



FACULDADE DE
MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

ARTIGO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA
DENTÁRIA

**ANÁLISE DA SUPERFÍCIE DE RESINAS COMPOSTAS
RESTAURADORAS HÍBRIDAS EXPERIMENTAIS COM
PARTÍCULAS DE CARGA IRREGULARES POROSAS –
REVISÃO E ATUALIZAÇÃO**

**SURFACE ANALYSIS OF EXPERIMENTAL HYBRID
RESTORATIVE COMPOSITES WITH POROUS
IRREGULAR FILLER PARTICLES – REVIEW AND
UPDATE**

Matheus Henrique Pires

Orientador: Ana Isabel Pereira Portela

Porto, 2023

U. PORTO



**FACULDADE DE
MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DO PORTO**

Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

**Análise da superfície de resinas compostas restauradoras híbridas
experimentais com partículas de carga irregulares porosas – revisão e
atualização**

Autor

Matheus Henrique Pires

Aluno do 5º Ano do Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Número do estudante: 202201701

Contato telefónico: 939338573

Correio eletrónico: mhpires95@gmail.com

Orientador

Professora Doutora Ana Isabel Pereira Portela

Grau Académico: Doutoramento em Medicina Dentária

Título Profissional: Professora Auxiliar do Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Correio eletrónico: aportela@fmd.up.pt

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por toda as oportunidades que tenho e que sempre me guia e conduz, obrigado senhor por toda a luz em meu caminho;

Gostaria de agradecer em seguida a minha família, principalmente a minha mãe e meu pai, Sônia e Helcio, por todo o suporte e amor, assim como também minha irmã Layz. Amo vocês demais;

Muita gratidão por todos os amigos que também puderam de certa forma contribuir para toda essa caminhada, sem vocês nada disso seria possível e vou leva-los em meu coração;

Agradecimento especial também a minha orientadora Ana Portela, por toda simpatia e carinho com esse trabalho, muito obrigado pela atenção e sabedoria;

E por fim, quero também demonstrar minha gratidão a vida, por sempre poder crescer tanto como pessoa, como profisionalmente. É sempre importante estarmos felizes por todas as oportunidades.

Porto, 2023

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO/OBJETIVOS.....	13
COMPOSIÇÃO DOS COMPÓSITOS RESINOSOS	14
UNIÃO QUÍMICA PELO SILANO.....	14
PARTÍCULAS POROSAS DE CARGA	15
MATERIAIS E MÉTODOS	18
RESULTADOS	19
TESTES DAS PROPRIEDADES BIOMECÂNICAS.....	20
TESTE DE SOLUBILIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA	20
TESTE DE DUREZA	22
TESTE DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL.....	23
TESTE DE GRAU DE CONVERSÃO MONOMÉRICA	24
TESTE DE MODULO DE FLEXÃO	26
DISCUSSÃO.....	31
CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 COMPARAÇÃO ABSORÇÃO/SOLUBILIDADE DE ÁGUA	21
TABELA 2 COMPARAÇÃO MICRO-DUREZA.....	23
TABELA 3 COMPARAÇÃO RUGOSIDADE SUPERFICIAL	24
TABELA 4 COMPARAÇÃO DE GRAU DE CONVERSÃO	26
TABELA 5 COMPARAÇÃO DE FORÇA DE FLEXÃO	28
TABELA 6 ESTUDOS SELECIONADOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 REAÇÃO DE UNIÃO DO SILANO COM A PARTÍCULA INORGÂNICA E A MATRIZ ORGÂNICA	15
FIGURA 2 SUPERFÍCIE DAS PARTÍCULAS DE BABSÍ TRATADAS COM ÁCIDO FLUORÍDRICO 5%	16
FIGURA 3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE BUSCA E SELEÇÃO DOS ARTIGOS	19

RESUMO

Introdução: Os compósitos resinosos tornaram-se um componente essencial da medicina dentária restauradora, levando à constante investigação e inovação. A construção de uma interação mais eficiente entre a matriz orgânica e inorgânica, por meio do embricamento micromecânico, através da criação de poros na superfície das partículas de vidro, evitando o uso de silano como agente de união químico, é uma linha de investigação que pretende melhorar as propriedades das resinas compostas.

Objetivos: Comparação entre resinas silanizadas (comerciais e de laboratório) e resinas com partículas porosas de carga, silanizadas ou não, partindo do trabalho laboratorial de Vanessa *et al.* de 2018 (Avaliação de propriedades mecânicas e físico-químicas de compósitos restauradores híbridos experimentais com partículas de carga irregulares porosas) de forma a rever e atualizar os resultados obtidos.

Materiais e Métodos: Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados PubMed, Web of Science e SciELO, considerando os critérios de inclusão e exclusão: período entre 2018 a 2023; testes de absorção e solubilidade de água, microdureza, grau de conversão monomérica, rugosidade da superfície e módulo de flexão.

Resultados: Considerando a metodologia utilizada no trabalho de Vanessa *et al.* 2018 foram selecionados cinco estudos que possuíam resultados comparáveis com os obtidos no estudo de referência, de forma a poder atualizar os mesmos.

Discussão: A criação de poros nas partículas de carga da matriz inorgânica podem gerar consequências negativas em diversas propriedades da resina composta, e assim como o silano, a sua utilização possui tanto aspetos positivos quanto negativo.

Conclusão: Substituir o silano por poros nas partículas inorgânicas de um compósito resinoso pode reduzir a hidroliticidade, mas também diminui outras propriedades biomecânicas, portanto não necessariamente sendo uma opção superior

Palavras-chave: Resinas compostas, silano, partículas porosas, dureza superficial, solubilidade e sorção em água, rugosidade, resistência à flexão, módulo de flexão e conversão monomérica.

ABSTRACT

Introduction: Resin composites have become an essential component of restorative dentistry, leading to constant research and innovation. The construction of a more efficient interaction between the organic and inorganic matrix, through micromechanical embedding, through the creation of pores on the surface of the glass particles, avoiding the use of silane as a chemical union agent, is a line of investigation that intends to improve the properties of composite resins.

Objectives: Comparison between silanized resins (commercial and laboratory) and resins with porous filler particles, silanized or not, based on the laboratory work of Vanessa et al. de 2018 (Evaluation of mechanical and physical-chemical properties of experimental hybrid restorative composites with porous irregular filler particles) to review and update the results obtained.

Materials and Methods: A search was carried out in the PubMed, Web of Science and SciELO databases, considering the inclusion and exclusion criteria: period between 2018 and 2023; tests for water absorption and solubility, microhardness, degree of monomer conversion, surface roughness and flexural modulus.

Results: Five studies of current dates were selected that had results of water absorption and solubility, microhardness, degree of monomeric conversion, surface roughness and flexion modulus along the same lines as the work by Vanessa et al. 2018 for update.

Discussion: The porous creation in the filler particles of the inorganic matrix can have negative consequences on several properties of the composite resin, and just like the silane, its use has both positive and negative aspects.

Conclusion: Replacing silane with pores in the inorganic particles of a resin composite can reduce hydrolytic degradation but also decreases other biomechanical properties, therefore not necessarily being a better option.

Keywords: Resin composite, silane, porous particles, hardness surface, water solubility and sorption, roughness, flexural strength, and degree of

conversion.

INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

Nos últimos cinquenta anos, as resinas compostas tornaram-se um componente essencial da medicina dentária restauradora. O uso destes materiais foi aprimorado graças a inúmeras melhorias no campo, o que levou a uma expansão significativa da suas indicações clínicas e a resultados excelentes e consistentes. Como resultado, a utilização de materiais compostos é agora fundamental para procedimentos de restauração dentária.⁽¹⁾

As resinas compostas dentárias são constituídas por três componentes principais: uma matriz de resina orgânica, partículas inorgânicas de carga distribuídas na matriz e um agente de acoplamento, o silano que é usado para revestir as partículas e promover a ligação química entre elas e a matriz de resina⁽¹⁾. Além desses componentes, as resinas compostas também contêm iniciadores para a reação de polimerização, inibidores para prevenir a polimerização espontânea e pigmentos para obter uma ampla gama de cores que seja compatível com os dentes.⁽²⁾

A conexão interfacial entre as partículas inorgânicas e a matriz orgânica é normalmente estabelecida por meio do tratamento químico com silano ou agentes aditivos. No entanto, as ligações éster e silano podem ser hidrolisadas em meio oral, o que pode levar ao desprendimento das partículas na interface com a matriz e conseqüentemente diminuição do desempenho mecânico.⁽³⁾

A efetiva ligação entre o agente de união silano e a matriz polimérica tem demonstrado reduzir a degradação do material⁽⁴⁾, aumentar a resistência à fratura das partículas de carga⁽⁵⁾ e melhorar a transmissão de tensões entre a matriz polimérica e a fase inorgânica da resina.⁽⁶⁾ Na formulação de compósitos dentários, o MPTS (γ -metacriloxipropil-1-trimetoxisilano) é o silano mais frequentemente utilizado.

Para solucionar essa questão, Bowen *et al.* propuseram, no seu estudo publicado em 1976, a construção de uma interação mais eficiente entre a matriz orgânica e inorgânica, por meio do embricamento micromecânico, através da criação de poros na superfície das partículas de vidro, o que resultou em num aumento positivo da resistência.^(7, 8)

O comportamento mecânico das resinas compostas restauradoras é amplamente influenciado pela estrutura da carga que é utilizada.⁽⁷⁾ Os materiais

porosos, em especial as partículas de sílica porosa, são amplamente utilizados como carga inorgânica em resinas compostas dentárias, pois possuem potencial para criar intertravamentos micromecânicos nas interfaces carga/matriz de resina. Isso é de grande interesse em diversas áreas.⁽⁹⁾

Foram desenvolvidas diversas novas resinas compostas que contêm cargas de sílica mesoporosas, com o objetivo de melhorar as propriedades reológicas e a interface entre a carga e a matriz de resina.⁽³⁾

No estudo laboratorial realizado por De Lima *et al.* 2018, foram utilizadas partículas de BaBSicom com tamanho médio de 7,5 µm e nanopartículas de SiO₂ de 40 nm com o objetivo de aumentar a porosidade. Essas partículas foram submetidas a diferentes tempos de condicionamento com solução de HF a 5%, para avaliar diferentes graus de porosidade, tanto em partículas silanizadas como não-silanizadas.⁽¹⁰⁾

Pretende-se assim fazer a comparação entre compósitos resinosos com partículas de carga porosas tratadas com ácido fluorídrico HF 5% sem agente químico de união e compósitos resinosos também tratados com ácido fluorídrico e também com agente químico de união silano.⁽¹¹⁾

A hipótese experimental consiste no facto de que o condicionamento ácido pode interferir nas propriedades mecânicas e físico-químicas, bem como na degradação hidrolítica.

COMPOSIÇÃO DOS COMPÓSITOS RESINOSOS

A UNIÃO QUÍMICA PELO SILANO

Aprofundando mais na estrutura, conseguimos ver como que é feita a junção do silano com as outras estruturas, a superfície da sílica, da parte da partícula inorgânica/superfície de carga, liga-se ao agente de união por uma ligação covalente entre o silício e o oxigênio e por uma ponte de hidrogênio. E a união do silano com a matriz orgânica da-se por ligação dupla entre carbonos. Dessa forma, entende-se que o processo de união dê-se quimicamente.⁽¹²⁾

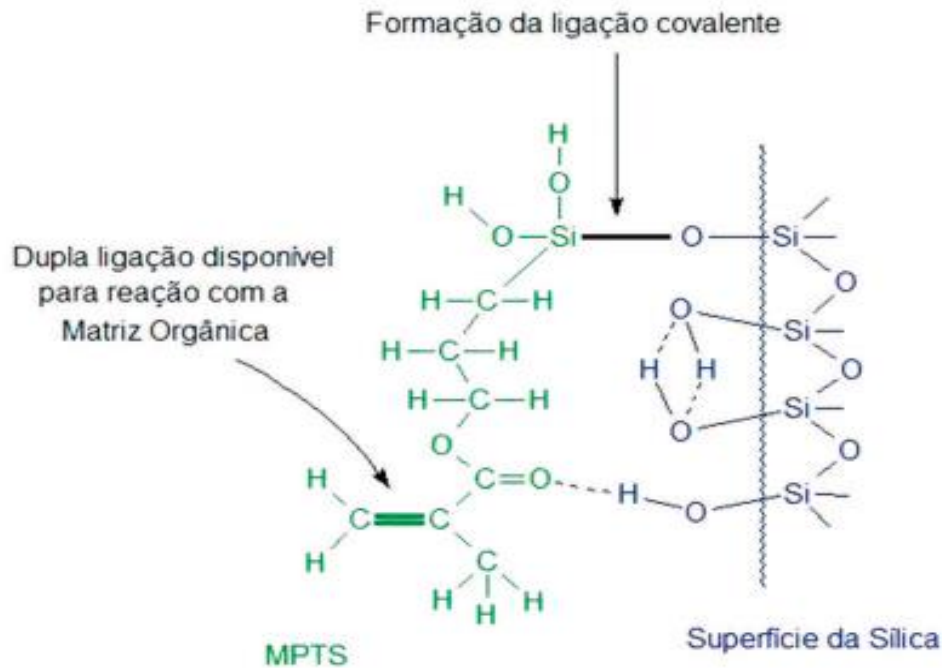


Figura 1. Reação de união do silano com a partícula inorgânica e a matriz orgânica, de Larissa Calvalcante *et al.* 2014. Silanização de partículas de carga de compósitos odontológicos – revisão de literatura. Revista da Faculdade de Odontologia – UPF ⁽²⁸⁾

A relação entre a matriz de resina e as cargas é de extrema importância para garantir a longevidade das restaurações. Para estabelecer uma ligação interfacial, comumente é realizado um tratamento da superfície das cargas com agentes de acoplamento de silano.⁽⁵⁾ No entanto, as ligações éster e silanol podem ser hidrolisadas na boca, absorvendo água, o que pode resultar em uma perda da adesão entre a carga e a matriz, afetando o desempenho mecânico da restauração e sua longevidade.⁽¹³⁾

PARTICULAS POROSAS DE CARGA

Em estudo de laboratório, de De Lima *et al.* 2018, foram sintetizados onze compósitos experimentais com partículas de carga de BaBSI, submetidos ao tratamento com HF 5% em três diferentes tempos (15, 30 e 45 segundos). Sendo eles quatro silanizados (sendo um compósito para controle, sem tratamento) e quatro não silanizados.

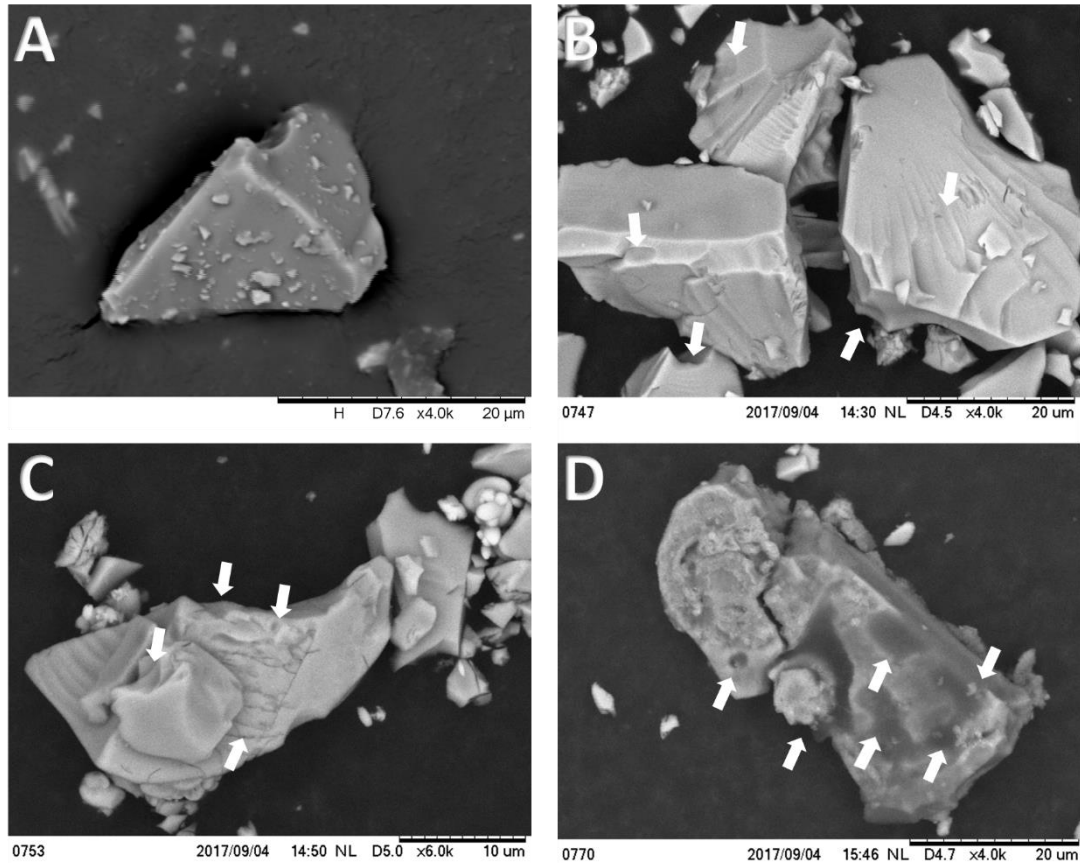


Figura 2. As imagens acima demonstram a superfície das partículas de BaBSi tratadas com ácido fluorídrico 5%, de De Lima VS. 2018. Avaliação de propriedades mecânicas e físico-químicas de compósitos restauradores híbridos experimentais com partículas de carga irregulares **porosas [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Odontologia. ⁽¹⁰⁾**

No mesmo estudo, as imagens da figura 2 demonstram a superfície de partículas de BaBSi tratados com HF 5%. Sendo A: não tratado; B: 15 segundos; C: 30 segundos; D: 45 segundos

Sendo assim, o tratamento das partículas de BaBSi com ácido hidrófluorídrico permite a geração de poros na superfície da mesma com o objetivo de aumentar o embricamento mecânico na união com a matriz orgânica⁽¹⁴⁾ e, conseqüentemente, evitar a utilização do agente silano, com obtivo de reduzir assim sua degradação hidrolítica.^(7, 1)

Partindo do trabalho realizado por De Lima *et al.* de 2018, que utilizou partículas de carga irregulares porosas de forma a diminuir, controlar a característica hidrolítica do silano, pretendeu-se com o presente estudo rever e atualizar os resultados obtidos através da comparação entre resinas silanizadas comerciais e as resinas com partículas de carga porosas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados PubMed, Web of Science e SciELO, utilizando as seguintes palavras-chave em diferentes associações:

Palavras-Chave: Resinas compostas, silano, partículas porosas, dureza superficial, solubilidade e sorção em água, rugosidade, resistência à flexão, módulo de flexão e conversão monomérica.

Keywords: Resin composite, silane, porous particles, hardness surface, water solubility and sorption, roughness, flexural strength, and degree of conversion

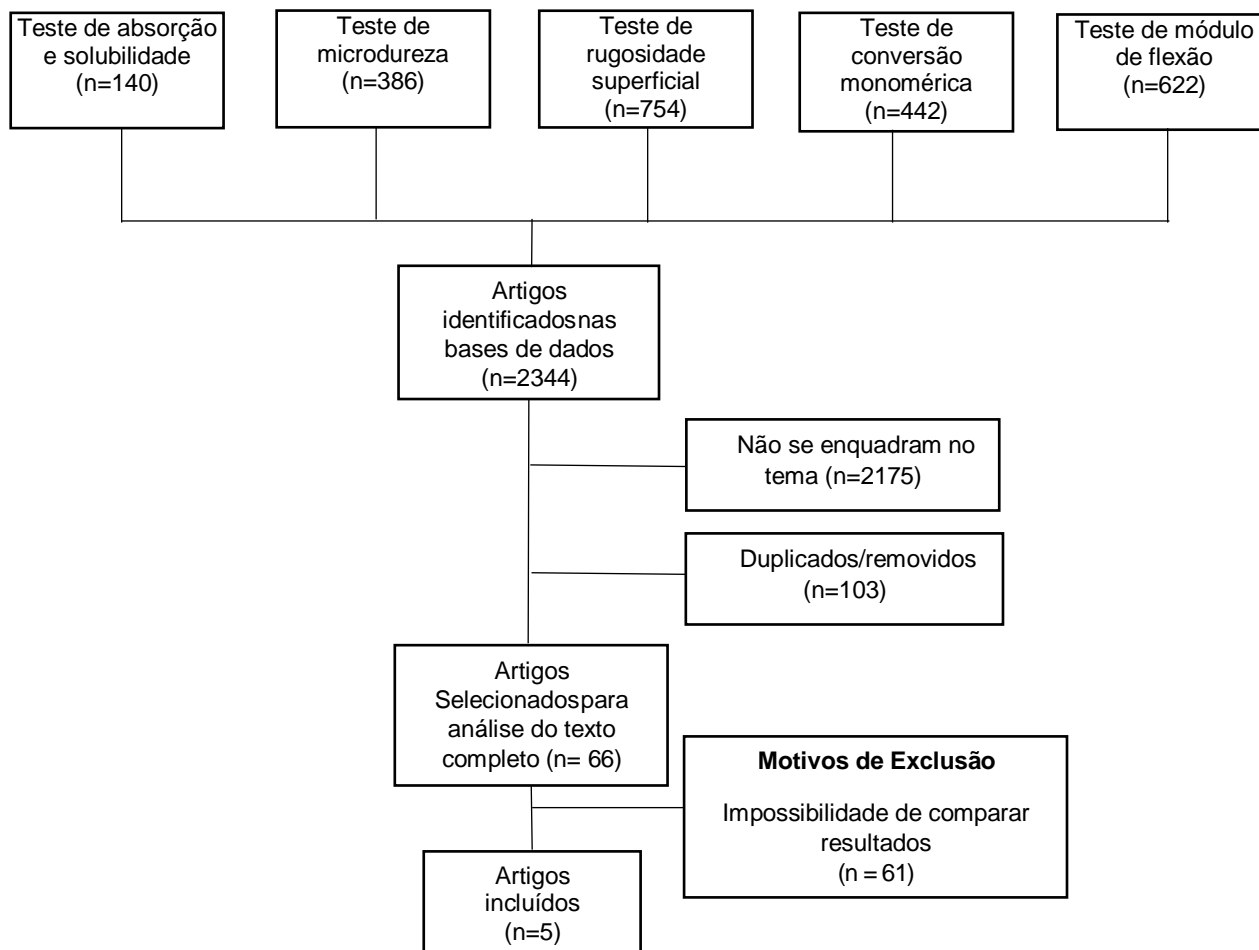
Com o filtro temporal foram selecionados os publicados nos últimos 5 anos com texto integral disponível nos idiomas português, inglês e espanhol.

Os títulos e resumos dos artigos encontrados foram lidos e avaliados individualmente, sendo incluídos e lidos na íntegra aqueles que possuíam relevância para o tema. Foram excluídos os artigos que não demonstraram relevância para o tema.

Os estudos selecionados possuíam resultados de absorção e solubilidade de água, microdureza, grau de conversão monomérica, rugosidade da superfície e módulo de flexão nos mesmos moldes, possíveis de comparar com o trabalho de De Lima *et al.* 2018, de forma a se poder fazer a sua atualização.

RESULTADOS

Figura 3. Fluxograma do processo de busca e seleção dos artigos



Para o teste de absorção e solubilidade foram encontrados 140 resultados com o termo “water sorption solubility dental composite” ou “Absorção e solubilidade de água”, dos quais 67 foram duplicados, 65 não estavam de acordo com o tema e 7 apresentavam resultados em formato diferente para comparação. Foi selecionado 1 artigo.

Para o teste de microdureza foram encontrados 386 resultados com o termo “microhardness dental composite” ou “dureza resina dental”, dos quais 15 foram duplicados, 360 não estavam de acordo com o tema e 10 apresentavam resultados em formato diferente para comparação. Foi selecionado 1 artigo.

Para o teste de rugosidade superficial foram encontrados 754 resultados com o termo “roughness dental composite” ou “rugosidade resina dental”, dos quais 11 foram duplicados, 730 não estavam de acordo com o tema e 12

apresentavam resultados em formato diferente para comparação. Foi selecionado 1 artigo.

Para o teste de conversão monomérica foram encontrados 442 resultados com o termo “flexural strength dental composite” ou “conversão monomérica resina dental”, dos quais 4 foram duplicados, 420 não estavam de acordo com o tema e 17 apresentavam resultados em formato diferente para comparação. Foi selecionado 1 artigo.

Para o teste de módulo de flexão foram encontrados 622 resultados com o termo “flexural strength dental composite” ou “flexão resina dental”, dos quais 6 foram duplicados, 600 não estavam de acordo com o tema e 15 apresentavam resultados em formato diferente para comparação. Foi selecionado 1 artigo.

TESTES DAS PROPRIEDADES BIOMECÂNICAS

TESTE DE SOLUBILIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água ocorre através de um processo difusivo, que resulta num aumento de volume e inchaço do material, que ao longo do tempo, pode levar à degradação hidrolítica do material e à diminuição das suas propriedades mecânicas. A composição da matriz, o grau de conversão, o tipo, a forma, o tamanho e a porcentagem da carga podem influenciar a absorção e a solubilidade do material.⁽¹⁵⁾

Em De Lima *et al.* 2018, foram produzidos 5 espécimes de cada compósito utilizando uma matriz bipartida de diâmetro 6 mm e altura 1 mm. Após o preenchimento da matriz e a colocação de tiras de poliéster e lamínulas de vidro, os espécimes foram comprimidos com uma carga de 0,5 kg por 30 segundos. Em seguida, foram fotoativados por 30 segundos e inspecionados para descartar imperfeições. Os espécimes foram então colocados num dessecador com sílica gel azul e mantidos em estufa a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas. As medições de massa, diâmetro e espessura foram realizadas em intervalos de 24 horas. Após, os espécimes foram imersos em água destilada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ por 7 dias, retirados, secos e pesados em intervalos regulares até atingir estabilidade de absorção. Posteriormente, foram submetidos a outro processo de secagem até alcançarem nova massa constante.⁽¹⁰⁾

Em Huang W *et al.* 2022, foram fabricadas 55 amostras de 1 mm

de espessura e 15 mm de diâmetro, usando um molde de anel de teflon. Após a remoção das irregularidades periféricas com papel de carbetto de silício de granulação 1000, as amostras foram armazenadas em um dessecador a 37 ± 1 °C com gel de sílica indicador de umidade. Após a secagem, os diâmetros e a espessura das amostras foram medidos, e seus volumes foram calculados. As amostras foram então imersas em água destilada a 37 ± 1 °C por sete dias, pesadas após a remoção e secagem, e o peso final foi registrado. Esse processo foi repetido até que as amostras alcançassem um peso estável, para o cálculo da solubilidade.⁽¹⁶⁾

Ambos os investigadores respeitaram a fórmula em ($\mu\text{g} / \text{mm}^3$):

$$S = \frac{m_1 - m_3}{V}$$

$$A = \frac{m_2 - m_3}{V}$$

Tabela 1 – Comparação Absorção/Solubilidade de água ($\mu\text{g} / \text{mm}^3$)

Compósito Huang W <i>et al.</i> 2022	Absorção de água($\mu\text{g}/$ mm^3)	Solubilidade de água($\mu\text{g}/$ mm^3)	Compósito De Lima <i>et</i> <i>al.</i> 2018	Absorção de água($\mu\text{g}/$ mm^3)	Solubilidade de água($\mu\text{g}/ \text{mm}^3$)
B2 (Beautiful II)	23,73 \pm 0,54 ^d	0,85 \pm 0,49 ^a	NTNS	18,5 \pm 0,3 ^c	0,42 \pm 0,16 ^d
F03 (Beautiful Flow Plus)	30,11 \pm 0,52 ^b	0,89 \pm 0,18 ^a	15segNS	18,57 \pm 0,49 ^a	2,50 \pm 1,9 ^{cd}
CXU (Ceram.X One Universal)	16,58 \pm 0,34 ^f	0,31 \pm 0,21 ^a	30segNS	19,9 \pm 0,5 ^c	2,14 \pm 0,4 ^{cd}
CS (Charisma)	21,2 \pm 0,42 ^e	7,04 \pm 1,79 ^c	45segNS	20,0 \pm 1,0 ^c	4,99 \pm 1,3 ^c
CD (Charisma Diamond)	20,94 \pm 0,38 ^e	5,7 \pm 0,38 ^c	Charisma	16,0 \pm 1,5	2,89 \pm 2,6
DF (Denfil)	19,14 \pm 0,49 ^g	1,11 \pm 0,49 ^a	NTSIL	17,75 \pm 1,6 ^c	2,5 \pm 0,5 ^{cd}
DXU (DX.Universal)	17,00 \pm 0,17 ^b	1,36 \pm 0,57 ^a	15segSIL	89,44 \pm 1,5 ^b	21,71 \pm 2,4 ^b
Z250 (Filtek Z250)	17,79 \pm ,041 ^b	0,77 \pm 0,17 ^a	30segSIL	18,54 \pm 1,3 ^c	3,09 \pm 1,9 ^{cd}
Z350 (Filtek Z350 XT)	32,62 \pm 1,21 ^c	2,95 \pm 0,51 ^b	45segSIL	106,0 \pm 2,1 ^a	31,21 \pm 2,5 ^a

MP (Magnafill Putty)	14,32 ± 0,4 ^a	0,51 ± 0,33 ^a
TNC (Tetric N-Ceram)	18,00 ± 0,46 ^a	1,03 ± 0,17 ^a

TESTE DE DUREZA

A resistência de um material às forças oclusais pode ser expressa por várias propriedades mecânicas, incluindo a dureza da sua superfície. A dureza mede a capacidade de um material resistir à indentação ou penetração permanente. O teste de dureza tem sido aplicado aos materiais restauradores para prever a sua resistência ao desgaste e capacidade de abrasão, ou seja, a sua capacidade de ser desgastado pela estrutura dentária oposta ou pelo material utilizado.⁽¹⁷⁾

Em De Lima *et al.* 2018, foram confeccionados 5 espécimes de cada compósito usando uma matriz metálica (diâmetro = 3 mm, altura = 2 mm). Os espécimes foram fotoativados por 30 segundos, com irradiância de 650 mW/cm², utilizando uma matriz de poliéster e uma lâmina de vidro de 0,3 mm de espessura. As superfícies não-irradiadas foram marcadas e os espécimes armazenados em recipientes plásticos. Após 24 horas, os espécimes foram embutidos em resina epóxica e polidos com lixas de carbetto de silício. A dureza foi avaliada com cinco indentações (carga de 50g por 15 segundos) em pontos espaçados de aproximadamente 500µm, após 24 horas de armazenagem em ambiente escuro.⁽¹⁰⁾

Em El-Safty *et al.* 2020, foram preparados 10 discos de cada material (15 mm de diâmetro e 2 mm de espessura) para testes de rugosidade e dureza. O material foi compactado ou injetado em um molde metálico. Lâminas de vidro cobertas com filmes de poliestireno foram posicionadas nas superfícies superior e inferior e pressionadas manualmente para remover o excesso de material. A fotopolimerização foi feita com uma unidade de luz visível por 40 segundos em pontos sobrepostos. O excesso de material foi removido após polimento e os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 horas antes dos testes. A dureza foi avaliada usando um testador de microdureza, com carga de 200g por 10s. Cada espécime foi fixado e submetido a cinco indentações igualmente espaçadas. Foram evitadas indentações próximas a 1 mm das anteriores ou das bordas do espécime. A média das cinco indentações foi calculada e utilizada

como a dureza do material, considerando a média dos dez espécimes examinados.⁽¹⁸⁾

Tabela 2 – Comparação de Micro-dureza

Compósitos El-Safty <i>et al.</i> 2020	Microdureza	Compósitos De Lima <i>et al.</i> 2018	Microdureza
SureFil SDR Flow (SF)	52,1 ± 3,7 ^a	NTNS	54,47 ± 2,84 ^b
Venus Bulk Fill (VB)	49,8 ± 2,9 ^a	15segNS	45,27 ± 2,71 ^c
Tetric EvoCeram Bulk Fill (TE)	75,6 ± 4,3 ^b	30segNS	60,13 ± 2,44 ^{ab}
Beautiful Flow Plus F03 (BE)	63,8 ± 3,1 ^c	45segNS	57,88 ± 2,84 ^{ab}
GrandioSo (GS)	97,3 ± 3,6 ^d	Charisma	48,87 ± 3,12
		NTSIL	63,19 ± 1,91 ^a
		15segSIL	55,27 ± 1,86 ^b
		30segSIL	64,18 ± 2,35 ^a
		45segSIL	53,3 ± 1,91 ^b

TESTE DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A rugosidade da superfície é uma característica crucial das resinas compostas, uma vez que uma superfície lisa pode proporcionar melhores resultados estéticos e conforto para o paciente.⁽¹⁹⁾ Além disso, essa propriedade reduz a descoloração, facilita a higienização, minimiza a adesão bacteriana, diminui a inflamação dos tecidos, reduz o risco de cárie secundária, previne a retenção de biofilme e diminui o risco de fraturas.⁽²⁰⁾

No trabalho de De Lima *et al.* 2018, foram confeccionados 5 espécimes cilíndricos utilizando uma matriz metálica bipartida. Os compósitos foram inseridos na matriz e submetidos a compressão para eliminar porosidades. Em seguida, os espécimes foram fotoativados em ambos os lados e tiveram suas superfícies polidas manualmente. Todos os espécimes foram submetidos a escovação mecânica em uma máquina de simulação de escovação. A escovação foi realizada por um período correspondente a um ano, totalizando 14.600 ciclos, com uma proporção de pasta/saliva artificial de 1:2. O dentífrico utilizado foi

Colgate Total 12 Clean Mint e as escovas foram Oral B Indicator Plus Macia. Durante os ciclos, um peso de 79g foi aplicado para exercer força. ⁽¹⁰⁾

No trabalho de Silikas *et al.* 2021, foram preparados 5 espécimes cilíndricos de cada compósito (15 mm x 2 mm). Um simulador de escova de dentes foi utilizado para simular a escovação dos espécimes com escovas de dentes comuns. Foi aplicada uma pasta de dentes comercial misturada com água. A carga aplicada durante a escovação simulada foi de 2,5N. Foram realizados 10.000 e 15.000 ciclos de escovação, considerando 14.600 ciclos como um ano inteiro. A rugosidade superficial foi medida após diferentes números de ciclos. Após cada ciclo, os espécimes foram limpos em um banho de água ultrassônico para remover resíduos. ⁽²¹⁾

Tabela 3 – Comparação Rugosidade Superficial

Compósitos Silikas <i>et al.</i> 2021	Rugosidade Inicial	Rugosidade após 15,000 ciclos	Rugosidade após 20,000 ciclos	Compósitos De Lima <i>et al.</i> 2018	Rugosidade Inicial	Rugosidade após 16,500 ciclos
Admita Fusion	0.22 ± 0.01	0.49 ± 0.1	0.49 ± 0.10	NTNS	0,32±0,09 ^a	0,9±0,33 ^b
Tetric EvoCeram	0.17 ± 0.02	0.32 ± 0.09	0.39 ± 0.05	15secNS	0,58±0,33 ^a	1,34±0,67 ^a
Venus Diamond	0.14 ± 0.02	0.37 ± 0.05	0.39 ± 0.14	30secNS	0,60±0,09 ^a	1,68±0,74 ^b
Mean	0.18 ± 0.04	0.40 ± 0.05 ^{ab}	0.42 ± 0.11 ^{ac}	45secNS	0,64±0,21 ^a	1,33±0,39 ^b
				Charisma	0,75±0,28	3,05±1,7
				NTSIL	0,69±0,37 ^a	0,90±0,39 ^a
				15secSIL	0,78±0,34 ^a	1,48±0,39 ^b
				30secSIL	0,61±0,21 ^a	0,84±0,42 ^a
				45secSIL	0,75±0,28 ^a	1,91±0,37 ^b

TESTE DE GRAU DE CONVERSÃO MONOMÉRICA

A quantidade de ligações duplas quebradas durante a reação de polimerização, expressa como o grau de conversão monomérica (DC%), pode estar diretamente relacionada a várias propriedades mecânicas e à biocompatibilidade de um material. Quando há poucos monômeros não reagidos, a probabilidade de lixiviação é baixa. ⁽²²⁾

Em De Lima *et al.* 2018, todos os espectros foram obtidos na faixa de 650-4000 cm^{-1} com media de 36 varreduras e resolução de 4 cm^{-1} . A correção de linha de base foi realizada na região entre 1590 e 1660 cm^{-1} . A porcentagem de ligações duplas de carbono-carbono não reagidas (C=C) foi determinada a partir da relação das intensidades de absorção das ligações vinílicas alifáticas de metacrilato C=C (pico em 1638 cm^{-1}) em relação ao padrão interno (C=C de bisfenol aromático, pico em 1608 cm^{-1}) para resina composta não polimerizada e polimerizada. ⁽¹⁰⁾

Em Strini *et al.* 2022, as amostras foram preparadas utilizando um molde de silicone com diâmetro interno de 8 mm e altura de 4mm. A resina convencional foi inserida em incrementos de 2 mm, seguindo a técnica incremental, enquanto as resinas Bulk-Fill foram inseridas em incrementos únicos de 4 mm. Cada incremento foi fotopolimerizado de acordo com o tempo recomendado pelo fabricante. Uma placa de vidro foi utilizada para obter uma superfície plana antes da fotopolimerização. As amostras foram removidas do molde e armazenadas a seco por 24 horas em um local protegido da luz. Grau de conversão das superfícies inferiores (n = 5) foi medido por Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier. Espectros obtidos na faixa de 650 a 4000 cm^{-1} , com 32 varreduras e resolução de 4 cm^{-1} . Correção de linha de base aplicada entre 1590 e 1660 cm^{-1} . A porcentagem de ligações C=C não reagidas foi determinada pela relação entre as intensidades de absorção dos grupos vinílicos alifáticos de metacrilato C=C (pico em 1638 cm^{-1}) e um padrão interno (C=C aromático de bisfenol, pico em 1608 cm^{-1}), comparando resina não polimerizada e polimerizada. ⁽²³⁾

Ambos os pesquisadores seguiram a seguinte fórmula para cálculo do grau de conversão monomérica:

$$GC\% = 100 \times \{1 - (R_{\text{polimerizado}} / R_{\text{não polimerizado}})\},$$

Onde R = integral da banda em 1639 cm^{-1} / integral da banda em 1609 cm^{-1}

Tabela 4 – Comparação de Grau de Conversão

Compósitos	Grau de Conversão (DC%)	Compósitos	Grau de Conversão (DC%)
FBF (Filtek Bulk Fill)	36,59 ± 6,61 ^c	NTNS	57,51 ± 1,0 ^a
TNC (Tetric N-Ceram Bulkfill)	47,50 ± 3,07 ^b	15segNS	57,42 ± 0,9 ^a
SF2 (SonicFill 2)	63,66 ± 2,31 ^a	30segNS	57,43 ± 3,0 ^a
FZ350 (Filtek Z 350)	53,84 ± 1,30 ^b	45segNS	58,94 ± 4,8 ^a
		Charisma	45,54 ± 3,2
		NTSIL	62,28 ± 4,8 ^a
		15segSIL	47,60 ± 6,6 ^c
		30segSIL	55,16 ± 5,3 ^{ab}
		45segSIL	49,72 ± 5,3 ^c

TESTE DE MÓDULO DE FLEXÃO

Ao selecionar materiais de resina composta para uso clínico em dentes, é importante considerar a resistência à flexão. Durante a mastigação, as restaurações estão sujeitas a forças compressivas e de flexão. A resistência à flexão é um fator crítico, pois reflete a capacidade do material de resistir às tensões de tração e compressão simultaneamente. Por isso, a avaliação da resistência de flexão é fundamental para materiais de resina polimerizada.⁽²⁴⁾

No trabalho de De Lima *et al.* 2018, foram produzidos 10 espécimes para cada grupo de compósito, inserindo-os em uma matriz metálica bipartida sobre uma lâmina de vidro. Uma lamínula de vidro de 0,3 mm foi colocada para evitar porosidades, e uma massa foi aplicada por 30 segundos. Os espécimes foram fotoativados e inspecionados antes de serem armazenados em água destilada por 24 horas. Em seguida, foram submetidos a um ensaio de flexão de três pontos, com distância entre os pontos inferiores de 8,0 mm, usando uma máquina medidora. O módulo de elasticidade foi determinado a partir da curva de tensão-deformação linear, enquanto a resistência à flexão foi calculada com base na

carga máxima na ruptura dos espécimes. ⁽¹⁰⁾

A resistência à flexão (MPa) com base na carga final no momento da ruptura dos espécimes, de acordo com as equações abaixo:

$$ME = \frac{l^3 F}{4wh^3 d}$$
$$RF = \frac{3lF}{2wh^2}$$

Onde l é a distância (mm) entre os pontos inferiores, F a carga (N) aplicada no momento da ruptura do espécime, h a altura (mm) do espécime, w a largura do espécime e d a deflexão (mm) do espécime, sobre a carga F , durante o regime elástico.

No trabalho de Win Hiriotappa *et al.* 2020, 5 compósitos de resina Bulk-Fill foram selecionados, e 10 espécimes foram preparados para cada grupo (N=50). Uma lâmina de vidro foi usada para remover o excesso de material e evitar vazios no molde preenchido com resina composta. A fotopolimerização ocorreu por 40 segundos em cada superfície utilizando uma unidade de LED com intensidade de 1.100 mW/cm². Os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C e, em seguida, submetidos a um teste de flexão de três pontos com velocidade de deslocamento de 1 mm/min e taxa de carregamento de 50 N/min. A resistência à flexão foi calculada em MPa com base no ponto de fratura dos espécimes.⁽²⁵⁾ O cálculo teve os resultados em Mega Pascals (Mpa) de acordo com o seguinte cálculo:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2}$$

Onde F : a carga máxima (Newton), L : a distância (milímetro) entre os suportes, b : a largura (milímetro) do espécime, d : a espessura (milímetro) do espécime.

Tabela 5 – Comparação de Força de Flexão (MPa)

Compósitos	Módulo de Flexão (MPa)	Compósitos De Lima <i>et al.</i> 2018	Módulo de Flexão (MPa)
Sonic-Fill	138,9 ± 4,3 ^a	NTNS	73,37 ± 1,2 ^a
Filtek BF Posterior	118,3 ± 5,5 ^b	15segNS	114,94 ± 3,2 ^a
Tetric N-Ceram BF	114,6 ± 4,3 ^b	30segNS	71,4 ± 3,5 ^a
Tetric Flow BF	86,0 ± 6,5 ^c	45segNS	73,4 ± 1,3 ^e
Surefill SDR	84,3 ± 6,2 ^c	Charisma	118,5 ± 7,9
		NTSIL	106,33 ± 2,6 ^b
		15segSIL	88,4 ± 2,7 ^c
		30segSIL	115,5 ± 2,5 ^a
		45segSIL	51,75 ± 3,7 ^d

DISCUSSÃO

Com o objetivo de reduzir a degradação das resinas compostas utilizadas como material restaurador em medicina dentária, muitos estudos têm sido feitos nos últimos anos, demonstrando que a efetiva ligação entre o agente de união silano e a matriz polimérica é essencial, aumentando também a resistência à fratura das partículas de carga e melhorando a transmissão de tensões entre a matriz polimérica e a fase inorgânica da resina. ⁽⁴⁻⁶⁾

O silano utilizado como agente de união químico entre a matriz orgânica e inorgânica da resina possui característica hidrolítica. ^(26, 1)

Os testes mais utilizados para fazer esta avaliação são os testes de absorção e solubilidade de água, dureza, rugosidade da superfície, grau de conversão monomérica e módulo de flexão.

Quanto à absorção e solubilidade, enquanto no trabalho de Huang *W et al.* 2022 os melhores valores de solubilidade ($0,51 \pm 0,33 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) e absorção ($14,32 \pm 0,4 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) foram encontrados no compósito resinoso Magnafill Putty (MP). Os valores mais altos de solubilidade ($2,95 \pm 0,51 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) e absorção ($32,62 \pm 1,21 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) foram encontrados no compósito Filtek Z350 XT (3M ESPE).

No trabalho de De Lima *et al.* 2018 é possível observar que o aumento do tempo de condicionamento da partícula também aumentou os valores de degradação. Este facto pode ser claramente observado nos grupos silanizados que apresentou valores altos de solubilidade ($31,2 \pm 2,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) e absorção ($106,0 \pm 2,1 \mu\text{g}/\text{mm}^3$), reforçando o fator hidrolítico do silano. Os melhores valores foram encontrados de solubilidade ($0,42 \pm 0,16 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) no compósito com partículas não tratadas e não silanizado e de absorção ($16,0 \pm 1,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) no compósito comercial de referência Charisma.

Por isso quanto a absorção e solubilidade, entende-se que com a hipótese de que resinas com tratamento com silano teriam maiores resultados nesse teste é reafirmado (Com Filtek Z350 XT, 15segSIL e 45segSIL). Entretanto é importante observar que os grupos não silanizados não obtiveram resultados com diferença relevante para a maioria das resinas comerciais em geral, indo contra a hipótese de que a falta do silano

realmente teria os valores de solubilidade e absorção sempre menores. É importante resaltar que o compósito CXU (CeramX One Universal) possui tecnologia de partículas de cerâmica de nanopartículas, as quais devido à carga menor quanto as resinas convencionais e ao alto número de ligações duplas disponíveis por nanopartícula, o vazamento de monômero é reduzido em comparação com compósitos formulados apenas com resinas convencionais e cargas de vidro, reduzindo o efeito hidrolítico do silano (DentiSply website composite composition).

Fluoreto de alumínio e bário é um componente tanto do CD (Charisma Diamond) quanto do CS (Charisma), sendo que estes materiais apresentaram uma solubilidade consideravelmente maior do que os demais avaliados. De acordo com relatos anteriores, os compósitos que liberam flúor tendem a ter uma solubilidade maior, já que sua eficácia depende da difusão de água. Sendo importante ressaltar que a absorção de água elevada não necessariamente indica alta solubilidade.

Sobre a microdureza, enquanto no trabalho de El-Safty *et al.* 2018, o maior valor de microdureza foi encontrados no compósito resinoso “Grandioso GS” ($97,3 \pm 3,6^a$) e o menor em “Venus Bulk Fill VB” ($49,8 \pm 2,9a$).

No trabalho de De Lima *et al.* 2018 observou-se um aumento nos valores de dureza nos grupos em que as partículas foram tratadas por 30 segundos 30secNS ($60,13 \pm 2,44$) e 30sgSIL = ($64,18 \pm 2,35$). Os valores mais baixos foram encontrados em 15secNS ($45,27 \pm 2,71$).

Entende-se que o silano como agente químico de união não altera essa característica de forma rigorosa, podendo comparar observando que as partículas não-silanizadas possuem valores de microdureza levemente maior comparado resinas com menos partículas de carga comerciais.

Portanto, retoma a um conhecimento estabelecido de que a dureza relaciona-se e aumenta significativamente em compósitos com mais partículas de carga. O que também pode ser notado ao observar que resinas com baixa consistência Bulk Fill, como em VB (Venus Bulk Fill) ($49,8 \pm 2,9a$)

e SF (SureFill SDR Bulk Fill) (52.1 ± 3.7^a) apresentaram menores valores de microdureza.

Quanto a rugosidade, no trabalho de Silikas *et al.* 2021, o maior valor de rugosidade foi encontrado em AdmitaFusion (0.49 ± 0.10) e o menor em Tetric EvoCream (0.39 ± 0.05). No trabalho de De Lima *et al.* 2018, o maior valor foi de 45segSIL ($1,91 \pm 0,37$) e o maior valor em 30segSIL ($0,84 \pm 0,42^a$).

No trabalho de Silikas *et al.* 2021, observamos valores menores em todos os compósitos comerciais mesmo após 20.000 ciclos, há uma tendência, como seria de se esperar, de aumento dos valores basais ao longo dos ciclos. Sendo assim notável que compósitos com tratamento ácido de suas partículas levaram a uma rugosidade basal maior após os testes. No entanto, vale ressaltar que os valores de rugosidade basal em geral dos compósitos foram muito semelhantes, deixando claro que os diferentes tempos de condicionamento ácido assim como o silano não tiveram efeito direto na rugosidade na comparação dos compósitos e não gerando grande diferença entre eles.

O termo grau de conversão monomérica refere-se à conversão de ligações duplas carbono-carbono monoméricas em ligações simples carbono-carbono poliméricas. Aumentar a conversão resulta em maior dureza superficial, resistência à flexão, módulo de flexão, tenacidade à fratura e resistência à tração diametral.⁽²⁶⁾

Os maiores valores de grau de conversão do trabalho de De Lima *et al.* 2018 foram de foram de NTSIL ($62,28 \pm 4,8^a$) e menor de Charisma ($45,54 \pm 3,2$). Não é possível estabelecer uma relação direta entre a presença ou ausência da camada de silano ao redor das partículas ou entre o DC% e a porosidade das partículas.

Enquanto no trabalho de Strini *et al.* 2022, os valores mais altos de grau de conversão são encontrados em SF2/SonicFill2 ($63,6 \pm 2,31^a$) e os menores valores em TNC Tetric N-Ceram Bulk Fill ($47,5 \pm 3,07b$).

Dado que o grau de conversão monomérico está estreitamente relacionado à matriz, é razoável esperar um pequeno aumento em seus valores à medida que a incorporação de partículas de carga na matriz é modificada.

Sendo possível observar que as partículas silanizadas possuíam grau de conversão menores ou muito próximos as partículas silanizadas ou com tratamento ácido em sua matriz inorgânica, o que contraria a hipótese de que o silano poderia também abaixar o grau de conversão dos compósitos resinosos.

Quanto ao módulo de flexão, no trabalho de De Lima *et al.* 2018 o valor mais alto para módulo de flexão pode ser encontrado em 15secNS (114.94 +- 3,2^a) e menor valor em 30secNS (71,4+-3,5^e). Enquanto isso, se observa no trabalho de Win Hiriotappa *et al* 2020 o maior valor em Sonic-Fill de (138.9 +- 4,3) e o menor em Surefill SDR (84,3 +- 6,2^c).

No caso de partículas de carga com poros que não possuem silano para adesão química, a união entre a matriz orgânica e inorgânica da resina ocorre principalmente por meio do embricamento mecânico. Nesse processo, as partículas de carga se encaixam na matriz de resina, formando uma estrutura tridimensional coesa.

A presença de poros nas partículas de carga de um compósito resinoso pode levar a uma redução nas propriedades mecânicas, incluindo o módulo de flexão. Esses poros atuam como descontinuidades na estrutura, comprometendo a transferência de tensões e aumentando a probabilidade de falha por fadiga. Os poros também funcionam como pontos de concentração de tensões, resultando em microfissuras e diminuição da rigidez do material, além de reduzir a resistência à fratura.^(27, 28)

Determinamos portanto nesse âmbito, que os grupos não silanizados e com partículas de carga tratadas, possuíam, em geral, resultados menores que os compósitos resinosos comerciais que usam silano como agente químico de união.

CONCLUSÃO

1. O silano como agente químico de união pode aumentar a capacidade hidrolítica do compósito resinoso, no entanto, o ganho dos compósitos nessa propriedade traz, como consequência, uma perda também em outras propriedades.
2. A falta do silano, assim como a porosidade na matriz inorgânica resinosa pode diminuir algumas propriedades biomecânicas do compósito resinoso.
3. Os compósitos resinosos comerciais silanizados, que não possuem partículas porosas de carga tratadas com ácido fluorídrico, porém que possuem partículas de carga menores, possuem propriedades similares e muitas vezes melhores que as dos compósitos com porosidade na matriz inorgânica, silanizados ou não.
4. A hipótese de que o embricamento mecânico pela geração de poros nas partículas inorgânicas do compósito resinoso poderia ser útil, evitando a utilização do silano como agente químico de união e conseqüentemente diminuindo sua característica hidrolítica leva também a consequência de diminuição de outras propriedades biomecânicas e, portanto, menos ganhos que o esperado, sendo o mais claro em absorção e solubilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Attik N, Hallay F, Bois L, Brioude A, Grosogeat B, Colon P. **Mesoporous silica fillers and resin composition effect on dental composites cytocompatibility.** Dent Mater. 2017 Feb;33(2):166-174. doi: 10.1016/j.dental.2016.11.009. Epub 2016 Dec 5. PMID: 27931721.
2. Niu H, Yang DL, Fu JW, Gao T, Wang JX. **Mechanical behavior and reinforcement mechanism of nanoparticle cluster fillers in dental resin composites: Simulation and experimental study.** Dent Mater. 2022 Nov;38(11):1801-1811. doi: 10.1016/j.dental.2022.09.015. Epub 2022 Sep 30. PMID: 36184338.
3. Chen, Hongyan & Liu, Hongmei & Jiang, Xiaoze & Zhu, Meifang. (2021). **Size-controllable synthesis of dendritic porous silica as reinforcing fillers for dental composites.** Dental Materials. 37. 10.1016/j.dental.2021.02.015.
4. Yadav R, Kumar M. **Dental restorative composite materials: A review.** J Oral Biosci. 2019 Jun;61(2):78-83. doi: 10.1016/j.job.2019.04.001. Epub 2019 May 15. PMID: 31109861.
5. Karabela M.M., Sideridou I.D., 2008. **Effect of the structure of silane coupling agent on sorption characteristics of solvents by dental resin-nanocomposites.** Dent. Mater. (24)1631-1639.
6. Thadathil Varghese J, Cho K, Raju, Farrar P, Prentice L, Prusty BG. **Influence of silane coupling agent on the mechanical performance of flowable fibre-reinforced dental composites.** Dent Mater. 2022 Jul;38(7):1173-1183. doi: 10.1016/j.dental.2022.06.002. Epub 2022 Jun 9. PMID: 35691728.
7. Paolone G. **The Continuous Evolution of Composites for Direct Restorations.** Compend Contin Educ Dent. 2022 Feb;43(2):96-98. PMID: 35077191.
8. Bowen R.L., Reed L.E., 1976. **Semiporous reinforcing fillers for composite resins: II. Heat treatments and etching characteristics.** J. Dent. Res. 55:748-756.
9. Sarna-Boś K, Skic K, Sobieszczanski J, Boguta P, Chałas R. **Contemporary Approach to the Porosity of Dental Materials and Methods of Its**

- Measurement.** Int J Mol Sci. 2021 Aug 18;22(16):8903. doi: 10.3390/ijms22168903. PMID: 34445606; PMCID: PMC8396236.
10. De Lima VS. 2018. **Avaliação de propriedades mecânicas e físico-químicas de compósitos restauradores híbridos experimentais com partículas de carga irregulares porosas** [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Odontologia.
 11. Yori Rachmia Riva, Siti Fauziyah Rahman; December 2019. **Dental composite resin: A review.** *AIP Conference Proceedings* 10; 2193 (1): 020011. <https://doi.org/10.1063/1.5139331>
 12. Chen, Hongyan & Qian, Li & Ren, Qianyi & Jiang, Xiaoze & Zhu, Meifang. (2018). **Dental Restorative Resin Composites: Modification Technologies for the Matrix/Filler Interface.** *Macromolecular Materials and Engineering*.
 13. Thorat S.B., Diaspro A., Salerno M. 2014. **In vitro investigation of coupling-agent-free dental restorative composite based on nanoporous alumina fillers.** *J. Dent.* 42(3):279-86.
 14. Elfakhri, Farah, Alkahtani, Rawan, Li, Chunchun and Khaliq, Jibrán (2022) **Influence of filler characteristics on the performance of dental composites: A comprehensive review.** *Ceramics International*, 48 (19). pp. 27280-27294. ISSN 0272- 8842
 15. Rusnac ME, Prodan D, Cuc S, Petean I, Prejmerean C, Gasparik C, Ducea D, Moldovan M. **Water Sorption and Solubility of Flowable Gioners.** *Materials (Basel)*. 2021 May 5;14(9):2399. doi: 10.3390/ma14092399. PMID: 34063032; PMCID: PMC8124910.
 16. Huang W, Ren L, Cheng Y, Xu M, Luo W, Zhan D, Sano H, Fu J. **Evaluation of the Color Stability, Water Sorption, and Solubility of Current Resin Composites.** *Materials (Basel)*. 2022 Sep 27;15(19):6710. doi: 10.3390/ma15196710. PMID: 36234048; PMCID: PMC9572228.
 17. Wassell RW, McCabe JF, Walls AWG. **Subsurface Deformation Associated with Hardness Measurements of Composites.** *Dental Materials*, 1992; (8:218-223.)
 18. El-Safty, Samy & Karim, Usama. (2018). **Surface Roughness and Hardness of Dental Resin-Composites Intended for Bulk-fill Placement.** *Egyptian Dental Journal*. 64. 2491-2499.

- 10.21608/edj.2018.77232.
19. Jaramillo-Cartagena R, López-Galeano EJ, Latorre-Correa F, Agudelo-Suárez AA. **Effect of Polishing Systems on the Surface Roughness of Nano-Hybrid and Nano-Filling Composite Resins: A Systematic Review.** Dent J (Basel). 2021 Aug 12;9(8):95. doi: 10.3390/dj9080095. PMID: 34436007; PMCID: PMC8391685.
 20. Rana M, Upadhya M, Jaiswal A, Tyagi K. **Evaluation of Surface Roughness of Nanofilled Composite Restorations after Simulated Tooth Brushing using Various Dentifrices.** Kathmandu Univ Med J (KUMJ). 2018 Jul-Sept.;16(63):231-236. PMID: 31719312.
 21. Silikas, N., Satterthwaite, J., & AlAli, M. (2021). **The Effects of Toothbrush Wear on the Surface Roughness and Gloss of Resin Composites with Various Types of Matrices.** Dentistry Journal, 9(1).
 22. Musanje L., Ferracane J.L., 2004. **Effects of resin formulation and nanofiller surface treatment on the properties of experimental hybrid resin composite.** Biomaterials. 25(18):4065-4071.
 23. Strini BS, Marques JFL, Pereira R, Sobral-Souza DF, Pecorari VGA, Liporoni PCS, Aguiar FHB. **Comparative Evaluation of Bulk-Fill Composite Resins: Knoop Microhardness, Diametral Tensile Strength and Degree of Conversion.** Clin Cosmet Investig Dent. 2022 Aug 4;14:225-233. doi: 10.2147/CCIDE.S376195. PMID: 35957701; PMCID: PMC9359371.
 24. de Jager N, Münker TJAG, Guillard LF, Jansen VJ, Sportel YGE, Kleverlaan CJ. **The relation between impact strength and flexural strength of dental materials.** J Mech Behav Biomed Mater. 2021 Oct;122:104658. doi: 10.1016/j.jmbbm.2021.104658. Epub 2021 Jun 29. PMID: 34214922.
 25. Thammasat Medical Journal, Vol. 20 No. 2 April - June 2020 Original Article **Comparison of Flexural Strength between Five Commercial Bulk-Fill Resin Composites**
 26. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. **Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review.** Dent Mater. 2018 Jan;34(1):13-28. doi: 10.1016/j.dental.2017.09.002. Epub 2017 Sep 29. PMID: 28969848.
 27. Moldovan M, Balazsi R, Soanca A, Roman A, Sarosi C, Prodan D, Vlassa

M, Cojocaru I, Saceleanu V, Cristescu I. **Evaluation of the Degree of Conversion, Residual Monomers and Mechanical Properties of Some Light-Cured Dental Resin Composites.** *Materials* (Basel). 2019 Jun 30;12(13):2109. doi: 10.3390/ma12132109. PMID: 31262014; PMCID: PMC6651104.26.

28. Cavalcante, Larissa & de, Oliveira & Mariel, Maas & Ribeiro, Andrade & Schneider, Luis Felipe & Maria, Cavalcante. (2014). **Silanização de partículas de carga de compósitos odontológicos – revisão de literatura.** *Revista da Faculdade de Odontologia - UPF.* 18. 10.5335/rfo.v18i2.3249.

ANEXOS

Tabela 6 – Estudos selecionados

AUTORES	ANO	PAÍS	BASE DE DADOS	MATERIAIS/ AMOSTRAS	RESULTADOS
Huang W. et al. ⁽¹⁶⁾	2022	Suíça	PubMed	Onze resinas compostas (Tonalidade A1) usadas neste estudo incluem compósitos nanoparticulados, compósitos microhíbridos, compósitos nanohíbridos, compósitos nanocerâmicos e giomeros.	Foram analisados Absorção e Solubilidades dos compósitos. Enquanto no trabalho de de Huang W et al os melhores valores de solubilidade ($0,51 \pm 0,33 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) e absorção ($14,32 \pm 0,4 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) foram encontrados no compósito resinoso Magnafill Putty (MP). Os valores mais altos foram de solubilidade ($2,95 \pm 0,51 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) e absorção ($32,62 \pm 1,21 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) foram encontrados no compósito Filtek Z350 XT (Z350).
El-Safy et al. ⁽¹⁸⁾	2018	Egito	PubMed	Cinco grupos. Grupo I: bulk-fill de baixa consistência SureFil SDR Flow (SF), grupo II: baixa consistência bulk-fill Venus Bulk Fill (VB), grupo III: bulk-fill de alta viscosidade Tetric EvoCeram, grupo IV: Convencional Beautifil Flow Plus F03 (BF) e grupo V: Convencional GrandioSo (GS).	Foi analisado a micro-dureza dos compósitos. Considerando diferentes teores de carga, sistema monomérico e consistência do material, os valores de dureza variaram entre 49,8 e 97,3 (VHN) . A análise de variância de um fator revelou diferenças significativas entre os materiais estudados para microdureza ($P = 0,000$). Foram observadas diferenças significativas nos valores de dureza de todos os compósitos de resina investigados ($P = 0,000$). Maior dureza e rugosidade de superfície foram registradas para materiais com maior teor de carga em relação aos de menor teor de carga.
Silikas et al. ⁽²¹⁾	2021	Reino Unido	PubMed	Quinze espécimes compósitos padronizados dimensionalmente de três compósitos de resina nano-híbrida (Tetric EvoCeram, Admira Fusion e Venus Diamond) foram usados. Cinco espécimes de cada compósito foram polidos e então submetidos a um simulador de escovação. A rugosidade superficial (Ra) e o brilho foram medidos antes da escovação e após 5.000, 10.000, 15.000 e 20.000 ciclos de escovação.	Foi analisado a rugosidade da superfície dos compósitos. Para todos os materiais testados, a rugosidade da superfície aumentou após a abrasão da escovação. Os valores de rugosidade superficial (Ra) variaram de 0,14 a 0,22 μm na linha de base e aumentaram para entre 0,41 e 0,49 μm após 20.000 ciclos de escovação. O menor valor inicial de Ra foi detectado em Venus Diamond.

Strini et al ⁽²³⁾	2022	Brasil	PubMed	Sessenta amostras (n = 15; 8 mm ø x 4 mm altura) foram confeccionadas em molde. Filtek Bulk-Fill (FBF), Tetric N-Ceram Bulk-Fill (TNC) e SonicFill 2 (SF2) foram colocados em incrementos de 4 mm, e Filtek Z350 (FZ350) foi colocado em incrementos de 2 mm.	Foi analisado o grau de conversão dos compósitos. As superfícies superiores de todas as resinas compostas tinham KHN mais alto do que as superfícies inferiores. Nas superfícies superior e inferior, FZ350 apresentou maior KHN do que TNC e SF2. O maior DTS foi obtido por FBF, seguido por FZ350 e SF2. O maior DC foi obtido pelo SF2, o menor foi obtido pelo FBF.
Win et al ⁽²⁵⁾	2020	Tailândia	PubMed	Cinco compósitos de resina bulk-fill foram escolhidos para este estudo, conforme mostrado na Tabela 1. Dez corpos de prova para cada grupo foram preparados (N=50) usando um molde metálico com as dimensões especificadas pela norma ISO 4049, (25 ± 2) mm x (2 ± 0,1) mm.	Foi analisado o módulo de flexão dos compósitos. Os resultados deste estudo demonstraram que cinco compósitos de resina com enchimento a granel comercialmente forneceram resistência à flexão variando entre 84,3 a 138,9 MPa. O grupo Sonic-Fill demonstrou resistência à flexão significativamente maior em comparação com os outros grupos. Os grupos etric Flow BF e Surefill SDR flow demonstraram resistência à flexão significativamente menor do que todos os outros grupos.

DECLARAÇÃO

Mestrado Integrado em Medicina Dentária
Monografia/Relatório de Estágio

Identificação do Autor

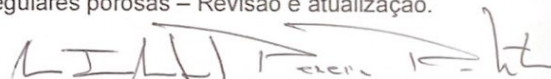
Nome completo: Matheus Henrique Pires
N.º identificação civil: 313 487 782
N.º estudante: 202201701
Email institucional: up202201701@edu.fmd.up.pt
Email alternativo: mhpires95@gmail.com
Tlf/Tlm: 939 338 573
Faculdade/Instituto: Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Identificação da Publicação

Dissertação de Mestrado Integrado (Monografia) Relatório de Estágio

Título Completo: Análise da superfície de resinas compostas restauradoras híbridas experimentais com partículas de carga irregulares porosas – Revisão e atualização.

Orientador: Ana Isabel Pereira Portela



Palavras-Chave: composito resinoso, resina, partículas porosas, silano, ácido hidrofluorídrico, teste em resina, microdureza, absorção e solubilidade, módulo de flexão, grau de conversão, rugosidade.

Autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto:

Não autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto:

Autorizo a disponibilização do texto integral no Repositório da U.Porto, com período de embargo, no prazo de:

6 meses: ; 12 meses: ; 18 meses: ; 24 meses: ; 36 meses: ; 120 meses: ; Justificação para a não autorização imediata:

Data: 22/05/2023.

Assinatura: _____



DECLARAÇÃO

Monografia/Relatório de Estágio

Declaro que o presente trabalho, no âmbito da Monografia/Relatório de Estágio, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

Porto, 22 de Maio de 2023.



Matheus Henrique Pires

PARECER DO ORIENTADOR

Informo que o Trabalho de Monografia desenvolvido pelo estudante Matheus Henrique Pires do 5º ano do Curso de Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, com o título: Análise da superfície de resinas compostas restauradoras híbridas experimentais com partículas de carga irregulares porosas – Revisão e atualização está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra se em condições de ser apresentado em provas públicas.

Porto, 22 de Maio de 2023.

O Orientador,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ana Isabel Pereira Portela', written over a horizontal line.

Ana Isabel Pereira Portela