP apresentou melhor desempenho no material impresso, enquanto A+S foi mais eficaz nos materiais fresados. Portanto, a camada de caracterização aplicada em materiais impresso e fresados aumenta a sua suscetibilidade ao manchamento, especialmente em contato com o vinho tinto. Assim, os tratamentos de superfície tornam-se alternativas para aumentar a longevidade dessa camada.

Palavras-chave: estética dentária; restauração dentária permanente; impressão tridimensional.

## ABSTRACT

Gonçalves NMF. *Evaluation of the stability of the extrinsic characterization layer applied to printed and milled materials [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (UNESP), Institute of Science and Technology; 2026.*

*With the advancement of digital dentistry, new materials have been investigated for the fabrication of long-term restorations using additive and subtractive manufacturing. However, studies evaluating the effects of staining and simulated toothbrushing on the extrinsic characterization layer (stain and glaze) applied to these materials remain scarce in the literature. Thus, the aim of this study was to analyze the stability of the extrinsic characterization layer applied to printed and milled materials subjected to staining and simulated toothbrushing. Discs (10 × 2 mm) of VarseoSmile Crown<sup>plus</sup>, Vita Enamic, and Grandio Blocs were obtained. The first phase aimed to evaluate the effects of staining and repolishing on the optical properties and surface characteristics of the materials, with or without the application of the extrinsic characterization layer. The specimens were immersed in artificial saliva, daily-use mouthwash, red wine, and coffee for 60 and 120 hours. Subsequently, the specimens were repolished using the Sof-Lex Spiral system, followed by the application of polishing paste. After each experimental period, the specimens were evaluated for roughness, color difference, translucency, and gloss. The data were analyzed using Repeated Measures ANOVA and Tukey's test. Greater color differences were observed in the materials immersed in wine and coffee, even after repolishing. Thus, the second phase of the study sought to evaluate the effects of different surface treatments (5% hydrofluoric acid + silane – A+S, or Monobond Etch & Prime – MEP) applied before the extrinsic characterization layer. All specimens were evaluated for roughness, gloss, color difference, and translucency at three timepoints: baseline, after application of the extrinsic characterization layer, and after simulated toothbrushing cycles (1, 2, 5, and 10 years, with 3,650 cycles equivalent to one year). Representative specimens were analyzed by scanning electron microscopy and non-contact profilometry. Data were analyzed using Repeated Measures ANOVA and Tukey's test. Surface treatment and simulated toothbrushing affected the evaluated properties, with results varying among materials. MEP showed better performance in the printed material, whereas A+S was more effective in the milled materials. Therefore, the characterization layer applied to printed and milled materials increases their susceptibility to staining, especially when in contact with red wine. Thus, surface treatments become alternatives to enhance the longevity of this layer.*

*Keywords: dental esthetic; long-term restoration; additive manufacturing.*

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ácido fluorídrico 5%
AT	Limite de aceitabilidade
CL	Camada de Caracterização
GB	Grandio Blocs
I	Inicial
MEP	Monobond Etch & Prime
PT	Limite de perceptibilidade
R	Repolimento
S	Silano
VE	Vita Enamic
VSC	VarseoSmile Crown <sup>plus</sup>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Materiais indicados para a Manufatura Aditiva.....	16
2.2 Materiais indicados para a Manufatura Subtrativa .....	17
2.3 Tratamentos de superfície e Camada de Caracterização em Materiais CAD-CAM .....	18
2.4 Simulação Laboratorial das Condições Bucais .....	20
<b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 Etapa A – Efeitos do manchamento e repolimento em três materiais associados à camada de caracterização extrínseca. ....	25
4.1.1 Desenho do Estudo .....	26
4.1.2 Cálculo amostral.....	27
4.1.3. Obtenção dos espécimes .....	27
4.1.3.1. Material impresso .....	27
4.1.3.2. Materiais fresados .....	28
4.1.3.3. Padronização do polimento e limpeza dos espécimes .....	28
4.1.3.4. Definição da cor inicial e correspondência entre elas .....	28
4.1.4. Distribuição dos espécimes .....	29
4.1.5. Aplicação da camada de caracterização extrínseca.....	29
4.1.6. Testes Experimentais.....	30
4.1.6.1. Rugosidade Superficial.....	30
4.1.6.2. Brilho .....	31
4.1.6.3. Análise da diferença de cor e translucidez .....	32
4.1.7. Manchamento .....	34
4.1.8. Repolimento.....	35
4.2 Etapa B – Efeitos da escovação simulada na camada de caracterização extrínseca de três materiais associados a tratamentos de superfície .....	35
4.2.1. Desenho do Estudo .....	36
4.2.2. Cálculo Amostral .....	37

<b>4.2.3. Tratamento de Superfície.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.4. Aplicação da Camada de Caracterização Extrínseca .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.5. Testes Experimentais.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.5.1. Microscopia Eletrônica de Varredura .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.5.2. Perfilometria.....</b>	<b>41</b>
<b>4.3. Delineamento Estatístico .....</b>	<b>41</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 Etapa A – Efeitos do manchamento e repolimento em três materiais associados à camada de caracterização extrínseca. ....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.1 Rugosidade .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.2 Brilho .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.3 Análise da diferença de cor e translucidez .....</b>	<b>46</b>
<b>5.2 Etapa B – Efeitos da escovação simulada na camada de caracterização extrínseca de três materiais associados a tratamentos de superfície .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.1 Ângulo de Contato e Energia de Superfície .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.2 Rugosidade .....</b>	<b>49</b>
<b>5.2.3 Brilho .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2.4 Diferença de Cor (<math>\Delta E_{00}</math>).....</b>	<b>52</b>
<b>5.2.5 Translucidez.....</b>	<b>53</b>
<b>5.2.6 Diferença de Translucidez (<math>\Delta TP_{00}</math>).....</b>	<b>54</b>
<b>5.2.7 Microscopia Eletrônica de Varredura .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2.8 Perfilometria.....</b>	<b>56</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>6.1 Etapa A – Efeitos do manchamento e repolimento em três materiais associados à camada de caracterização extrínseca. ....</b>	<b>58</b>
<b>6.2 Etapa B – Efeitos da escovação simulada na camada de caracterização extrínseca de três materiais associados a tratamentos de superfície .....</b>	<b>60</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas são as causas que podem levar à perda parcial ou total da estrutura dental, como a cárie e o traumatismo (Cheng et al., 2022; Zhang et al., 2023). Independentemente da causa, é necessário o reestabelecimento da anatomia e da estética através de restaurações de longa duração, podendo essas serem diretas ou indiretas. Para a confecção das restaurações indiretas, pode ser utilizada a odontologia digital, por meio da manufatura subtrativa e aditiva (Prause et al., 2023).

Na manufatura subtrativa, as restaurações indiretas são obtidas individualmente por meio de materiais sólidos, com o auxílio de fresadoras (Pranit et al.,). Nos últimos anos, novos materiais fresados tem sido desenvolvidos, como os materiais híbridos, que combinam resistência mecânica e estética (Mao et al., 2024). Dentre estes materiais, há a Vita Enamic, uma cerâmica híbrida constituída por uma malha cerâmica infiltrada com polímero, e a Grandio Blocs, uma nanocerâmica híbrida (Czechowski et al., 2023; Ducke and Ilie 2021).

Assim como na manufatura subtrativa, a manufatura aditiva possibilita a obtenção de múltiplas restaurações dentárias simultaneamente. Na impressão 3D esse processo é composto por inúmeras etapas, como o planejamento, fatiamento, impressão e pós-cura (Pot et al., 2024). Como vantagens há a redução do desperdício de material, minimização do número de etapas, produção de detalhes complexos e redução dos custos (Ribeiro et al., 2023; Sulaiman 2019). Assim, essa tecnologia se apresenta como promissora na odontologia digital (Grzebieluch et al., 2021; Pranit et al., 2023). No entanto, dentre os materiais existentes, poucos são os indicados para utilização em restaurações finais (Pot et al., 2024), como é o caso da Varseo Smile Crown<sup>plus</sup> (VSC - BEGO).

Para uma caracterização das restaurações obtidas por manufatura subtrativa e aditiva podem ser aplicados o *stain* e o *glaze*, que juntos compõem a camada de caracterização extrínseca (Yao et al., 2021). Ao longo do tempo essa camada pode ser desgastada e estratégias têm sido estudadas para aumentar a sua longevidade, como a realização de tratamentos de superfície prévios à sua aplicação. Dentre essas abordagens há o condicionamento com ácido fluorídrico (Grangeiro et al., 2021), a aplicação de um *primer* autocondicionante (Tribst et al., 2021) e o jateamento com

óxido de alumínio (Grangeiro et al., 2021; Tribst et al., 2021), que podem ser aplicados em materiais cerâmicos ou poliméricos obtidos pela tecnologia CAD-CAM. No entanto, a literatura carece de estudos que avaliem a aplicação dessa camada em materiais impressos.

O uso de ácido fluorídrico associado ao silano é um protocolo amplamente utilizado em processos adesivos para cerâmicas. O ácido fluorídrico é responsável pelo aumento dos grupos hidroxila e criação de irregularidades que contribuem para um embricamento mecânico. Já o silano é responsável pela adesão entre os materiais utilizados (Guimarães et al., 2018; Mao et al., 2024; Temp et al., 2024). Embora seja o protocolo mais utilizado, estudos indicam que o ácido fluorídrico pode ser tóxico ao ser humano (Özcan, Allahbeickaraghi e Dündar 2012). Assim, novas alternativas têm sido desenvolvidas, como é o caso do *primer* autocondicionante Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) que busca simplificar os passos clínicos. Devido a sua composição química, em que há o monômero 10-metacrilóiloxidecil di-hidrogenofosfato (MDP), há o condicionamento e silanização da superfície em passo único (El-Damanhoury and Gaintantzopoulou 2018; Grangeiro et al., 2021). Além disso, este material apresenta um desempenho clínico satisfatório (Assunção Souza et al., 2020; Dapieve et al., 2020), o que evidencia o seu potencial a longo prazo.

Na literatura, tratamentos de superfície foram aplicados em materiais impressos e fresados para verificar a resistência de união ao cimento resinoso. Essa intervenção influenciou diretamente na resistência de união ao cisalhamento (Mao et al., 2024), e o protocolo mais indicado pode variar, especialmente devido às diferentes composições dos materiais restauradores (Strasser et al., 2018). A mesma linha de raciocínio se aplica quando se aborda sobre a camada de caracterização. Em cerâmicas vítreas e cristalinas, essa camada apresenta uma durabilidade moderada, sendo desgastada majoritariamente devido à abrasão proveniente da escovação dentária (Sulaiman et al., 2020), no entanto, o desgaste ocorre rapidamente em polímeros (Grangeiro et al., 2021). Assim, a determinação de diretrizes para caracterização desses novos materiais restauradores se torna necessária.

As restaurações obtidas pela tecnologia CAD-CAM associadas à camada de caracterização extrínseca devem apresentar propriedades mecânicas e estéticas satisfatórias quando submetidas ao meio bucal, visto que a escovação dentária e

produtos de consumo diário podem influenciar as suas propriedades ópticas e características superficiais (Stamenković et al., 2021; Tango et al., 2021), além de contribuir para envelhecimento do material restaurador (Aydın et al., 2020; Elraggal, Affi, and Abdelraheem 2022; Giti and Jebal 2023; E. H. Lee et al., 2022; Nascimento Oliveira et al., 2022; Palacios, Tarancón, and Pastor 2022). Assim, estratégias, como o repolimento e tratamentos de superfície, surgem como uma alternativa para devolução e manutenção das propriedades ideais (da Silva Rodrigues et al., 2019).

Dentre essas propriedades ideais se espera que o material apresente valores de rugosidade média inferiores a  $0,2 \mu\text{m}$ , visto que valores superiores estão relacionados com o maior acúmulo de biofilme (Hao et al., 2018; Nam et al., 2021). Outro fator fundamental é a manutenção das propriedades ópticas, como o brilho, cor e translucidez (Stamenković et al., 2021; Tango et al., 2021), visto que influenciam diretamente na estética do sorriso.

Portanto, o objetivo desse estudo foi analisar os efeitos do manchamento em materiais fresados e impresso, associados ou não a camada de caracterização extrínseca. Em uma segunda etapa buscou verificar os efeitos de diferentes tratamentos de superfície nas propriedades ópticas e características superficiais dos mesmos materiais, frente a escovação simulada.

## 7 CONCLUSÃO

A camada de caracterização aplicada em materiais impressos e fresados aumenta a sua suscetibilidade ao manchamento, especialmente em contato com o vinho tinto. Assim, os tratamentos de superfície tornam-se alternativas para aumentar a longevidade dessa camada. Para o material impresso e o compósito nano-híbrido, recomenda-se o uso de *primer* autocondicionante com MDP, enquanto para a cerâmica híbrida é indicado o condicionamento com ácido fluorídrico seguido da aplicação do silano.

## REFERÊNCIAS

Abdelfattah MY, Al Humayyani N, Alwthinani FK, Alzahrani AH, Alotaibi AO, Yousef M, et al. In vitro evaluation of the mechanical and optical properties of 3D-printed vs CAD/CAM milled denture teeth materials. *Saudi Dent J.* 2024;36(9):1227–32. doi:10.1016/j.sdentj.2024.07.004.

Aktug Karademir S, Atasoy S, Akarsu S, Karaaslan E. Effects of post-curing conditions on degree of conversion, microhardness, and stainability of 3D-printed permanent resins. *BMC Oral Health.* 2025;25(1). doi:10.1186/s12903-025-05664-5.

Al-Dulaijan YA, Alsulaimi L, Alotaibi R, Alboainain A, Akhtar S, Khan SQ, et al. Effect of printing orientation and postcuring time on the flexural strength of 3D-printed resins. *J Prosthodont.* 2023;32(S1):45–52. doi:10.1111/jopr.13572.

Alouthah H, Lippert F, Yang CC, Levon JA, Lin WS. Comparison of surface characteristics of denture base resin materials with two surface treatment protocols and simulated brushing. *J Prosthodont.* 2023 Apr;58–67. doi:10.1111/jopr.13794.

Alp CK, Gundogdu C, Dagdelen Ahisha C. The effect of gastric acid on the surface properties of different universal composites: a SEM study. *Genet Res (Camb).* 2022;2022. doi:10.1155/2022/9217802.

Alves LMM, Claudio Contreras LP, Bueno MG, Campos TMB, Bresciani E, Valera MC, et al. The wear performance of glazed and polished full-contour zirconia. *Braz Dent J.* 2019;30(5):511–18. doi:10.1590/0103-6440201902801.

Arcila LVC, Ramos NC, Bottino MA, Tribst JPM. Indications, materials and properties of 3D printing in dentistry: a literature overview. *Res Soc Dev.* 2020;9(11):e80791110632. doi:10.33448/rsd-v9i11.10632.

Assunção Souza RO, Ramos da Silva N, Mendonça de Miranda L, Araújo GM, Moura DMD, Barbosa HAM. Two-year follow-up of ceramic veneers and a full crown treated with self-etching ceramic primer: a case report. *Oper Dent.* 2020;45(4):352–58. doi:10.2341/19-090-R.

Aydın N, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Kılıçarslan MA. Investigating the color changes on resin-based CAD/CAM blocks. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(2):251–56. doi:10.1111/jerd.12561.

Bessa MS, Marinho LCN, de Miranda IH, Campos BO, Carvalho ROG, et al., Repair bond strength of composite resin to CAD/CAM glass-ceramic: influence of cleaning methods, surface treatments, and aging. *J Dent.* 2025;105568. doi:10.1016/j.jdent.2025.105568.

Buergers R, Rosentritt M, Handel G. Bacterial adhesion of *Streptococcus mutans* to provisional fixed prosthodontic material. *J Prosthet Dent.* 2007;98(6):461–69. doi:10.1016/S0022-3913(07)60146-2.

Carneiro Pereira AL, dos Santos Silva JP, Grangeiro MTV, Medeiros AKB, Bottino MA, Barão VAR, Porto Carreiro AF. 3D-printed denture base resins: glazing as an alternative to improve surface, mechanical, and microbiological properties. *J Prosthodont.* 2024;1–12. doi:10.1111/jopr.14001.

De Andrade GS, Augusto MG, Simões BV, Pagani C, Saavedra GSFA, Bresciani E. Impact of simulated toothbrushing on surface properties of chairside CAD-CAM materials: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2021;125(3):469.e1-469.e6. doi:10.1016/j.prosdent.2020.08.028.

de Castro Albuquerque R, Sahadi BO, André CB, Moreira PM, Rueggeberg FA, Giannini M. Resistance of glaze application on indirect restorative CAD/CAM materials against abrasive toothbrushing wear. *Int J Prosthodont.* 2024;37(6):659–66. doi:10.11607/ijp.8604.

Cheng, L, Zhang, L, Yue, L, Ling, J, Fan, M, Yang, D, et al. Expert consensus on dental caries management. *Int J Oral Sci.* 2022;14(1). doi:10.1038/s41368-022-00167-3.

Czechowski Ł, Dejak B, Konieczny B, Krasowski M. Evaluation of fracture resistance of occlusal veneers made of different types of materials depending on their thickness. *Materials.* 2023;16(17):6006. doi:10.3390/ma16176006.

Da Costa J, Adams-Belusko A, Riley K, Ferracane JL. The effect of various dentifrices on surface roughness and gloss of resin composites. *J Dent.* 2010;38(Suppl 2):e123–28. doi:10.1016/j.jdent.2010.02.005.

Dal Piva AMO, Bottino MA, Anami LC, Werner A, Kleverlaan CJ, Lo Giudice R, et al. Toothbrushing wear resistance of stained CAD/CAM ceramics. *Coatings.* 2021;11(2):1–13. doi:10.3390/coatings11020224.

Dapieve KS, Machry RV, Pilecco RO, Kleverlaan CJ, Pereira GKR, Venturini AB, et al. One-step ceramic primer as surface conditioner. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;104:103686. doi:10.1016/j.jmbbm.2020.103686.

Di Fiore A, Stellini E, Alageel O, Alhotan A. Comparison of mechanical and surface properties of two 3D-printed composite resins for definitive restoration. *J Prosthet Dent.* 2024;1–7. doi:10.1016/j.prosdent.2024.07.003.

Ducke VM, Ilie N. Aging behavior of high-translucent CAD/CAM resin-based composite blocks. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;115:104269. doi:10.1016/j.jmbbm.2020.104269.

El-Damanhoury HM, Gaintantzopoulou MD. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching. *J Prosthodont Res.* 2018;62(1):75–83. doi:10.1016/j.jpor.2017.06.002.

Elmougy A, Schiemann AM, Wood D, Pollington S, Martin N. Characterization of machinable structural polymers in restorative dentistry. *Dent Mater.* 2018;34(10):1509–17. doi:10.1016/j.dental.2018.06.007.

Elraggal A, Afifi R, Abdelraheem I. Effect of erosive media on microhardness and fracture toughness of CAD-CAM dental materials. *BMC Oral Health.* 2022;22(1):1–10. doi:10.1186/s12903-022-02230-1.

Espinar C, Pérez MM, Pulgar R, Leon-Cecilla A, López-López MT, Della Bona A. Influence of printing orientation on mechanical properties of aged 3D-printed restorative resins. *Dent Mater.* 2024;40:756–63. doi:10.1016/j.dental.2024.02.023.

Finck NS, Fraga MA, Correr AB, Dalmaschio CJ, Rodrigues CS, Moraes RR. Effects of solvent type and UV post-cure time on 3D-printed restorative polymers. *Dent Mater.* 2024;40(3):451–57. doi:10.1016/j.dental.2023.12.005.

Giti R, Jebal R. How could mouthwashes affect color stability of monolithic zirconia? *PLoS One.* 2023;18(12):e0295420. doi:10.1371/journal.pone.0295420.

Gong J, Qian Y, Lu K, Zhu Z, Siow L, Zhang C, et al., Digital light processing (DLP) in tissue engineering. *Biomed Mater.* 2022;17(6). doi:10.1088/1748-605X/ac96ba.

Grangeiro MTV, Rossi NR, Barreto LAL, Bottino MA, Tribst JPM. Effect of different

surface treatments on bond strength of the hybrid ceramic characterization layer. *J Adhes Dent.* 2021;23(5):429–35. doi:10.3290/j.jad.b2000235.

Grzebieluch W, Kowalewski P, Grygier D, Rutkowska-Gorczyca M, Kozakiewicz M, Jurczyszyn K., Printable and machinable dental restorative composites. *Materials.* 2021;14(17). doi:10.3390/ma14174919.

Guimarães HAB, Cardoso PC, Decurcio RA, Monteiro LJE, Almeida LN, Martins WF, et al., Simplified surface treatments for ceramic cementation. *Int J Biomater.* 2018;2018. doi:10.1155/2018/2598073.

Hickl V, Strasser T, Schmid A, Rosentritt M., Effects of storage and toothbrush simulation on color, gloss, and roughness of CAD/CAM and 3D-printed splint materials. *Clin Oral Investig.* 2022;4183–94. doi:10.1007/s00784-022-04391-3.

Hollis S, Eisenbeisz E, Versluis A. Color stability of denture resins. *J Prosthet Dent.* 2015;114(5):709–14. doi:10.1016/j.prosdent.2015.06.001.

Ivoclar. Monobond Etch & Prime. 2024.

Jarangkul W, Kunavisarut C, Pornprasertsuk-Damrongsri S, Joda T. Comparison of treatment time... *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2024;39(2):286–93. doi:10.11607/jomi.10127.

Jurado CA, Arndt K, Azpiazu-Flores FX, Faddoul F, França R, Fischer NG, et al., Evaluation of glazing and polishing systems for lithium disilicate and virgillite crowns. *Oper Dent.* 2023;48(6):689–99. doi:10.2341/23-017-L.

Kanzow P, Wiegand A, Schwendicke F, Göstemeyer G. A systematic review of protocols for restoration repair. *J Dent.* 2019;86:1–16. doi:10.1016/j.jdent.2019.05.021.

Karademir SA, Atasoy S, Yılmaz B. Effect of bleaching and repolishing on whiteness change of resin materials. *BMC Oral Health.* 2024;24(1). doi:10.1186/s12903-024-05328-w.

Khan A, Altaie A, Hodson N. Polishing systems for modern aesthetic dental materials: a narrative review. *Br Dent J.* 2024;237(8):607–13. doi:10.1038/s41415-024-7963-x.

Koko M, Tagami J, Abdou A. Hydrofluoric-acid etching: successful pretreatment of resin-composite block. *Dent Mater.* 2022;38.

Korkut B, Alkan E, Öztürk EK, Türkmen C, Tağtekin D. Questioning the effectiveness of composite polishing systems. *Sci Rep.* 2025;15:1–10. doi:10.1038/s41598-025-05666-x.

Lask M, Mayringer F, Reymus F, Meinen J, Stawarczyk B. Impact of Glazing, Coating, and Polishing on the Color Stability and Surface Properties of a 3D Printed Resin and Two Veneering Composite Resins. *J Esthet Restor Dent.* 2025; 37:1814–1826. doi: 10.1111./jerd.13462.

Lee EH, Ahn JS, Lim YJ, Kwon HB, Kim MJ. Effect of post-curing time on color stability of 3D-printed resin material. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;126:104993. doi:10.1016/j.jmbbm.2021.104993.

Lee WF, Iwasaki N, Peng PW, Takahashi H. Effect of toothbrushing on optical properties of high-translucency zirconia. *Clin Oral Investig.* 2022;26(3):3041–48. doi:10.1007/s00784-021-04287-8.

Maier E, Bordihn V, Belli R, Taschner M, Petschelt A, Lohbauer U, et al., Self-etch glass-ceramic primer and universal adhesives. *J Adhes Dent.* 2019;21(3):209–17. doi:10.3290/j.jad.a42546.

Mandurino M, Cortili S, Coccoluto L, Greco K, Cantatore G, Gherlone EF, et al., Mechanical properties of 3D-printed vs subtractively manufactured composite resins: a systematic review. *Materials.* 2025;18(5):1–28. doi:10.3390/ma18050985.

Mao Z, Schmidt F, Beuer F, Yassine J, Hey J, Prause E, Effect of surface treatment strategies on bond strength of additively and subtractively manufactured hybrid materials. *Clin Oral Investig.* 2024;28(7). doi:10.1007/s00784-024-05767-3.

Mascaro BA, Guimarães RR, Reis JMSN. Color stainability and surface analyses of extrinsically stained resin-matrix CAD-CAM materials. *J Prosthet Dent.* 2025;1–9. doi:10.1016/j.prosdent.2025.04.012.

Menon RK, Xin YH, Wei BCT, AlSaqaf SO, Abu Kariem AK, et al. CAD/CAM versus conventional denture bases: network meta-analysis of in vitro studies comparing accuracy and surface properties. *Int Dent J.* 2025;75(3):2062–70.

doi:10.1016/j.identj.2024.12.032.

Mühlemann S, Bernini JM, Sener B, Hämmerle CHF, Özcan M. Effect of aging on stained monolithic resin-ceramic CAD/CAM materials: quantitative and qualitative analysis of surface roughness. *J Prosthodont.* 2019;28(2):e563–71. doi: 10.1111/jopr.12949.

Nagai T, Alfaraj A, Chu TMG, Yang CC, Lin WS. Color stability of CAD-CAM hybrid ceramic materials following immersion in artificial saliva and wine. *J Prosthodont.* 2024. doi: 10.1111/jopr.13868. [Epub ahead of print].

Nascimento Oliveira AL, Elias CN, Santos HES, Santos C, De Biasi RS. Physical properties and color stainability by coffee and red wine of opaque and high translucency zirconia dental ceramics after hydrothermal degradation. *Int J Biomater.* 2022;2022. doi: 10.1155/2022/1571729.

Özcan M, Allahbeickaraghi A, DüNDAR M. Possible hazardous effects of hydrofluoric acid and recommendations for treatment approach: a review. *Clin Oral Investig.* 2012;16(1):15–23. doi: 10.1007/s00784-011-0636-6.

Palacios T, Tarancón S, Pastor JY. On the mechanical properties of hybrid dental materials for CAD/CAM restorations. *Polymers.* 2022;12(24). doi: 10.3390/app122413028.

Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al., Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27 Suppl 1:S1–9. doi: 10.1111/jerd.12149.

Pereira Sanchez NA, Gonzalez MO, Belles DM, Frey GN, Paravina RD. Staining- and aging-dependent changes in color and translucency of 3D-printed resin-modified ceramics. *Am J Dent.* 2023;36(5):227–32.

Pot GJ, Van Overschelde PA, Keulemans F, Kleverlaan CJ, Tribst JPM. Mechanical properties of additive-manufactured composite-based resins for permanent indirect restorations: a scoping review. *Materials.* 2024;17(16). doi: 10.3390/ma17163951.

Bora PV, Sayed A, Ahmed BDS, Thomas V, Alford A, Lawson NC. Characterization of materials used for 3D printing dental crowns and hybrid prostheses. *J Esthet Restor Dent.* 2023;1–11. doi: 10.1111/jerd.13174.

Prause E, Hey J, Schmidt F, Nicic R, Beuer F, Unkovskiy A. The assessability of approximal secondary caries of non-invasive 3D-printed veneers depending on the restoration thickness—an in vitro study. *Bioengineering.* 2023;10(9). doi: 10.3390/bioengineering10090992.

Ramos NC, Campos TMB, De La Paz IS, Machado JPB, Bottino MA, Cesar PF, et al., Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. *Dent Mater.* 2016;32(7):870–8. doi: 10.1016/j.dental.2016.03.018.

Reymus M, Fabritius R, Keller A, Hickel R, Edelhoff D, Stawarczyk B. Fracture load of 3D-printed fixed dental prostheses compared with milled and conventionally fabricated ones: the impact of resin material, build direction, post-curing, and artificial aging. *Clin Oral Investig*. 2020;24(2):701–10. doi: 10.1007/s00784-019-02952-7.

Ribeiro AKC, Porto RFC, Carvalho IHG, Miranda LM, Silva NR, Almeida LFD, et al., Flexural strength, surface roughness, micro-CT analysis, and microbiological adhesion of a 3D-printed temporary crown material. *Clin Oral Investig*. 2023;27(5):2207–20. doi: 10.1007/s00784-023-04941-3.

Rios-Madrigal AM, Orea-Vega DC, Vega-González M, Espinosa-Cristóbal LF, Arenas-Arocena MC, Castro-Ruiz JE, et al., Effect of *Streptococcus mutans* on surface-topography, microhardness, and mechanical properties of contemporary resin composites. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2021;19. doi: 10.1177/22808000211065260.

Rizkallah NI, Abdelfatah G, Wahsh MM, Abdel Sadek HM. Effect of staining techniques and repeated firing cycles on translucency, color and biaxial flexural strength of advanced lithium disilicate containing virgilite crystals. *BMC Oral Health*. 2025;25(1). doi: 10.1186/s12903-025-06011-4.

Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater*. 2018;34(8):1168–74. doi: 10.1016/j.dental.2018.05.001.

Saleh KA, Hammad IA, Aly YM. Effect of mouth rinses on the stainability of monolithic lithium disilicate glass-ceramics with different surface treatments: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2023;130(6):935.e1–935.e6. doi: 10.1016/j.prosdent.2023.09.007.

Sautina NV, Sitdikova KI, Galyametdinov YG. Study of phase transitions in lyotropic liquid-crystal emulsion systems by the wetting angle method. *Russ J Appl Chem*. 2014;87(4):419–23. doi: 10.1134/S107042721404003X.

Seuntjens MT, Thomassen TMJA, Van der Weijden F, Slot DE. Plaque scores after 1 or 2 minutes of toothbrushing: a systematic review and meta-analysis. *Int J Dent Hyg*. 2025;1–11. doi: 10.1111/idh.12840.

Seydaliyeva A, Rues S, Evagorou Z, Hassel AJ, Rammelsberg P, Zenthöfer A. Color stability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithium disilicate ceramics and composite. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(1):43–50. doi: 10.1111/jerd.12525.

da Silva Rodrigues C, Dala Nora B, Mallmann A, May LG, Jacques LB. Repolishing resin composites after bleaching treatments: effects on color stability and smoothness. *Oper Dent*. 2019;44(1):54–64. doi: 10.2341/17-107-L.

Siqueira JRCS, Rodriguez RMM, Campos TMB, Ramos NC, Bottino MA, Tribst JPM. Characterization of microstructure, optical properties, and mechanical behavior of a

temporary 3D printing resin: impact of post-curing time. *Materials*. 2024;17(7). doi: 10.3390/ma17071496.

Stamenković DD, Tango RN, Todorović A, Karasan DN, Sailer I, Paravina RD. Staining and aging-dependent changes in color of CAD-CAM materials. *J Prosthet Dent*. 2021;126(5):672–8. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.09.005.

Strasser T, Preis V, Behr M, Rosentritt M. Roughness, surface energy and superficial damages of CAD/CAM materials after surface treatment. *Clin Oral Investig*. 2018;22(8):2787–97. doi: 10.1007/s00784-018-2365-6.

Strasser T, Wertz M, Koenig A, Koetzsch T, Rosentritt M. Microstructure, composition, and flexural strength of different layers within zirconia materials with strength gradient. *Dent Mater*. 2023;39(5):463–8. doi: 10.1016/j.dental.2023.03.012.

Sulaiman TA. Materials in digital dentistry—a review. *J Penelit Pendidik Guru Sekolah Dasar*. 2019;6:128.

Tango RN, Volpato CAM, Santos KF, Cesar PF, Paravina RD. Harmonizing color measurements in dentistry using translucent tooth-colored materials. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):1–6. doi: 10.1186/s12903-024-03935-1.

Tango RN, Todorović A, Stamenković D, Karasan DN, Sailer I, Paravina RD. Effect of staining and aging on translucency parameter of CAD-CAM materials. *Acta Stomatol Croat*. 2021;55(1):2–9. doi: 10.15644/asc55/1/1.

Temp RW, Packaeser MG, Machry RV, Dapieve KS, Rippe MP, Pereira GK, et al. Characteristic fatigue strength and reliability of dental glass-ceramics: effect of distinct surface treatments. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024;150:106338. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.106338.

Tribst JPM, Dal Piva AMO, Werner A, Silva LTS, Anami LC, Bottino MA, et al. Effect of surface treatment and glaze application on shade-characterized resin-modified ceramic after toothbrushing. *J Prosthet Dent*. 2021;125(4):691.e1–691.e7. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.12.040.

Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent*. 2011;23(2):73–87. doi: 10.1111/j.1708-8240.2010.00392.x.

Watanabe H, Fellows C, An H. Digital technologies for restorative dentistry. *Dent Clin North Am*. 2022;66(4):567–90. doi: 10.1016/j.cden.2022.05.006.

Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin WS. Effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2021;126(2):248–53. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.05.017.

Zhang JL, Peng ZL, Huang J, Pan YJ, Sun ZW, Mai ZH. A two-year retrospective study on traumatic dental injury in the primary dentition. 2023;45.