



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



Samuell Cassio Galdino Rodrigues

**ESTABILIDADE DE COR, RETENÇÃO DE BRILHO E
RUGOSIDADE DE MATERIAIS POLIMÉRICOS DO SISTEMA
CAD/CAM SUBMETIDOS AO DESAFIO EROSIVO/ABRASIVO
AGRESSIVO E A PIGMENTAÇÃO COM VINHO TINTO.**

PIRACICABA

2022

SAMUELL CASSIO GALDINO RODRIGUES

**ESTABILIDADE DE COR, RETENÇÃO DE BRILHO E
RUGOSIDADE DE MATERIAIS POLIMÉRICOS DO SISTEMA
CAD/CAM SUBMETIDOS AO DESAFIO EROSIVO/ABRASIVO
AGRESSIVO E A PIGMENTAÇÃO COM VINHO TINTO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Cirurgião Dentista.

Orientador: PROF(A). DR(A). VANESSA CAVALLI GOBBO

Coorientador: IAGO CÉSAR RIBEIRO TELES MATOS

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO PELO ALUNO SAMUELL CASSIO GALDINO RODRIGUES E ORIENTADO PELA PROF(A). DR(A). VANESSA CAVALLI GOBBO

PIRACICABA

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

R618e Rodrigues, Samuel Cassio Galdino, 1998-
Estabilidade de cor, retenção de brilho e rugosidade de materiais poliméricos do sistema CAD/CAM submetidos ao desafio erosivo/abrasivo agressivo e a pigmentação com vinho tinto / Samuel Cassio Galdino Rodrigues. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Vanessa Cavalli Gobbo.

Coorientador: Iago César Ribeiro Teles Matos.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas. 2. Sistemas CAD/CAM. 3. Pigmentação. 4. Dentes - Erosão. 5. Dentes - Abrasão. I. Cavalli, Vanessa, 1977-. II. Matos, Iago César Ribeiro Teles, 1996-. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Palavras-chave em inglês:

Resins

CAD/CAM systems

Pigmentation

Teeth - Erosion

Teeth - Abrasion

Titulação: Cirurgião-Dentista

Data de entrega do trabalho definitivo: 30-11-2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, aos meus amigos e a todos os professores que eu tive ao longo de todos esses anos de formação, desde a pré-escola até a faculdade. Sem o apoio de todos eles, eu não teria a oportunidade e nem a capacidade de realizar este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do magnífico reitor Antônio José de Almeida Meirelles. Obrigado UNICAMP por contribuir tanto por um mundo mais justo, com ensino de qualidade a todos.

Agradeço à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, na pessoa do senhor diretor Prof. Dr. Flávio Henrique Baggio Aguiar. Obrigado FOP por todas as experiências, oportunidades, aprendizados e histórias que levarei eternamente comigo.

Agradeço a minha orientadora, Vanessa Cavalli Gobbo, por ter me dado a oportunidade de realizar esse estudo e por todo o suporte oferecido ao longo de todo o processo. Agradeço também ao meu coorientador, Iago César Ribeiro Teles Mattos, por toda ajuda durante todas as etapas da pesquisa, sempre oferecendo soluções para todas as intercorrências que tive no trabalho.

Agradeço a toda a minha família, em especial a minha mãe Ivanir Galdino da Silva, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e fez de tudo para que eu pudesse me dedicar exclusivamente ao meu desenvolvimento profissional. Agradeço também a minha irmã, Danilia Aparecida Lopes Lucas, ao seu marido e meu grande amigo Givanildo Ferreira Lucas, e a minha sobrinha Sofia Lopes Lucas, que mesmo distante fisicamente, me dão todo o suporte possível para eu ter a oportunidade de realizar esse curso.

Agradeço a todos os meus amigos de graduação, a minhas amigas da República Breja Eu, aos meus amigos da República Trapo e em especial aos moradores da minha República Trinta: Leonardo Bortoloso Fava, João Vitor Samogin, Lucas Gonçalves Durão, Itaiuã Tezotto Ferreira, Hugo Abritta Reis e Renan Cavalheiro, pela amizade e por todos os momentos vividos ao longo desses anos. Agradeço também aos meus amigos Matheus Santos de Siqueira, Lucas Dutra Rissato, Gabriel Mendonça Marchini Blois, Ulysses de Toledo Monteiro e João Vitor Suzano Teixeira por todo o apoio e por todos os momentos que colecionamos juntos ao longo da graduação.

Agradeço a todos os meus amigos da Associação Atlética Acadêmica XXI de Abril, instituição a qual fiz parte durante toda a minha graduação e que foi essencial para a minha formação.

RESUMO

Este trabalho avaliou a estabilidade de cor, retenção de brilho e rugosidade de materiais híbridos do sistema CAD-CAM após desafio ácido-abrasivo agressivo e à pigmentação com vinho tinto. Foram utilizados materiais do sistema CAD-CAM (resinas nanohíbridas - Grandio Blocs/ Voco, Katana Avencia Blocks/ Kuraray Noritake, e híbrida - Brava Blocks/FGM) e uma resina nanoparticulada de uso direto como grupo controle (Filtek Z350, 3M Oral Care). Corpos de prova de cada material foram submetidos a (n=12): (G1) desafio ácido-abrasivo agressivo (imersão em ácido clorídrico simulando suco gástrico associado à escovação mecânica); (G2) pigmentação com vinho tinto; (G3) desafio ácido abrasivo associado ao vinho tinto e (G4) controle (sem tratamento). A estabilidade de cor (ΔE_{00}), brilho e rugosidade foram determinados inicialmente T_0 (baseline), após ciclagens que simulam 5 anos (T_1) e após ciclagens que simulam 10 anos de atividade (T_2). Os resultados foram submetidos à análise de modelos lineares generalizados ($\alpha=0,05$). A Brava apresentou maior rugosidade entre os materiais após desafio ácido/abrasivo e ácido/abrasivo/vinho ($p<0,05$). Os desafios promoveram ΔE_{00} significativa em relação ao controle ($p<0,05$). Os materiais submetidos ao desafio ácido/abrasivo diminuíram os valores de brilho. Brava e Grandio submetidas ao desafio ácido apresentaram diminuição de brilho após 5 e 10 anos ($p<0,05$). Brava e Grandio promoveram alterações morfológicas após desafios ácido/abrasivo e ácido/abrasivo/vinho. Conclui-se que as alterações foram material-dependentes e que a resina Katana do sistema CAD/CAM apresentou o melhor desempenho nos parâmetros avaliados, independente do desafio ao qual foi submetido.

Palavras-chave: Resinas de CAD/CAM. Pigmentação. Dentes – Erosão. Dentes – Abrasão.

ABSTRACT

This study evaluated color stability, gloss retention and roughness of Polymer-based CAD-CAM materials after aggressive acid-abrasive challenge and staining with red wine. CAD-CAM materials system were used (nanohybrid resins - Grandio Blocs/ Voco, Katana Avencia Blocks/ Kuraray Noritake, and hybrid - Brava Blocks/FGM) and a conventional nanofilled resin as a control group (Filtek Z350, 3M Oral Care). Specimens of each material were submitted to (n=12): (G1) aggressive acid-abrasive challenge (immersion in hydrochloric acid simulating gastric juice associated with mechanical brushing); (G2) pigmentation with red wine; (G3) abrasive acid challenge associated with red wine and (G4) control (no treatment). Color stability (ΔE_{00}), gloss unit (GU) and surface roughness (Ra) were initially determined T0 (baseline), after cycles simulating 5 years (T1) and after cycles simulating 10 years of activity (T2). The results were submitted to the analysis of generalized linear models ($\alpha=0.05$). Brava showed greater surface roughness among materials after acid/abrasive and acid/abrasive/wine challenge ($p<0.05$). The challenges promoted a significant ΔE_{00} in comparison with the control ($p<0.05$). Materials subjected to acid/abrasive challenge decreased gloss values. Brava and Grandio submitted to acid challenge showed a decrease in gloss after 5 and 10 years ($p<0.05$). Brava and Grandio promoted morphological changes after acid/abrasive and acid/abrasive/wine challenges. It is concluded that the alterations were material-dependent and that the Katana resin from the CAD/CAM system presented the best performance in the evaluated parameters, regardless of the challenge to which it was submitted.

Key words: CAD/CAM resins. Pigmentation. Teeth – Erosion. Teeth – Abrasion.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
3 PROPOSIÇÃO	14
4 MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1 Preparo dos Corpos de Prova	16
4.2 Tratamentos Erosivo e/ou Abrasivo e grupos experimentais	17
4.3 Análise de alteração de cor	19
4.4 Brilho de superfície	19
4.5 Rugosidade de Superfície	20
4.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	20
4.7 Análise estatística	20
5 RESULTADOS	21
6 DISCUSSÃO	29
7 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35
ANEXOS	35
Anexo 1 – Verificação de originalidade e prevenção de plágio	

1 INTRODUÇÃO

Materiais híbridos e poliméricos vem sendo cada vez mais desenvolvidos em blocos pré-processados para usinagem em sistemas CAD-CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), técnica que permite a confecção automatizada de restaurações, fornecendo uma redução considerável no tempo de fabricação e excelente adaptação marginal após escaneamento e fresagem (Guess et al., 2011). Além disso, por serem confeccionados em condições controladas de temperatura e pressão, possuem maior grau de conversão e menor quantidade de monômeros residuais não polimerizados, oferecendo melhores propriedades mecânicas, físicas e ópticas e menores chances de falhas na confecção da peça (Taskonak et al., 2006). Embora restaurações de cerâmicas a base de óxido e vítreas possuem propriedades mecânicas e estéticas superiores, os compósitos para CAD/CAM apresentam mais facilidade de acabamento e polimento, reduzido tempo de confecção e reparabilidade intraoral (Ruse e Sadoun, 2014), o que ajuda a explicar a viabilidade de seu uso.

Apesar das características favoráveis, da maior difusão e aumento na aplicabilidade clínica, há poucas evidências sobre o desempenho desses materiais em restaurações dentárias frequentemente expostas a ácidos por períodos mais longos. No meio intraoral, esses materiais estão sujeitos à desafios ácidos por agentes endógenos e/ou exógenos, como ácido gástrico, enzimas salivares, sorção de água, biofilme cariogênico e/ou bebidas alcoólicas, os quais estimulam a degradação das restaurações. Estudos prévios correlacionam a ação de líquidos simuladores de alimentos ácidos, com a degradação tanto das estruturas dentárias, quanto de materiais restauradores, devido a exposição a um pH extremamente baixo (Bollen et al., 1997; Franscioni et al., 2008). O distúrbio do refluxo gastroesofágico (DRGE) caracterizado por alterações na mucosa esofágica que resulta no refluxo do conteúdo estomacal para o esôfago, também pode degradar a superfície do material restaurador, diminuindo sua dureza, aumentando a rugosidade, e desta forma, favorecer o acúmulo de biofilme (Kulkarni et al., 2018). Já foi visto que desde que se faça uma higiene adequada, não há influência significativa de bebidas com alto teor de pigmentos, na estabilidade de cor das restaurações (de Moraes et al., 2019), porém, são escassos estudos na literatura que respondam se esta estabilidade de cor se mantém, quando o indivíduo que consome essas bebidas (como o vinho tinto), também possui DRGE, uma vez que o pigmento do vinho pode causar alteração na superfície do esmalte se for associado a um longo desafio ácido agressivo, como acontece em indivíduos que possuem este distúrbio. Adicionalmente, embora a escovação seja um hábito desejável e

imprescindível à saúde oral, especialmente quando associada ao desafio ácido em condições de pH extremamente baixo, pode promover o envelhecimento e alterações na superfície das restaurações (Milleding et al., 1999; de Jager et al., 2000).

Portanto, esse estudo avaliou o comportamento dos compósitos para o sistema CAD/CAM frente a ataques ácidos erosivo/abrasivo severos e a pigmentação por vinho tinto, com o objetivo de simular um desafio que esses materiais poderiam sofrer em uma eventual aplicabilidade clínica, num período de 10 anos de exposição a tais agentes. A hipótese nula testada foi de que os materiais restauradores confeccionados no sistema CAD/CAM não sofrem alterações de cor, brilho e rugosidade quando em contato com agentes ácidos agressivos, ao vinho tinto e a escovação dental.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A Odontologia Moderna está cada vez mais focada em procedimentos digitais, disseminando o uso do sistema CAD/CAM na fabricação de restaurações dentárias indiretas. A possibilidade de usar blocos pré-polimerizados à base de resina composta para a confecção das restaurações inaugura uma perspectiva totalmente nova em tratamentos protéticos. Neste sentido, a pesquisa e desenvolvimento de materiais adequados para tal aplicação são atualmente o campo mais ativo em materiais odontológicos.

Os blocos de resina composta de CAD-CAM superam algumas características negativas dos compósitos diretos, como polimerização insuficiente ou tensão de contração durante a fotopolimerização (Takahashi et al., 2020). Sua biocompatibilidade com as células dos tecidos bucais é melhor que a dos compósitos diretos devido à polimerização sob alta pressão e alta temperatura durante seus processos de fabricação (Nguyen et al., 2012; Ballini et al., 2015)

Em comparação direta com os materiais cerâmicos, apesar de possuírem propriedades inferiores, os compósitos de resina são mais fáceis de produzir e oferecem a possibilidade de um reparo intraoral menos visível (Ruse e Sadoun, 2014). Vale destacar também que os compósitos podem ter menos propensão a fraturar durante o procedimento de fresagem. (Tsitrou et al., 2007) Ademais, estima-se que um conjunto de brocas CAD/CAM, que poderia ser usado para fabricar cinco a dez coroas cerâmicas, pode fresar mais de 100 coroas de resina composta (Ruse e Sadoun, 2014), fato que ajuda a tornar a fabricação das restaurações de compósitos ainda mais acessível em comparação com as peças cerâmicas.

Dada a importância e aplicabilidade desses materiais, é notável a necessidade de estudos mais relacionados sobre o comportamento clínico desses compósitos. Apesar das boas propriedades, fatores como dietas pouco saudáveis, alcoolismo crônico, higiene oral excessiva e/ou refluxo relacionado a doenças, que são fatores que desencadeiam a erosão dentária (Lussi e Jaeggi, 2008), também se tornam fatores de risco para a degradação desses compósitos em boca. As restaurações dentárias em pacientes afetados também são expostas a ácidos, o que indica que o desempenho e a longevidade de uma restauração dentária variam, de acordo com o material restaurador utilizado (Schmohl et al., 2022)

Apesar das propriedades favoráveis dos compósitos de resina CAD/CAM, ainda não há comprovações sobre o desempenho desses materiais em restaurações frequentemente expostas a ácidos por longos períodos. Características como rugosidade, resistência à abrasão e dureza de materiais à base de resina composta, podem ser afetados pela exposição a ácidos (Soares et al., 2016; Shabaniyan et al., 2022; Hwang et al., 2018). Uma série de casos em pacientes com dentes erodidos mostrou que a forma, o acabamento superficial e a qualidade marginal das restaurações à base de compósitos se deterioraram e descoloram de forma relevante durante um período de cinco anos de exposição. (Attin et al., 2012)

Na literatura atual, já sabemos que os efeitos da degradação química nos compósitos dentais resultam em aumento nos valores de rugosidade (Cilli et al., 2012; van Groeningen et al., 1986). Nesse contexto, um estudo recente salientou que a superfície dos compósitos de resina CAD/CAM degrada menos a solventes dietéticos do que a dos compósitos de resina diretos. Porém, o estudo recomenda uma análise mais aprofundada com períodos de armazenamento mais longos para avaliar adequadamente o comportamento dos compósitos frente a simulações de exposição a meios ácidos que estimulam a degradação química progressiva dos compósitos de resina CAD/CAM (Munusamy et al., 2020), pois, a degradação química a ser observada depende do tempo de exposição e da condição bucal do paciente, podendo levar alguns meses ou anos para ocorrer no meio intraoral (Sevimay et al., 2008)

Neste contexto, um outro estudo *in vitro* examinou a resistência a longo prazo de resinas compostas CAD/CAM contra três meios ácidos (água tônica, ácido acético, ácido clorídrico), e água desmineralizada, para investigar possíveis danos. Todos os compósitos de resina examinados mostraram mudanças significativas na rugosidade após a exposição a pelo menos um dos meios. Contudo, as resinas compostas CAD/CAM mostraram resistência suficiente contra diferentes meios ácidos e água desmineralizada, considerando que o estudo simula um período longo de exposição, e a comparação entre superfícies polidas e não polidas sugere que a resistência ácida pode aumentar com menor rugosidade superficial (Schmohl et al., 2022). Porém, a principal limitação deste estudo é a quantidade de tipos de estresse que podem interagir simultaneamente no meio intraoral, na usabilidade clínica dos materiais. É de conhecimento que, na realidade, as formas de estresse mecânico aumentem o progresso dos danos causados pelos ácidos (Schmohl et al., 2022). Um outro estudo, que analisou o efeito da escovação artificial e armazenamento em água na rugosidade superficial e propriedades micromecânicas de materiais CAD-CAM,

mostrou que, dependendo do material e do sistema de polimento, a rugosidade da superfície aumentou após a escovação artificial e armazenamento em água (Flury et al., 2017).

Além das propriedades mecânicas dos materiais utilizados na restauração dos dentes, a estabilidade da cor também desempenha um papel importante no sucesso e na longevidade das restaurações. (Stawarczyk et al., 2012) A cor dos dentes e a estética dentária afetam a autoconfiança e as relações profissionais dos indivíduos. Os problemas relacionados são percebidos como uma questão mais importante no dia a dia das pessoas.

O vinho tinto apresenta risco maior de descoloração das restaurações de resina composta em comparação com chá, coca-cola, suco de laranja e bebidas esportivas (Attin et al., 2012, Arocha et al., 2013), resultando em uma mudança de cor clinicamente perceptível ($\Delta E > 3,3$). (Tan et al., 2015) As pigmentações por vinho tinto são o principal fator externo de descoloração da resina composta (Attin et al., 2012; Arocha et al., 2013; Hwang et al., 2018).

Apesar da maior difusão e aumento na aplicabilidade clínica dos materiais híbridos para confecção de restaurações indiretas devido ao aprimoramento de suas propriedades físicas e mecânicas, a literatura ainda carece de estudos que investiguem o efeito de desafios ácidos agressivos, principalmente simulando as condições bucais de pacientes com distúrbio gastro esofágico, associados ou não com a escovação dental e a pigmentação com vinho tinto, na durabilidade e estabilidade de cor desses materiais, considerando um longo período de tempo, que mimetize o que acontece com indivíduos que possuem o distúrbio gastro esofágico e fazem uso de restaurações de compósitos de CAD/CAM.

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar a estabilidade de cor, de brilho, e rugosidade dos materiais poliméricos do sistema CAD-CAM após tratamentos que simulam desafios ácidos-abrasivos agressivos associados à pigmentação com vinho tinto, simulando o que ocorre com o paciente com refluxo gastroesofágico agressivo e que é exposto à escovação e ao consumo de vinho tinto.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo *in vitro* avaliou o efeito de desafio ácido-abrasivo severo combinado com a pigmentação com vinho tinto em materiais resinosos indiretos do sistema CAD/CAM. Os fatores em estudo foram constituídos pelos materiais restauradores (4 níveis, Tabela 1) e desafio ácido abrasivo associado ou não à pigmentação (4 níveis):

- Materiais restauradores (4 níveis):
 - Resina nanohíbrida (Katana Avencia Block, Kuraray Noritake Dental Inc)
 - Resina nanohíbrida (Grandio blocs, VOCO)
 - Resina híbrida (Brava Blocks, FGM)
 - Resina composta nanoparticulada (Controle, Filtek Z350, 3M Oral Care)
- Desafio ácido-abrasivo associado à pigmentação (4 níveis)
 - Controle: não submetido aos desafios ácido/abrasivos ou à pigmentação
 - Desafio ácido-abrasivo
 - Pigmentação com vinho tinto
 - Desafio ácido/abrasivo/vinho
- Tempo (3 níveis)
 - Inicial (T_0)
 - Após ciclagens que simulam 5 anos de desafios T_1)
 - Após ciclagens que simulam 10 anos de desafios (T_2)

As variáveis de respostas foram a estabilidade de cor, determinadas pela alteração de cor (CIEDE2000, ΔE_{00}), alteração dos parâmetros de cor (ΔL , Δb , Δa), e índice de branqueamento (ΔWID), alteração de brilho (GU) e rugosidade bidimensional (Ra) avaliados inicialmente e após os desafios ácido-abrasivos e pigmentação. Após os tratamentos, a morfologia dos materiais foi observada em microscopia eletrônica de varredura (MEV).

4.1. Preparo dos Corpos de Prova

Quarenta corpos de prova de cada material restaurador (5 mm x 5 mm x 1,5 mm) foram obtidos após secção do bloco CAD/CAM em cortadeira metalográfica de precisão (Isomet 1000, BUEHLER Ltda. Lake Buff, IL, USA). Os corpos de prova da resina composta (Filtek Z350) foram confeccionados utilizando-se matriz de silicone com dimensões (5 mm x 5 mm x 1,5 mm). A resina foi inserida com espátula Thompson nº 2 em incremento único, e a matriz de silicone permaneceu apoiada sobre uma placa de vidro. Uma tira de poliéster foi colocada sobre a superfície do compósito e a resina foi fotoativada de acordo com as instruções do fabricante, o mais próximo possível da amostra com aparelho LED (Valo, Ultradent, em modo padrão com irradiância de 1.200 mW/cm²). Após a polimerização, os excessos de resinas foram removidos com lâmina de bisturi nº 12 e armazenadas individualmente em recipientes escuros, contendo água destilada 37°C, por 24 h. Os corpos de prova de resina composta de uso direto e de uso indireto pelo sistema CAD-CAM foram fixados em placas de acrílico e polidos em politriz (Arotec Ind. Com., São Paulo, Brasil) com discos abrasivos de carbetto de silício (Carbimet Paper Discs; Buehler, IL, EUA) para obter superfície plana, em sequência de abrasividade decrescente (#600, #800, #1200, #2000, #4000) por 30 s em cada lixa, sob resfriamento contínuo. Os materiais foram lavados em cuba ultrassônica por 10 min.

A avaliação de cor, brilho e rugosidade bidimensional foram mensurados no tempo inicial (baseline – T₀) antes da realização dos tratamentos na superfície (T₁).

Tabela 1: Composição e fabricante dos materiais utilizados

Material (fabricante)	Composição (Informação do fabricante)
Grandio Blocs (<i>Nanohíbrida</i>) (VOCO, Cuxhaven Germany)	86% p / p de cargas inorgânicas numa matriz polimérica.
Katana Avencia Block (<i>Nanohíbrida</i>) (Kuraray Noritake Dental, Inc, Japan)	Mistura de partículas de carga (sílica coloidal e óxido de alumínio), monômeros de metacrilatos, pigmentos.
Brava <i>Híbrida</i> (FGM Produtos Odontológicos, Brasil)	Compósito com carga de vitrocerâmica polimerizado na forma de blocos para usinagem no sistema CAD-CAM, que apresenta partículas na faixa de 40 nm a 5 µm e conteúdo total de carga inorgânica em peso de aproximadamente 80% (58% em volume) envolto em uma matriz resinosa altamente polimerizada.
Filtek Z350 (<i>Nanoparticulada</i>) (3M Oral Care, Estados Unidos) (Controle)	A resina contém bis-GMA, UDMA, TEGDMA, e Bis-EMA (6). As partículas são uma combinação de sílica com tamanho de 20nm não-aglomeradas/não agregadas, zircônia com tamanho de 4-11nm não-aglomeradas/não-agregadas e aglomerados, clusters, de partículas agregadas de zircônica/sílica (combinação de partículas de sílica com 20nm e Zircônia com 4-11 nm).

4.2 Tratamentos Erosivo e/ou Abrasivo e grupos experimentais.

Os corpos de prova obtidos foram subdivididos e submetidos aos desafios, conforme descrição (n=10):

Controle: Os corpos de prova do grupo controle não foram submetidos aos desafios ácido-abrasivo ou à pigmentação. Permaneceram em saliva artificial (10) (1,5

mM Ca, 0,9 mM P, 150 mM KCl e 0,1 M Tris, pH 7,0) a 37 °C em estufa bacteriológica, durante o tempo em que os demais grupos estiveram em tratamento.

Desafio Ácido-Abrasivo: O protocolo que simula o desafio ácido, foi baseado no recente estudo de Alnasser et al., 2019 (11), que sugere que os corpos de prova sejam imersos em 5ml de HCl 5% (pH 2,0) durante 91 h em estufa a 37°C. Segundo os autores esse procedimento simula 1 ano de exposição clínica ao ácido clorídrico.

A abrasão foi realizada por meio de escovação mecânica simulada. Foram utilizadas escovas de cerdas macias (Colgate Twister; Colgate-Palmolive Indústria e Comércio), fixadas na máquina de escovação MSet (Marcelo Nucci ME, São Carlos, SP, Brasil), de modo que a cabeça da escova dental fique paralela e em contato com a superfície do corpo de prova. Cada corpo de prova foi imerso em slurry de 26 g de dentífrico (Colgate Total, Signal Anti- Caries, Colgate-Palmolive Indústria e Comércio3) diluído em 52ml de água destilada (1:3). Uma vez que 10,000 ciclos equivalem a 1 ano de escovação realizada 2 vezes ao dia, foram realizados 50,000 e 100,000 ciclos com o objetivo de simular 5 e 10 anos de escovação, executados com frequência de 4 Hz, sob carga de 200g, simulando a força empregada durante os procedimentos de higiene bucal.

O desafio ácido-abrasivo foi realizado de forma cíclica, para se aproximar da sequência de acontecimentos do meio oral. Os corpos de prova foram imersos em HCl 5% por 91 h diárias, lavados em água destilada e submetidos à 10,000 ciclos de escovação mecânica simulada. Ao final da escovação, os corpos de prova foram imersos em saliva artificial (10) por 24 h para que o novo ciclo seja realizado. Foram realizados no total 10 ciclos de imersão em ácido-escovação, totalizando 10 anos de desafio, sendo que ao final do 5º ciclo, os corpos de prova foram avaliados (variáveis dependentes). Após o ciclo de escovação, os corpos de prova foram lavados em água corrente e secos com papel absorvente.

Pigmentação com vinho tinto: A pigmentação com vinho foi realizada considerando o protocolo adotado por Berger et al. (12). Os corpos de prova foram imersos em 200 mL da solução por 48 h 37 °C, equivalendo a cinco anos de consumo de vinho tinto. O ciclo foi repetido para simular 10 anos de consumo de vinho tinto.

Desafio Ácido-Abrasivo associado à Pigmentação com Vinho tinto: Os protocolos associados de desafio ácido-abrasivo e pigmentação com vinho tinto foram

realizados de maneira cíclica: Desafio ácido por 455 h diárias, seguidos de 50,000 ciclos de escovação mecânica simulada e pigmentação e imersão em vinho tinto por 48 h (simulação de 5 anos). O ciclo foi repetido para simular 10 anos de desafios.

Após os desafios, os corpos de prova foram lavados em cuba ultrassônica por 10 min para a remoção de resíduos e armazenados em gaze umedecida por 24 h antes das análises.

4.3 Análise de alteração de cor

Um espectrofotômetro manual (Vita Easyshade, Vita- Zahanfabrik, Alemanha), avaliou a cor no tempo inicial (T_0) e após simulação de 5 e 10 anos de desafios (T_1 e T_2). O aparelho foi fixado em suporte e a ponta leitora do aparelho foi posicionada no centro do corpo de prova. O corpo de prova, por sua vez, foi apoiado sobre uma cerâmica branca e este, sobre um dispositivo de elevação tipo Jack para ser aproximado da ponta leitora do espectroscópio. Três leituras por corpo de prova foram realizadas e a média dos parâmetros L^* (0: preto e 100:branco), a^* (+ a^* : vermelho; - a^* :verde), e b^* (+ b^* : amarelo e - b^* :azul) serão obtidos. A alteração de cor pelo sistema CIEDE 2000 (ΔE_{00}) foi determinada de acordo com a fórmula:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{k_{LS}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{k_{CS}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{k_{HS}}\right)^2 + RT \left(\frac{\Delta C}{k_{CS}}\right) \left(\frac{\Delta H}{k_{HS}}\right)}$$

Nesta fórmula, H representa a matiz e C, croma (Paravina et al., 2015). Adicionalmente, foram apresentados os dados referentes à alteração de luminosidade (ΔL , Δb , Δa) e o índice de branqueamento (ΔWID) baseado no Whiteness Index for Dentistry (WID) = $0.511L^* - 2.34a^* - 1100b^*$. Os valores de Delta foram obtidos considerando o intervalo $T_1 - T_0$ (simulação de 5 anos de desafios) e $T_2 - T_0$ (simulação de 10 anos de desafios). Foram adotadas as unidades 0,81 e 1,77 como limites de 50:50% de percepção (PT) e aceitação (AT) para alteração de cor (ΔE_{00}), respectivamente. Para ΔWID foram adotados 0,61 (PT) e 2,90 unidades (AT). Tais limites, foram adotados para alterações na cor de materiais dentários (Jones et al., 2004, Quirynen, et al., 1995).

4.4 Brilho de superfície

O brilho da superfície foi medido três vezes no centro de cada amostra usando um medidor de brilho (Novo-Curve 60, Rhopoint Instruments, Istambul, Turquia), no tempo inicial (T_0) e após simulação de 5 e 10 anos de desafios (T_1 , T_2). Os corpos

de prova foram colocados na placa superior do medidor de brilho e coberto com um recipiente de opaco preto para eliminar exposição à luz externa e para manter a posição exata da amostra durante a medição. O medidor de brilho foi calibrado antes de cada medição. Os valores de brilho foram expressos como unidades de brilho (GU) que podem variar de 0 (para uma superfície totalmente não refletiva) a 100 (obtido a partir de um vidro preto polido com índice de refração de 1,567).

4.5 Rugosidade de Superfície.

A rugosidade superficial (Ra) foi determinada pelo rugosímetro (Surfcorder SE 1700, Kosalab), cut-off de 0,8 mm e velocidade de 0,2 mm/s, no tempo inicial (T₀) e após simulação de 5 e 10 anos de desafios (T₁, T₂). Os corpos de prova foram individualmente fixados em uma base de acrílico, em seguida posicionados paralelamente à superfície do equipamento, onde a ponta medidora foi colocada perpendicularmente à superfície da amostra. Três leituras foram realizadas por amostra rotacionando o corpo de prova em 45°, obtendo-se a média por corpo de prova.

4.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Dois corpos de prova de cada grupo dos tempos T₁ e T₂ foram preparados para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV- LEO 435 VP, LEO Electron Microscopy Ltd, Cambridge, UK) para avaliação da morfologia de superfície dos corpos de prova. Os blocos foram montados em stubs de alumínio e revestidos com uma delgada camada de ouro (Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein). Imagens da superfície foram obtidas em magnificações de 1,000 x a 3,000x.

4.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos as análises descritivas e exploratórias dos dados. A seguir foram ajustados modelos lineares generalizados mistos para medidas repetidas no tempo para analisar rugosidade e brilho. Para analisar a variação na cor nos dois intervalos de tempos avaliados foram ajustados modelos lineares generalizados considerando os efeitos de material, tratamento e a interação entre eles. Todas as análises foram realizadas no programa R Core Team (2022), com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Estabilidade de cor

As variações que ocorreram na cor (ΔE_{00}) são apresentadas na Tabela 1. Após 5 anos de simulação as resinas Z350 e Katana imersas em saliva artificial (controle) apresentaram menor alteração de cor que os demais tratamentos ($p < 0,05$). Os desafios “ácido/abrasivo” e “pigmentação com vinho” promoveram maior ΔE_{00} para o grupo Z350, e “pigmentação com vinho”, maior ΔE_{00} para Katana e Grandio ($p < 0,05$). Independente do desafio, não houve diferença na ΔE_{00} para a resina Brava e todas apresentaram alteração de cor acima de 1,8.

A “pigmentação com vinho” e desafio “ácido/abrasivo/vinho” promoveram maior ΔE_{00} para as resinas Z350 e Brava. Por sua vez, a resina Katana apresenta maior ΔE_{00} “ácido/abrasivo/vinho” entre os desafios, e a Grandio com os desafios “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho” ($p < 0,05$).

Tabela 1. Média (desvio padrão) ΔE_{00} do sistema CIED2000 em função do material e tratamento.

Intervalo de tempo	Material	Tratamento			
		Controle	Desafio ácido/abrasivo	Pigmentação com vinho	Desafio ácido/abrasivo/vinho
Baseline - 5 anos	Z350	3,34 (2,01) Cc	11,75 (0,71) Aa	15,26 (1,16) Aab	5,65 (0,68) Bb
	Katana	5,14 (1,12) Cb	10,94 (2,04) Ba	16,23 (2,65) Aa	9,98 (3,56) Ba
	Brava	9,63 (4,79) Aa	11,07 (2,22) Aa	11,91 (2,20) Ab	12,21 (4,70) Aa
	Grandio	6,72 (2,30) Ba	8,80 (0,95) Ba	12,86 (2,26) Aab	2,68 (1,70) Cc
p-valor		p(material)<0,0001; p(tratamento)<0,0001; p(material x tratamento)<0,0001			
Baseline - 10 anos	Z350	5,26 (0,77) Ba	2,15 (1,12) Cc	9,51 (0,67) Aa	10,16 (1,82) Aa
	Katana	5,89 (1,10) ABa	5,28 (1,58) Bb	7,05 (1,41) Aab	3,74 (1,83) Cb
	Brava	4,45 (2,86) Ca	5,56 (2,48) BCb	9,51 (1,6) Aa	7,54 (3,37) ABa
	Grandio	5,05 (2,59) Ba	11,71 (2,8) Aa	5,30 (0,57) Bb	9,13 (2,57) Aa
p-valor		p(material)<0,0001; p(tratamento)<0,0001; p(material x tratamento)<0,0001			

*Letras distintas (maiúsculas comparam os tratamentos na horizontal e minúsculas comparando entre os materiais na vertical dentro de cada tempo) indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Estabilidade de brilho

Os resultados das medições de brilho são apresentados na tabela 2. No tempo inicial, nota-se que entre os materiais avaliados há diferenças em relação ao brilho da superfície ($p < 0,05$). No entanto, os valores de brilho de superfície variam de 63,68 a 77,58, diferenças que não demonstram significativo impacto na percepção visual. Após a simulação de 5 anos os materiais Z350, Katana e Brava submetidos ao desafio “ácido/abrasivo” apresentaram diminuição significativa dos valores de brilho, com destaque para a resina Brava, a qual apresentou o menor brilho entre os materiais. Também houve diminuição do brilho das resinas Katana e Brava após desafio “ácido/abrasivo/vinho”.

Após simulação de 10 anos, todos os materiais submetidos ao desafio “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho” apresentaram diminuição significativa dos valores de brilho, exceto a resina Katana, a qual manteve o valor de brilho em relação ao T0. As resinas Brava e Grandio apresentaram valores muito baixos de brilho após desafios de “ácido/abrasivo” e após “ácido/abrasivo/vinho” simulados por 10 anos.

Tabela 2. Média (desvio padrão) do brilho de superfície (GU) em função do material, tratamento e tempo.

Tempo	Material	Tratamentos			
		Controle	Desafio ácido/abrasivo	Pigmentação com vinho	Desafio ácido/abrasivo/vinho
Inicial	Z350	70,10 (10,14) Bab	70,15 (7,82) Ba	71,95 (7,01) Ba	77,58 (4,77) Aa
	Katana	74,38 (6,94) Aa	72,57 (6,09) Aa	71,83 (6,07) Aab	75,38 (6,03) Aa
	Brava	65,82 (6,35) Bb	72,31 (7,09) Aa	68,59 (8,34) ABab	74,25 (6,74) Aa
	Grandio	66,82 (9,01) Aab	66,38 (10,66) Aa	63,68 (9,15) Ab	67,34 (6,39) Ab
5 anos	Z350	70,76 (14,90) Ba	*51,29 (7,42) Ca	73,61 (11,13) Ba	83,24 (10,03) Aa
	Katana	74,40 (7,76) Aa	*42,34 (15,33) Ba	66,14 (17,08) Aab	*66,62 (14,93) Ab
	Brava	68,05 (7,71) Aa	*30,68 (5,32) Bb	61,98 (18,05) Aab	*24,19 (10,24) Bc
	Grandio	70,79 (7,39) Aa	53,00 (19,01) Ba	60,94 (9,80) Bb	67,50 (7,58) ABb
10 anos	Z350	68,73 (11,96) Aab	*51,18 (10,64) Bb	*\$64,26 (10,92) Aa	*\$55,41 (6,09) Bb
	Katana	74,44 (6,89) Aa	\$76,08 (9,44) Aa	\$61,26 (12,20) Ba	\$76,92 (7,03) Aa
	Brava	66,01 (6,37) Ab	*\$3,86 (0,42) Dd	*\$51,99 (15,64) Ba	*\$5,50 (1,73) Cc
	Grandio	67,40 (9,35) Aab	*\$4,66 (0,99) Bc	61,51 (9,69) Aa	*\$5,85 (2,11) Bc

*Difere do tempo inicial nas mesmas condições de material e tratamento ($p \leq 0,05$). \$Difere de 5 anos nas mesmas condições de material e tratamento ($p \leq 0,05$). Letras distintas (maiúsculas comparando entre os tratamentos na horizontal e minúsculas comparando entre os materiais na vertical dentro de cada tempo) indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). $p(\text{material}) < 0,0001$; $p(\text{tratamento}) < 0,0001$; $p(\text{material} \times \text{tratamento}) < 0,0001$; $p(\text{tempo}) < 0,0001$; $p(\text{material} \times \text{tempo}) < 0,0001$; $p(\text{tratamento} \times \text{tempo}) < 0,0001$; $p(\text{material} \times \text{tratamento} \times \text{tempo}) < 0,0001$.

Rugosidade

Os resultados de rugosidade estão descritos na Tabela 3. Os valores iniciais de todos os grupos analisados foram menores ou iguais a $0,042 \mu\text{m}$, padronização estabelecida de lisura superficial para o início dos tratamentos com os materiais.

Após 5 anos, todos os materiais submetidos aos desafios “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho” apresentaram maior rugosidade do que nos grupos “controle” e “vinho” ($p < 0,05$). Após cinco anos de simulação de desafio “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho” a resina Brava apresentou maior valor de rugosidade entre os materiais. A resina Grandio apresentou menor de rugosidade entre os materiais após cinco anos de desafio “ácido/abrasivo”.

Após a simulação de 10 anos, todos materiais tiveram maior rugosidade com os desafios “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho” ($p < 0,05$). O material Brava apresentou maior rugosidade com “ácido/abrasivo” que os demais grupos ($p < 0,05$). A resina Brava apresentou maior rugosidade entre os grupos após 10 anos de desafios “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho”, enquanto a resina Grandio apresentou valores intermediários, e as resinas Z350 e Katana, os menores valores de rugosidade entre os grupos ($p < 0,05$).

Tabela 3. Média (desvio padrão) da rugosidade (Ra, em μm) em função do material, desafios e tempo.

Tempo	Material	Tratamentos			
		Controle	Desafio ácido/abrasivo	Pigmentação com vinho	Desafio ácido/abrasivo/vinho
Inicial	Z350	0,040 (0,007) Aa	0,042 (0,009) Aa	0,044 (0,007) Aa	0,041 (0,006) Aa
	Katana	0,029 (0,008) BCb	0,033 (0,006) ABb	0,038 (0,011) Aa	0,024 (0,005) Cb
	Brava	0,037 (0,007) Aa	0,036 (0,005) Ab	0,039 (0,008) Aa	0,038 (0,007) Aa
	Grandio	0,041 (0,009) Aa	0,042 (0,009) Aa	0,040 (0,006) Aa	0,042 (0,008) Aa
5 anos	Z350	0,044 (0,012) Ba	*0,086 (0,031) Ab	0,047 (0,011) Ba	*0,069 (0,029) Ab
	Katana	0,026 (0,006) Db	*0,090 (0,026) Ab	0,040 (0,010) Ca	*0,057 (0,022) Bb
	Brava	*0,044 (0,011) Ba	*0,276 (0,053) Aa	0,042 (0,010) Ba	*0,296 (0,064) Aa
	Grandio	0,051 (0,026) ABa	*0,065 (0,015) Ac	0,043 (0,009) Ba	*0,061 (0,014) Ab
10 anos	Z350	*0,048 (0,012) Ba	*0,094 (0,018) Aa	0,047 (0,015) Ba	*0,092 (0,010) Ac
	Katana	0,028 (0,006) Bc	*0,093 (0,019) Aa	0,036 (0,008) Bb	*0,101 (0,028) Ac
	Brava	*0,039 (0,007) Cb	*0,730 (0,133) Ab	*0,045 (0,011) Ca	*0,574 (0,121) Ba
	Grandio	0,047 (0,018) Bab	*0,272 (0,069) Ac	*0,046 (0,013) Ba	*0,231 (0,053) Ab

*Difere do tempo inicial nas mesmas condições de material e tratamento ($p \leq 0,05$). \$Difere de 5 anos nas mesmas condições de material e tratamento ($p \leq 0,05$). Letras distintas (maiúsculas comparando entre os tratamentos na horizontal e minúsculas comparando entre os materiais na vertical dentro de cada tempo) indicam diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). $p(\text{material}) < 0,0001$; $p(\text{tratamento}) < 0,0001$; $p(\text{material} \times \text{tratamento}) < 0,0001$; $p(\text{tempo}) < 0,0001$; $p(\text{material} \times \text{tempo}) < 0,0001$; $p(\text{tratamento} \times \text{tempo}) < 0,0001$; $p(\text{material} \times \text{tratamento} \times \text{tempo}) < 0,0001$.

Morfologia de Superfície

A Figura 1 exibe imagens representativas em microscopia eletrônica de varredura (MEV) com 1,000 e 3,000 x de magnificação da superfície dos materiais poliméricos submetidos aos desafios.

A resina composta nanoparticulada Z350 apresenta-se polida e regular (controle) e levemente alterada com a pigmentação de vinho e desafio "ácido/abrasivo/vinho". Observa-se perda de matriz orgânica e exposição de partícula inorgânica após desafio "ácido/abrasivo". A resina Katana apresenta homogeneidade morfológica, distinta das demais resinas, independente dos desafios aplicados.

As resinas Brava e Grandio apresentaram superfície semelhante à resina Z350: degradação evidente após desafios "ácido/abrasivo" e "ácido/abrasivo/vinho". A resina Brava apresenta maior porosidade que os demais materiais, especialmente quando submetida aos desafios "ácido/abrasivo" e "ácido/abrasivo/vinho".

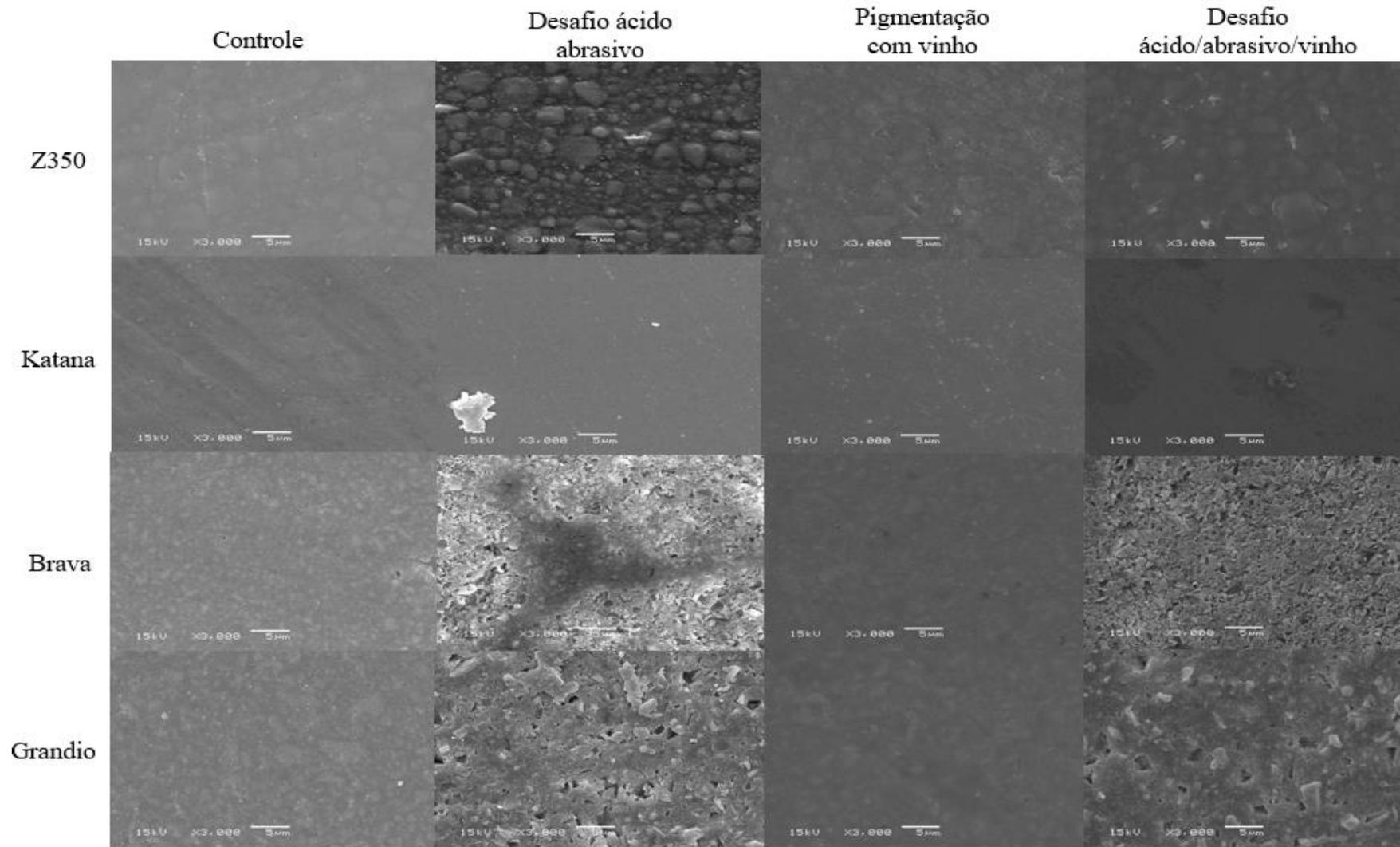


Figura 1. Imagens representativas dos materiais poliméricos submetidos aos desafios.

6 DISCUSSÃO

A disseminação do uso de restaurações indiretas de materiais poliméricos do sistema CAD/CAM, e a necessidade da realização de estudos prévios que simulem situações que podem ocorrer no meio intraoral em longo prazo, explicam a necessidade clínica da realização desse estudo. A hipótese nula, que postula que os materiais restauradores resinosos confeccionados no sistema CAD/CAM não alteram a cor, brilho e rugosidade quando em contato com agentes ácidos agressivos, a escovação dental simultaneamente e ao vinho tinto foi rejeitada. Todos os grupos de materiais tratados com alguma substância apresentaram alterações significativas das propriedades analisadas, tanto em 5 quanto em 10 anos de simulação.

Em relação a estabilidade de cor, todos os grupos apresentaram alteração de cor com parâmetros clinicamente perceptíveis. O vinho tinto foi utilizado pois sabe-se que é uma das bebidas que provoca maior alteração cromática dental (Aydin et al., 2020). Como esperado, após simulação de 5 anos de exposição, as maiores médias de variação de cor foram promovidas pela pigmentação de vinho tinto. A literatura constata que estes materiais promovem alteração cromática diretamente proporcional ao tempo de exposição ao agente de pigmentação (Aydin et al., 2022). Contudo, neste estudo, não foi constatado este comportamento, uma vez que as médias de alteração de cor foram em geral, maiores após simulação de 5 anos de imersão que na simulação de 10 anos. O mesmo pode ser notado na estabilidade de cor das resinas Z350, Katana e Brava submetidos ao desafio “ácido/abrasivo” e Katana e Brava após desafio “ácido/abrasivo/vinho”: As médias de alteração cromática foram menores após 10 anos que a simulação após 5 anos. Embora a expectativa de alteração de cor com 10 anos de desafios fosse maior, é possível que os desafios iniciais tenham promovido maior impacto na cor dos materiais nas primeiras ciclagens.

Outro fator notório foi que o desafio “ácido/abrasivo/vinho” apresentou menor alteração de cor que o desafio “pigmentação com vinho” para os compósitos Z350, Katana e Grandio em 5 anos de desafios, e o mesmo desempenho foi observado nas resinas Katana e Brava, após 10 anos de tratamentos. Este resultado pode ser justificado pela escovação simulada e imersão ácida realizada alternadamente com a pigmentação em vinho tinto. A imersão ácida pode ter favorecido a degradação da matriz orgânica e deslocamento de partículas inorgânicas, removendo simultaneamente

quaisquer resíduos de pigmento depositado. Portanto, o efeito do vinho pode ter sido minimizado pela escovação e imersão ácida.

Em relação ao brilho, alguns autores sugerem que materiais poliméricos do sistema CAD/CAM, como as resinas compostas, oferecem vantagens na retenção de brilho e conseqüentemente maior durabilidade na estética (Ardu et al., 2020) em relação às resinas convencionais. Porém, neste presente estudo, vale destacar que a resina composta de uso direto Z350, apresentou melhor retenção de brilho, após ser submetida aos desafios “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho” que as resinas compostas CAD/CAM Brava e Grandio, após a simulação de 10 anos de desafios. É de conhecimento que a exposição de resinas compostas em geral a ácidos, álcool e escovação alteram sua superfície e aparência em longo prazo (Ardu et al., 2022), fato que é confirmado com os materiais submetidos ao desafio “ácido/abrasivo”, os quais apresentaram diminuição significativa dos valores de brilho após simulações de 10 anos de exposição, exceto Katana, a qual apresentou melhor retenção de brilho e se manteve estável em todos os grupos. Contudo, ainda é escasso na literatura dados sobre a comparação entre a retenção de brilho de compósitos CAD/CAM recentemente comercializados e seus correspondentes de resinas compostas diretas. (Ardu et al., 2022)

A resina composta nanoparticulada Z350 apresenta-se altamente polida e regular na ausência de desafios (controle) e levemente alterada mediante o desafio de “pigmentação com vinho” e desafio “ácido/abrasivo/vinho”. Contudo, observa-se que neste último, o desafio promoveu perda de matriz orgânica e exposição de partícula inorgânica. Embora o desafio “ácido/abrasivo” não tenha apresentado diferenças estatísticas na rugosidade em relação ao desafio “ácido/abrasivo/vinho”, as alterações mais severas notadas na morfologia da superfície foram pontuais. Além desta questão, deve-se atentar que a resina Z350 é uma resina nanoparticulada, com partículas inorgânicas de até 100 nm, e que, portanto, a alteração morfológica não seria detectada pelo rugosímetro de superfície, o qual detecta variações em micrometros (μm). Portanto, o rugosímetro pode não ser o método de avaliação mais adequado para esta resina, nestas condições. Por sua vez, se as alterações foram de fato, de ordem nanométrica, dificilmente serão significantes no contexto clínico.

Mas deve-se ressaltar que apenas os grupos tratados com ácido associado com a escovação sofreram alterações relevantes na rugosidade. Após 5 anos de simulação de desafio “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho”, houve aumento da rugosidade, em comparação à avaliação inicial. Contudo, os valores obtidos foram abaixo de 0,5 μm , o qual é estipulado como valor limite de rugosidade clinicamente perceptível pelo paciente, e que pode ser sentido pela língua humana (Jones et al., 2004).

O compósito indireto Brava submetido a 5 anos de desafios “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho”, apresentou os maiores valores de rugosidade entre os grupos (0,296 μm), porém abaixo do limite estabelecido de percepção pelo paciente. Entretanto, após 10 anos destes mesmos desafios, houve aumento significativo da rugosidade em comparação com a simulação de 5 anos, contudo apenas a compósito Brava apresentou valores que superaram o limite de 0,5 μm .

Por outro lado, embora o paciente possa ser capaz de detectar as alterações de rugosidade apenas após 10 anos de simulação dos desafios, após 5 anos, o compósito Brava ultrapassa valores médios de rugosidade de 0,2 μm , limite este estabelecido como clinicamente crucial para que ocorra a adesão bacteriana. (Quirynen et al., 1995; Bollen et al., 1997; Schubert et al., 2019; Etxeberria et al., 2015).

A adesão bacteriana na superfície dos biomateriais ocorre em dois estágios distintos: uma fase considerada reversível e outra, irreversível. No estágio inicial de contato, bactérias e biomateriais interagem por atração física modulada por aspectos biofísicos (Moraes et al., 2013). Portanto, a rugosidade da superfície, a molhabilidade e a característica hidrofóbica dos materiais impactam diretamente na adesão do biofilme que ocorre no primeiro estágio, considerado reversível. Entretanto, no segundo estágio ou irreversível, as interações celulares e moleculares permitem que as bactérias fiquem aderidas firmemente à superfície, e as interações com o ambiente circundante permitem a formação de biofilme (Moraes et al., 2013). Superfícies significativamente irregulares e de alta rugosidade, são capazes de abrigar as bactérias, e servem de proteção física ao biofilme formado (Dobrzynski et al., 2019).

Os valores de rugosidade promovidos pelo desafio “ácido/abrasivo/vinho”, tanto em 5 quanto em 10 anos de exposição, não promoveram alterações significativas dos valores de rugosidade em comparação ao desafio “ácido/abrasivo”, fato que indica que a exposição ao vinho por 48 h (simulação de 5 anos) ou 96 h (simulação de 10

anos) não promove alterações significativas na rugosidade de superfície do material, mesmo quando associada a escovação. No modelo de simulação selecionado (Berger et al.), os autores utilizam um modelo simplificado de imersão em vinho tinto, estimando o tempo de contato que o vinho tinto teria na superfície dental, imediatamente seguido da ingestão da bebida, sem que haja nenhum intervalo degustativo. Neste sentido, é possível que o modelo utilizado subestime o tempo de contato do vinho ou até mesmo de permanência dos componentes alcoólicos, ácidos e pigmentadores residuais, na superfície dental. Portanto, modelos que simulem contato mais longos dos materiais indiretos imersos nesta bebida, poderiam promover alterações superficiais mais notáveis (Aydin et al., 2020), favorecendo a degradação da matriz polimérica, e possivelmente, remoção de partículas inorgânicas do material.

Os valores de rugosidade superficial inicial determinados no presente estudo, são compatíveis com valores após o polimento de alto brilho de compósitos de resina CAD/CAM descritos em outras publicações com uma abordagem laboratorial (Matzinger et al., 2019; Rosentritti et al., 2021). No entanto, são necessários regulamentos para um conceito definitivo de teste e avaliação da resistência ácida de resinas CAD/CAM odontológicas. (Schmohl et al., 2022)

As imagens representativas em MEV da morfologia das resinas submetidas aos desafios, corroboram os resultados observados na análise de rugosidade. A resina composta nanoparticulada Z350 apresenta-se altamente polida e regular na ausência de desafios (controle) e levemente alterada com a pigmentação de vinho e desafio “ácido/abrasivo/vinho”. Contudo, observa-se que no desafio “ácido/abrasivo”, houve perda de matriz orgânica e exposição de partícula inorgânica. Embora o desafio “ácido/abrasivo” não tenha apresentado diferenças estatísticas na rugosidade em relação ao desafio “ácido/abrasivo/vinho”, as alterações mais severas notadas na morfologia da superfície foram pontuais. Portanto, podem não ter sido detectadas no rugosímetro de contato. Deve-se, no entanto, atentar que se trata de uma resina nanoparticulada, com partículas sílicas de até 100 nm, e que, portanto, a alteração morfológica não seria detectada pelo rugosímetro, que detecta variações em micrometros.

As resinas Brava e Grandio apresentaram comportamento semelhante ao observado pela resina Z350: degradação evidente após desafios “ácido/abrasivo” e “ácido/abrasivo/vinho”. A resina Brava apresenta sinais de maior porosidade que os demais materiais, especialmente quando submetida aos desafios “ácido/abrasivo” e

“ácido/abrasivo/vinho” corroborando os resultados da rugosidade e brilho. Quanto à resina Grandio, a significativa alteração no brilho do material também encontra respaldo na análise morfológica. Em contrapartida, a resina Katana apresenta homogeneidade morfológica, distinta das demais resinas, independente dos desafios aplicados.

Este estudo apresenta as limitações inerentes de uma análise *in vitro*, e portanto, os resultados obtidos devem ser interpretados com cautela. Como discutido, análises adicionais de rugosidade de superfície com métodos de observação 3D, complementariam os parâmetros de rugosidade avaliados, além de fornecer informações de profundidade das alterações promovidas pelos desafios. Adicionalmente, protocolos de pigmentação mais agressivos poderiam simular uma condição mais próxima da realidade clínica. Assim, estudos futuros *in vitro* e *in vivo* devem ser realizados para validação dos resultados obtidos.

Dentre os materiais avaliados, a resina indireta Katana apresentou o melhor desempenho nos parâmetros, independente do desafio ao qual foi submetido. A resina composta Z350, selecionada como material restaurador direto para comparação com os demais materiais indiretos do sistema CAD/CAM, e apresentou menor alteração de rugosidade e morfologia, maior estabilidade de cor e brilho que as resinas indiretas Brava e Grandio.

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo, concluiu-se que:

- Todos os materiais submetidos ao desafio ácido/abrasivo apresentaram aumento nos valores de rugosidade, contudo, as alterações foram material-dependentes, sendo que a Brava apresentou maior aumento da rugosidade após desafios ácido/abrasivo/vinho;
- Todos os desafios promoveram alteração de cor significativa, independente do material avaliado, em relação ao grupo controle.
- Os materiais submetidos ao desafio ácido/abrasivo apresentaram diminuição significativa dos valores de brilho. As resinas Brava e Grandio submetidas aos desafios com ácido clorídrico apresentaram diminuição significativa de brilho após 5 e 10 anos.
- As resinas Brava e Grandio apresentaram alterações morfológicas significantes após os desafios ácido/abrasivo e ácido/abrasivo/vinho.

REFERÊNCIAS^{1*}

1. Alnasser M, Finkelman M, Papathanasiou A, Suzuki M, Ghaffari R, Ali A. Effect of acidic pH on surface roughness of esthetic dental materials. *J Prosthet Dent*. 2019 Dec;122(6):567.e1-567.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.08.022. Epub 2019 Nov 5. PMID: 31699448.
2. Ardu S, Daher R, Di Bella E, Rossier I, Krejci I. Influence of mechanical and chemical degradation on surface gloss of direct and CAD-CAM resin composite materials. *Am J Dent*. 2020 Jun;33(3):157-160. PMID: 32470242.
3. Ardu S, Duc O, Krejci I, Bétrisey E, Di Bella E, Daher R. Gloss retention of direct composites and corresponding CAD/CAM composite blocks. *Clin Exp Dent Res*. 2022 Feb;8(1):282-286. doi: 10.1002/cre2.505. Epub 2021 Oct 14. PMID: 34647425; PMCID: PMC8874089.
4. Arocha MA, Mayoral JR, Lefever D, Mercade M, Basilio J, Roig M. Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions. *Clin Oral Investig*. 2013 Jul;17(6):1481-7. doi: 10.1007/s00784-012-0837-7. Epub 2012 Sep 20. PMID: 22993112.
5. Attin T, Filli T, Imfeld C, Schmidlin PR. Composite vertical bite reconstructions in eroded dentitions after 5-5 years: a case series. *J Oral Rehabil*. 2012 Jan;39(1):73-9. doi: 10.1111/j.1365-2842.2011.02240.x. Epub 2011 Aug 9. PMID: 21827523.
6. Aydın N, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Kılıçarslan MA. Investigating the color changes on resin-based CAD/CAM Blocks. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Mar;32(2):251-256. doi: 10.1111/jerd.12561. Epub 2019 Dec 26. PMID: 31876370.
7. Ballini A, Mastrangelo F, Gastaldi G, Tettamanti L, Bukvic N, Cantore S, Cocco T, Saini R, Desiate A, Gherlone E, Scacco S. Osteogenic differentiation and gene expression of dental pulp stem cells under low-level laser irradiation: a good promise for tissue engineering. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2015 Oct-Dec;29(4):813-22. PMID: 26753641.
8. Berger SB, Coelho AS, Oliveira VA, Cavalli V, Giannini M. Enamel susceptibility to red wine staining after 35% hydrogen peroxide bleaching. *J Appl Oral Sci*. 2008 May-Jun;16(3):201-4. doi: 10.1590/s1678-77572008000300007. PMID: 19089218; PMCID: PMC4327694.
9. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of

^{1*} De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors - Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

the literature. *Dent Mater.* 1997 Jul;13(4):258-69. doi: 10.1016/s0109-5641(97)80038-3. PMID: 11696906.

10. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997 Jul;13(4):258-69. doi: 10.1016/s0109-5641(97)80038-3. PMID: 11696906.

11. Cilli R, Pereira JC, Prakki A. Properties of dental resins submitted to pH catalysed hydrolysis. *J Dent.* 2012 Dec;40(12):1144-50. doi: 10.1016/j.jdent.2012.09.012. Epub 2012 Sep 26. PMID: 23022104.

12. de Jager N, Feilzer AJ, Davidson CL. The influence of surface roughness on porcelain strength. *Dent Mater.* 2000 Nov;16(6):381-8. doi: 10.1016/s0109-5641(00)00030-0. PMID: 10967186.

13. de Moraes Rego Roselino L, Tonani Torrieri R, Sbardelotto C, Alves Amorim A, Noronha Ferraz de Arruda C, Tirapelli C, de Carvalho Panzeri Pires-de-Souza F. Color stability and surface roughness of composite resins submitted to brushing with bleaching toothpastes: An in situ study. *J Esthet Restor Dent.* 2019 Sep;31(5):486-492. doi: 10.1111/jerd.12495. Epub 2019 Jun 2. PMID: 31155860.

14. Dobrzynski M, Pajackowska M, Nowicka J, Jaworski A, Kosior P, Szymonowicz M, Kuroпка P, Rybak Z, Bogucki ZA, Filipiak J, Targonska S, Ciupa-Litwa A, Han A, Wiglusz RJ. Study of Surface Structure Changes for Selected Ceramics Used in the CAD/CAM System on the Degree of Microbial Colonization, In Vitro Tests. *Biomed Res Int.* 2019 Jun 12;2019:9130806. doi: 10.1155/2019/9130806. PMID: 31309119; PMCID: PMC6594334.

15. Etxeberria M, Escuin T, Vinas M, Ascaso C. Useful surface parameters for biomaterial discrimination. *Scanning.* 2015 Nov-Dec;37(6):429-37. doi: 10.1002/sca.21232. Epub 2015 Jul 6. PMID: 26148576.

16. Flury S, Diebold E, Peutzfeldt A, Lussi A. Effect of artificial toothbrushing and water storage on the surface roughness and micromechanical properties of tooth-colored CAD-CAM materials. *J Prosthet Dent.* 2017 Jun;117(6):767-774. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.08.034. Epub 2016 Nov 14. PMID: 27836147.

17. Francisconi LF, Honório HM, Rios D, Magalhães AC, Machado MA, Buzalaf MA. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *Oper Dent.* 2008 Mar-Apr;33(2):203-8. doi: 10.2341/07-77. PMID: 18435196.

18. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am.* 2011

Apr;55(2):333-52, ix. doi: 10.1016/j.cden.2011.01.005. Epub 2011 Mar 3. PMID: 21473997.

19. Hwang S, Chung SH, Lee JT, Kim YT, Kim YJ, Oh S, Yeo IL. Influence of Acid, Ethanol, and Anthocyanin Pigment on the Optical and Mechanical Properties of a Nanohybrid Dental Composite Resin. *Materials (Basel)*. 2018 Jul 18;11(7):1234. doi: 10.3390/ma11071234. PMID: 30021991; PMCID: PMC6073282.

20. Hwang S, Chung SH, Lee JT, Kim YT, Kim YJ, Oh S, Yeo IL. Influence of Acid, Ethanol, and Anthocyanin Pigment on the Optical and Mechanical Properties of a Nanohybrid Dental Composite Resin. *Materials (Basel)*. 2018 Jul 18;11(7):1234. doi: 10.3390/ma11071234. PMID: 30021991; PMCID: PMC6073282.

21. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J*. 2004 Jan 10;196(1):42-5; discussion 31. doi: 10.1038/sj.bdj.4810881. PMID: 14966503.

22. Kulkarni A, Rothrock J, Thompson J. Impact of Gastric Acid Induced Surface Changes on Mechanical Behavior and Optical Characteristics of Dental Ceramics. *J Prosthodont*. 2020 Mar;29(3):207-218. doi: 10.1111/jopr.12716. Epub 2018 Jan 14. PMID: 29333707.

23. Lussi A, Jaeggi T. Erosion--diagnosis and risk factors. *Clin Oral Investig*. 2008 Mar;12 Suppl 1(Suppl 1):S5-13. doi: 10.1007/s00784-007-0179-z. Epub 2008 Jan 29. PMID: 18228059; PMCID: PMC2238777.

24. Matzinger M, Hahnel S, Preis V, Rosentritt M. Polishing effects and wear performance of chairside CAD/CAM materials. *Clin Oral Investig*. 2019 Feb;23(2):725-737. doi: 10.1007/s00784-018-2473-3. Epub 2018 May 16. PMID: 29770877.

25. Milleding P, Wennerberg A, Alaeddin S, Karlsson S, Simon E. Surface corrosion of dental ceramics in vitro. *Biomaterials*. 1999 Apr;20(8):733-46. doi: 10.1016/s0142-9612(98)00223-3. PMID: 10353656.

26. Moraes MN, Silveira WC, Teixeira LEM, Araújo ID. Mechanisms of bacterial adhesion to biomaterials. *Ver Med Minas Gerais* 2013;23(1):96-101

27. Munusamy SM, Yap AU, Ching HL, Yahya NA. Degradation of Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing Composites by Dietary Solvents: An Optical Three-dimensional Surface Analysis. *Oper Dent*. 2020 Jul 1;45(4):E176-E184. doi: 10.2341/19-070-L. PMID: 32101500.

28. Nguyen JF, Migonney V, Ruse ND, Sadoun M. Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. *Dent Mater*. 2012 May;28(5):529-34. doi: 10.1016/j.dental.2011.12.003. Epub 2012 Jan 9. PMID: 22230107.

29. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E, Perez Mdel M. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015 Mar-Apr;27 Suppl 1:S1-9. doi: 10.1111/jerd.12149. Epub 2015 Apr 17. PMID: 25886208.
30. Queiroz CS, Hara AT, Paes Leme AF, Cury JA. pH-cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel de- and remineralization. *Braz Dent J*. 2008;19(1):21-7. doi: 10.1590/s0103-64402008000100004. PMID: 18438555.
31. Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *J Clin Periodontol*. 1995 Jan;22(1):1-14. doi: 10.1111/j.1600-051x.1995.tb01765.x. PMID: 7706534.
32. Rosentritt M, Schneider-Feyrer S, Strasser T, Koenig A, Schmohl L, Schmid A. Thermoanalytical Investigations on the Influence of Storage Time in Water of Resin-Based CAD/CAM Materials. *Biomedicines*. 2021 Nov 26;9(12):1779. doi: 10.3390/biomedicines9121779. PMID: 34944594; PMCID: PMC8698771.
33. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res*. 2014 Dec;93(12):1232-4. doi: 10.1177/0022034514553976. Epub 2014 Oct 24. PMID: 25344335; PMCID: PMC4462808.
34. Schmohl L, Roesner AJ, Fuchs F, Wagner M, Schmidt MB, Hahnel S, Rauch A, Koenig A. Acid Resistance of CAD/CAM Resin Composites. *Biomedicines*. 2022 Jun 11;10(6):1383. doi: 10.3390/biomedicines10061383. PMID: 35740405; PMCID: PMC9220078.
35. Schubert A., Wassmann T., Holtappels M., Kurbad O., Krohn S., Bürgers R. Predictability of Microbial Adhesion to Dental Materials by Roughness Parameters. *Coatings*. 2019;9:456. doi: 10.3390/coatings9070456.
36. Sevimay M, Yücel MT, Tak Ö. Influence of Food Simulating Solutions on the Hardness of Composite Resins. *Journal of Composite Materials*. 2008;42(1):69-75. doi:10.1177/0021998307086205
37. Shabaniyan M, Richards LC. In vitro wear rates of materials under different loads and varying pH. *J Prosthet Dent*. 2002 Jun;87(6):650-6. doi: 10.1067/mpr.2002.125609. Erratum in: *J Prosthet Dent* 2002 Nov;88(5):554. PMID: 12131888.
38. Soares LE, Soares AL, De Oliveira R, Nahórny S. The effects of acid erosion and remineralization on enamel and three different dental materials: FT-Raman spectroscopy and scanning electron microscopy analysis. *Microsc Res Tech*. 2016 Jul;79(7):646-56. doi: 10.1002/jemt.22679. Epub 2016 May 4. PMID: 27145291.

39. Stawarczyk B, Sener B, Trottmann A, Roos M, Ozcan M, Hämmerle CH. Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/CAM blocks versus glass-ceramic: effect of storage media, duration, and subsequent polishing. *Dent Mater J.* 2012;31(3):377-83. doi: 10.4012/dmj.2011-238. Epub 2012 May 14. PMID: 22673470.
40. Takahashi N, Yabuki C, Kurokawa H, Takamizawa T, Kasahara Y, Saegusa M, Suzuki M, Miyazaki M. Influence of surface treatment on bonding of resin luting cement to CAD/CAM composite blocks. *Dent Mater J.* 2020 Sep 29;39(5):834-843. doi: 10.4012/dmj.2019-247. Epub 2020 May 19. PMID: 32435009.
41. Tan BL, Yap AU, Ma HN, Chew J, Tan WJ. Effect of beverages on color and translucency of new tooth-colored restoratives. *Oper Dent.* 2015 Mar-Apr;40(2):E56-65. doi: 10.2341/149027-L. Epub 2014 Oct 2. PMID: 25275960.
42. Taskonak B, Sertgöz A. Two-year clinical evaluation of lithia-disilicate-based all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Dent Mater.* 2006 Nov;22(11):1008-13. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.028. Epub 2005 Dec 20. PMID: 16375961.
43. Tsitrou EA, Northeast SE, van Noort R. Brittleness index of machinable dental materials and its relation to the marginal chipping factor. *J Dent.* 2007 Dec;35(12):897-902. doi: 10.1016/j.jdent.2007.07.002. Epub 2007 Oct 30. PMID: 17977638.
44. van Groeningen G, Jongebloed W, Arends J. Composite degradation in vivo. *Dent Mater.* 1986 Oct;2(5):225-7. doi: 10.1016/S0109-5641(86)80018-5. PMID: 3468026.

ANEXOS

Anexo 1 – Verificação de originalidade e prevenção de plágio

ESTABILIDADE DE COR, RETENÇÃO DE BRILHO E RUGOSIDADE DE MATERIAIS POLIMÉRICOS DO SISTEMA CAD/CAM SUBMETIDOS AO DESAFIO EROSIVO/ABRASIVO AGRESSIVO E A PIGMENTAÇÃO COM VINHO TINTO.

RELATÓRIO DE ORIGINALIDADE



FONTES PRIMÁRIAS

1	sbpgo.org.br Fonte da Internet	1%
2	www.andradas.mg.gov.br Fonte da Internet	1%
3	idoc.pub Fonte da Internet	1%
4	Natália Nascimento ODILON, Max José Pimenta LIMA, Patrícia Leite RIBEIRO, Roberto Paulo Correia de ARAÚJO et al. "Avaliação in vitro do efeito de dentifrícios branqueadores contendo blue covarine sobre o esmalte dentário bovino", Revista de Odontologia da UNESP, 2018 Publicação	1%
5	teses.usp.br Fonte da Internet	<1%

docplayer.com.br