

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA RESINA COMPOSTA FRENTE
AOS DIFERENTES MECANISMOS DE DESGASTE: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

*ANALYSIS OF THE COMPOSITE RESIN BEHAVIOR AGAINST DIFFERENT WEAR
MECHANISMS: A LITERATURE REVIEW*

Recebido em: 22/06/2021

Aceito em: 17/08/2021

EDJARDI DE PONTES VIANA¹

MARCELO GADELHA VASCONCELOS²

RODRIGO GADELHA VASCONCELOS²

¹ Acadêmico do curso de graduação em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Araruna-PB, Brasil.

² Professor Doutor efetivo da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Araruna-PB, Brasil.

Autor correspondente:
RODRIGO GADELHA VASCONCELOS
E-mail: rodrigogadelhavasconcelos@yahoo.com.br

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA RESINA COMPOSTA FRENTE AOS DIFERENTES MECANISMOS DE DESGASTE: UMA REVISÃO DE LITERATURA

*ANALYSIS OF THE COMPOSITE RESIN BEHAVIOR AGAINST DIFFERENT WEAR
MECHANISMS: A LITERATURE REVIEW*

RESUMO

Introdução: Com o avanço da odontologia e dos materiais dentários, as resinas compostas têm sido amplamente utilizadas nas diversas variedades de restaurações, sejam elas diretas ou indiretas, devido às suas propriedades estéticas. No entanto, existem fatores significativos que contribuem para o fracasso das resinas compostas ao longo do tempo, dentre eles, o desgaste. **Objetivo:** Este trabalho consiste em uma revisão da literatura que objetiva discutir acerca dos principais mecanismos de desgaste da resina composta e suas consequências. **Metodologia:** O presente estudo trata-se de uma revisão da literatura narrativa realizada através de um levantamento bibliográfico de 53 artigos científicos, publicados entre 2010 e 2021. Tendo como fonte as seguintes bases de dados eletrônicos nacionais e internacionais: PubMed, SciELO e Google Acadêmico. **Resultados:** Perda de brilho, manchamento, infiltração marginal, cárie recorrente e desgaste (desgaste adesivo, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga e desgaste corrosivo) são os principais fatores que contribuem para o fracasso das resinas compostas ao longo do tempo. **Conclusão:** Os mecanismos de desgaste, sejam de natureza mecânica (física) e/ou química: desgaste adesivo, desgaste por atrito, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga e desgaste corrosivo, assim como procedimentos de acabamento e polimento e hábitos parafuncionais implicam na perda gradual da resina composta e, conseqüentemente, geram acúmulo de biofilme, comprometimento gradual da função e estética, redução da dureza e resistência à flexão, que juntos resultam na diminuição da durabilidade clínica das restaurações e geram a necessidade de reparo e/ou substituição da restauração ao longo do tempo.

Palavras-chaves: Resina Composta. Desgaste. Desgaste de Restauração dentária.

ABSTRACT

Introduction: *With the advancement of dentistry and dental materials, composite resins have been widely used in different varieties of restorations, whether direct or indirect, due to their aesthetic properties. However, some calculated factors contribute to the failure of composite resins over time, including wear.* **Objective:** *This literature review aims to discuss the main wear factors of composite resin and its consequences.* **Methodology:** *This is a review of narrative literature carried out through a bibliographic survey of 53 scientific articles published between 2010 and 2021. The following national and international electronic databases were used: PubMed, SciELO, and Academic Google.* **Results:** *Loss of gloss, staining, marginal infiltration, recurrent caries, and wear (adhesive wear, abrasive wear, fatigue wear, and corrosive wear) are the main factors that contribute to the failure of composite resins over time.* **Conclusion:** *The wear mechanisms are of a physical and/or chemical nature: adhesive wear, friction wear, abrasive wear, fatigue wear, and corrosive wear, as well as finishing and polishing procedures, and parafunctional habits imply the gradual loss of the composite resin and, consequently, generate biofilm accumulation, gradual impairment of function and esthetics, reduction in hardness, and resistance to flexion, which together result in a decrease in the clinical durability of the restorations, generating the need for restoration and/or replacement over time.*

Keywords: *Composite Resin. Wear. Dental Restoration Wear.*

INTRODUÇÃO

O desgaste é definido como “a perda progressiva de substância, é resultante da interação mecânica entre duas superfícies em contato que estão em relativo movimento” (TSUJIMOTO *et al.*, 2017). Nesse sentido, desgaste fica definido como uma consequência da interação entre as superfícies em contato que se movem, causando a remoção gradual do material (PRATAP *et al.*, 2019).

Na odontologia, o desgaste se torna um grande problema para os tecidos dentários, esses, na maioria das vezes, são submetidos a processos de abrasão, atrição e erosão. As resinas compostas (como qualquer outro material restaurador) também estão inseridas nesse contexto, portanto, precisam ser suficientemente resistentes ao desgaste e não prejudicar os dentes quanto a sua função e estética (WULFMAN *et al.*, 2018).

Embora os dentes humanos possam sofrer desgaste no ambiente oral, a resistência ao desgaste do esmalte dentário é considerada alta, apesar do dinamismo das condições bucais. Espera-se que um material restaurador ideal possua comportamento semelhante ao do esmalte, que minimize o potencial de diminuir a dimensão vertical da oclusão, que possa oferecer resistência ao dente/restauração e impedir o acúmulo de biofilme (KRÜZIC *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a degradação superficial da resina composta ocorre em virtude da exposição a uma variedade de mecanismos, físicos-químicos e mecânicos, que incluem também a ação de substâncias dietéticas (ALALI *et al.*, 2021; TSENG *et al.*, 2021).

No geral, esses fatores tendem a induzir a degradação superficial da resina, levando em conta que os diversos mecanismos de desgaste, como desgaste adesivo, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga e desgaste corrosivo, sejam ainda mais intensificados quando em contato com as condições comumente encontradas na cavidade oral, como saliva, bebidas e produtos abrasivos/corrosivos (KARATAS *et al.*, 2020; KRÜGER *et al.*, 2018). Logo, a capacidade de resistência ao desgaste da resina composta contribui significativamente na durabilidade clínica das restaurações (BIJELIC-DONOVA *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2016).

O comportamento dos compósitos dentais tem melhorado continuamente ao longo dos anos, no entanto, a resistência ao desgaste ainda é considerada um dos maiores problemas da resina composta, o que resulta em baixa qualidade mecânica e estética, causando então a necessidade de reparo ao longo do tempo (PRATAP *et al.*, 2019). Ante o exposto, o presente estudo objetiva realizar uma revisão da literatura acerca dos principais mecanismos de desgaste da resina composta e suas consequências. Buscou-se também mencionar possíveis formas de prevenção no intuito de evitar/amenizar os mecanismos de desgaste da resina composta, pois a resistência ao desgaste é um importante fator na determinação do sucesso clínico das restaurações em resina composta.

METODOLOGIA

O presente estudo constitui uma revisão da literatura do tipo narrativa realizada em respeitadas bases de pesquisa online para a produção do conhecimento em saúde: PubMed – U.S. National Library of Medicine, SciELO (Scientific Electronic Library) e o Scholar Google (Google Acadêmico) limitando-se a busca ao período de 2010 a 2021. Para o rastreamento dessas publicações, foram empregados os seguintes descritores/termos de busca: revisão sobre resina composta (*composite resin review*), desgaste (*wear*) e desgaste de restauração dentária (*dental restoration wear*). Adicionalmente, foi utilizada como recurso a busca manual nas listas de referências dos artigos selecionados. Além disso, foi aplicado o sistema de formulário avançado “AND” para a filtragem das publicações relacionadas ao tema proposto, para que apresentassem informações de ênfase ao tema dessa revisão.

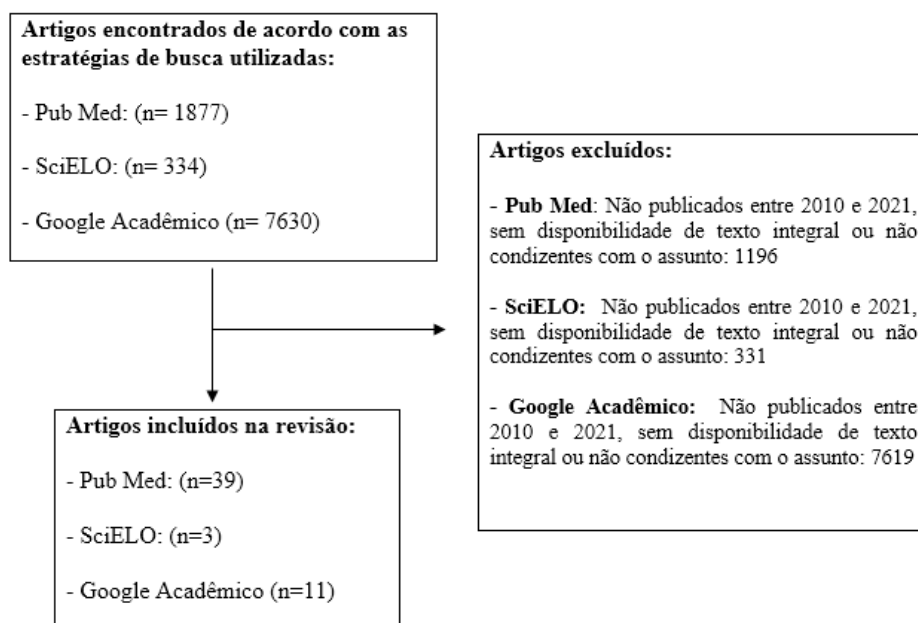
A pesquisa ocorreu em três fases:

1. Busca nas bases de dados com os descritores selecionados;
2. Leitura dos resumos e definição dos artigos a serem incluídos;
3. Leitura dos artigos na íntegra e construção dos resultados.

Como critérios de inclusão que serviram como filtro para selecionar as publicações foram considerados: artigos científicos originais escritos em inglês, português e espanhol, indexados nas bases de dados citadas no período entre 2010 e 2021, que apresentassem conteúdo que se enquadrava no enfoque e objetivo do trabalho e os mais relevantes em termos de delineamento das informações desejadas. Foram também analisados aspectos como a disponibilidade do texto de forma integral, confiabilidade e clareza no detalhamento metodológico das informações apresentadas. Em contrapartida, foram excluídos da amostra trabalhos que não exibiram relevância clínica sobre o tema abordado e aqueles estudos que não se enquadraram nos critérios de inclusão.

Os artigos obtidos através das estratégias de busca foram avaliados e classificados em elegíveis (estudos que apresentaram relevância clínica e tinham possibilidade de serem incluídos na revisão) e não elegíveis (estudos sem relevância, sem possibilidade de inclusão na revisão e estudos que apresentavam apenas resumo). Ao todo, foram consultados 9.841 trabalhos e, após criteriosa filtragem, 53 deles foram selecionados e incluídos neste estudo (Figura 1).

Figura 1: Fluxo de pesquisa e seleção dos artigos para inclusão na revisão.



Fonte: Próprios autores (2021).

REVISÃO DE LITERATURA

ETIOLOGIA E MECANISMOS DE DESGASTE DA RESINA COMPOSTA

O desgaste da resina composta ocorre por diferentes mecanismos. Em contato com o ambiente oral, as resinas compostas sofrem desgaste por substâncias químicas, que atuam na superfície do material. No desgaste por atrito, os dentes entram em contato, sem a presença do bolo alimentar, com qualquer outro material intermediário. Já o desgaste abrasivo ocorre durante a mastigação dos alimentos ou durante a escovação mecânica (com escova e dentífrícos) (TSUJIMOTO *et al.*, 2017). Uma grande diversidade de substâncias presentes no ambiente oral, como água, saliva, ácidos, bases, sais e álcoois estão relacionados à redução da dureza, resistência à flexão e módulo de flexão das resinas compostas (COSTA *et al.*, 2019; ZICA *et al.*, 2020).

Frequentemente, as superfícies vestibular e lingual dos dentes estão expostas aos procedimentos mecânicos de higiene oral que causam desgaste abrasivo, enquanto as superfícies oclusais estão sujeitas ao atrito e ao desgaste abrasivo, que ocorrem quase simultaneamente ou em curtos episódios subsequentes, assim como as soluções químicas no ambiente oral em contato com a resina composta causam, à longo prazo, o mecanismo de corrosão desses compósitos (COSTA, 2019; TSUJIMOTO *et al.*, 2017).

Segundo Tsujimoto *et al.* (2017), o desgaste é classificado de acordo com os seus mecanismos: adesivo, abrasivo, fadiga e desgaste corrosivo. Na odontologia, o desgaste é

tipicamente classificado em termos de suas manifestações clínicas. Esses incluem: atrição ou desgaste nos locais de contato, abrasão ou desgaste em locais sem contato e corrosão ou desgaste atribuído aos efeitos químicos. Atrito e abrasão podem surgir de qualquer um dos quatro principais mecanismos de desgaste, embora o significado de “corrosão” seja semelhante em ambas as áreas de engenharia e odontologia. Já o desgaste por adesão ocorre quando duas superfícies sólidas deslizam entre si sob pressão. As projeções da superfície ou asperezas são deformadas e eventualmente unidas pela alta pressão local. Nesse processo, partículas são transferidas para uma superfície oposta ou para o esmalte do dente antagonista (SHIMOKAWAI *et al.*, 2012).

Dentre as propriedades mecânicas das resinas compostas, a que mais influi clinicamente na durabilidade das restaurações é a resistência ao desgaste ou resistência à abrasão; todavia, também devem ser consideradas além da dureza, a resistência à fratura flexional e à compressão (BIJELIC-DONOVA *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2016).

Desgaste adesivo da resina composta

O desgaste adesivo da resina composta ocorre nos pontos de contato quando duas superfícies em contato são pressionadas por uma carga. Esses pontos estão sujeitos a forças de cisalhamento, conforme as superfícies dentárias deslizam uma em relação à outra, e estão, conseqüentemente, sujeitos a quebras. Na cavidade oral, como a saliva tem função lubrificante, é provável que o desgaste adesivo seja limitado, visto que nesse mecanismo a lubrificação acaba por reduzir o atrito. Esse tipo de desgaste não contribui significativamente para o desgaste da resina composta, mas pode aparecer em locais onde uma cúspide oposta ou ponto de contato é forçado contra uma superfície, causando então desgaste adesivo e redução na qualidade das propriedades da resina composta (TSUJIMOTO *et al.*, 2017).

Quanto ao efeito adverso da água, são particularmente observadas conseqüências que podem levar a um significativo desgaste da resina composta (ASSIS *et al.*, 2016; KRÄMER *et al.*, 2015). Inicialmente, pode haver um amolecimento da matriz orgânica por expansão higroscópica, pela solubilização de monômeros insaturados ou pela quebra de ligações químicas das macromoléculas, resultando em maiores taxas de deslizamento entre as cadeias poliméricas (WANG *et al.*, 2018; VAN DE SANDE *et al.*, 2015).

Em uma próxima etapa, a hidrólise ou hidratação das ligações de siloxano da camada de silano ocorrerá devido à degradação das ligações matriz-carga; rachaduras superficiais ou internas e porosidade que facilitarão o acesso da água a essa interface (KRÜGER *et al.*, 2018; PANAHANDEH *et al.*, 2017). Finalmente, pode haver solubilização das partículas pela liberação de íons dos componentes (BEIJELIC-DONOVA *et al.*, 2015; MANOJLOVIC *et al.*, 2016) e a presença de outros solventes, lubrificantes, eletrólitos ou enzimas (KRÄMER *et al.*, 2015; SIDI *et al.*, 2015).

De acordo com Cao *et al.* (2013), partículas de maior diâmetro causam maior desgaste do material durante ações mecânicas na superfície. Portanto, o fenômeno de desgaste adesivo pode ser explicado pelo fato de que quando as restaurações são submetidas aos esforços mastigatórios, as tensões são distribuídas através das partículas de carga na matriz do material. Esse processo resulta em fácil remoção dessas partículas da superfície, expondo a matriz resinosa do material e acelerando o processo de desgaste.

Desgaste abrasivo da resina composta

O desgaste abrasivo da resina composta é influenciado por alguns fatores (HAN *et al.*, 2014). Primeiro: a forma, o tamanho, a orientação e a distribuição das partículas de carga são importantes, assim como a sua quantidade. Em segundo lugar, o tipo de matriz resinosa e os agentes iniciadores para a polimerização da resina composta também influenciam na resistência superficial do composto resinoso. Terceiro, a ligação entre as partículas de carga e a matriz influencia na probabilidade de desgaste das partículas de carga (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

No mecanismo de desgaste abrasivo, a resina composta é raspada de uma superfície por protuberâncias duras ou por partículas duras na interface. Existem interações quanto a abrasão de dois corpos (contato entre estrutura dental e/ou compósitos resinosos), enquanto a outra é a abrasão de três corpos (além da interação entre estrutura dental e/ou compósitos resinosos, existe também interação com o bolo alimentar). Nesse sentido, a abrasão é considerada um importante mecanismo de desgaste no meio oral, dependendo da localização da restauração. Um exemplo disso é a abrasão por escovação, que pode afetar qualquer superfície exposta, enquanto no mecanismo de desgaste oclusal é limitado às superfícies de contato oclusal (TSUJIMOTO *et al.*, 2017).

Os pontos de contato oclusal experimentam o mecanismo de abrasão de dois corpos, enquanto outras áreas experimentam abrasão de três corpos de partículas presentes entre os dentes durante a mastigação (KOOTTATHAPE *et al.*, 2012). A maioria dessas partículas são macias, e nem todas elas causam desgaste devido ao seu ângulo de contato, então, as áreas de contato oclusal apresentam desgaste muito mais abrasivo do que as áreas sem contato (TSUJIMOTO *et al.*, 2017).

Um dos mecanismos abrasivos observados são os efeitos da abrasão por escovação, concentram-se não apenas no desgaste do compósito (perda de substância), mas também nas mudanças na rugosidade e no brilho, uma vez que esses parâmetros influenciam diretamente na estética das restaurações *in vivo*. Durante a escovação, as partículas abrasivas presas nas pontas dos filamentos da escova preferencialmente lixam a matriz de uma restauração de resina composta, resultando na exposição de novas partículas de carga relativamente maiores, que então se deslocam causando saliências e crateras na camada superficial da resina composta (JIN *et al.*, 2014; MALAVASI *et al.*, 2015, ORLANDO *et al.*, 2020). Essa ação provoca a abrasão da matriz polimérica e a remoção das partículas inorgânicas,

resultando no aparecimento de poros, o que torna a superfície mais rugosa e propícia à retenção de biofilme (DIAS, 2020).

De acordo com Lai *et al.* (2018), os efeitos de partículas abrasivas presentes nos dentifrícios apresentam maior rugosidade superficial do que quando escovadas sem dentifrício, assim como os dentifrícios sem partículas abrasivas ou com poucas partículas abrasivas promovem uma menor rugosidade após simulação da escovação (HAN *et al.*, 2014; RAJAN *et al.*, 2018). Esse mecanismo fornece rugosidade superficial mais severa para compósitos contendo quantidades significativas de partículas de carga maiores, a exemplo de compósitos microhíbridos. Em contraste, para compósitos nanoparticulados, as partículas em nanoescala e a matriz parecem sofrer abrasão juntas, resultando em um aumento de rugosidade relativamente menor. Além disso, existe uma forte correlação entre a perda de brilho e o aumento da rugosidade. É interessante notar que, em contraste, o esmalte é muito melhor na retenção de brilho após a escovação dentária devido à sua maior dureza (JIN *et al.*, 2014).

Em geral, uma maior carga de escovação aumenta a abrasão devido à maior área de contato entre os filamentos da escova e a superfície do compósito, aumentando o número de partículas abrasivas envolvidas. Dessa forma, a aspereza e a perda de brilho por abrasão através da escovação tendem a aumentar com o número de ciclos de escovação (KRÜZIC *et al.*, 2018).

Desgaste da resina composta por fadiga

A definição tradicional de fadiga é a fratura dependente do tempo que um material sofre frente às forças (carregamento) cíclicas e repetitivas. Ao se deparar com fraturas de restaurações de resina composta, o mecanismo de fadiga é claramente levado em consideração. Os dentes experimentam carregamento cíclico devido às forças de mastigação, bruxismo, entre outros. Estima-se que tais tensões se repetem inúmeras vezes por ano em cada pessoa. Por ser um mecanismo tão repetitivo, o carregamento cíclico pode levar à propagação subcrítica de trincas na resina composta e eventualmente causar fratura por fadiga nessas restaurações (KRÜZIC *et al.*, 2018).

Nesse sentido, há uma preocupação adicional relacionada à fadiga para restaurações de resinas compostas. Os autores citam, como uma das causas, os mecanismos de desgaste oriundos de falhas na margem e a propagação de fendas (*gaps*) devido ao carregamento cíclico sobreposto às tensões interfaciais causadas pela contração de polimerização da resina durante a fotopolimerização. A presença de fendas marginais pode permitir formação de cárie secundária (PINNA *et al.*, 2017; KHVOSTENKO *et al.*, 2015). Além disso, acredita-se que o desgaste por fadiga de contato superficial ocorra durante a mastigação, em que dentes opostos entram repetidamente em contato (KRÜZIC *et al.*, 2018).

Tsujimoto *et al.* (2017) relataram que o deslizamento de uma superfície sobre a outra pode criar uma zona de compressão à frente do movimento e uma zona de tensão atrás do movimento. Esse padrão causa ciclos de estresse que podem levar ao desgaste por fadi-

ga. Embora ainda exista pouca investigação direta desse tipo de desgaste em restaurações dentárias, a mastigação parece ser um fator adequado para aplicar as forças necessárias, e assumiram que este processo é um importante mecanismo de desgaste de resina composta no meio oral.

Segundo Santos (2018), o mecanismo de desgaste da resina composta também pode ser induzido a partir de procedimentos como acabamento e polimento, influenciando diretamente na qualidade superficial da resina composta. Quando realizados de forma inadequada, podem resultar em alterações na superfície, levando ao comprometimento da restauração através do mecanismo de desgaste por fadiga, bem como o aumento do índice e acúmulo de placa bacteriana, comprometendo o resultado final a curto e longo prazo, além de comprometer a integridade dos tecidos gengivais.

Logo, nota-se que a propagação de microfissuras em camada subsuperficial, devido ao carregamento oclusal ou de movimento cíclico de inúmeras repetições, é considerado um precursor do desgaste por fadiga. A busca para alcançar resistência ao desgaste da resina composta perdura, embora se tenha observado materiais restauradores com maior resistência à propagação de trincas por fadiga. Além disso, o desgaste clínico reduzido pode aumentar a vida útil das restaurações de resina, bem como ajudá-las a manter sua aparência estética favorável (KRÜZIC *et al.*, 2018).

Desgaste corrosivo da resina composta

O processo de desgaste é um mecanismo inerente ao uso das resinas compostas no meio bucal, que é muito complexo e se processa de forma dinâmica. Nesse mecanismo, o desgaste da resina composta é acelerado por algumas substâncias que possam entrar em contato direto com os compósitos dentais (SZCZESIO-WLODARCZYK *et al.*, 2020). Em geral, a corrosão acontece devido a reações químicas entre as superfícies e o meio ambiente. Em muitos casos, essa reação é inicialmente rápida, mas pode formar uma camada coesiva da reação do produto, que protege a superfície subjacente. Porém, essa camada pode ser removida através do contato deslizante com outra superfície, expondo então o material que não reagiu e permitindo que a corrosão continue (TSUJIMOTO *et al.*, 2017).

A erosão dentária começa com a desmineralização das camadas superficiais do esmalte, podendo evoluir para uma perda considerável de estrutura dentária. Qualquer substância ácida, com pH inferior ao crítico para a dissolução do esmalte ($\text{pH} < 5,5$) e dentina ($\text{pH} < 6,5$), pode dissolver os cristais de hidroxiapatita. É importante acrescentar que quando a saliva está subsaturada de hidroxiapatita, ainda pode permanecer supersaturada de fluorapatita (quando há presença de flúor na boca). No $\text{pH} = 4$, a saliva está subsaturada de ambas as apatitas e, portanto, perde a capacidade mineralizante. Logo, materiais resinosos

imersos em bebidas ácidas têm uma alta solubilidade, e essa causa erosão e dissolução da superfície, afetando a dureza e a integridade superficial (COSTA *et al.*, 2019).

Na odontologia, a degradação química dos compósitos dentais pode surgir devido à sua exposição à água, saliva, enzimas, álcool, ácidos de bactérias, alimentos, bebidas ou medicamentos, tornando-os mais suscetíveis aos processos de desgaste. Os processos que ocorrem durante a corrosão de resinas compostas são: absorção de água no polímero, degradação química do polímero resultando na formação de oligômeros e monômeros, a degradação da ligação do silano às partículas de carga e, por fim, a formação de poros na microestrutura e liberação de oligômeros e monômeros por meio desses poros. Assim, a corrosão leva ao descolamento interfacial, dissolução de partículas de carga e fissuras na matriz, resultando na formação de uma camada porosa, que, por sua vez, pode influenciar negativamente no comportamento ao desgaste desses compósitos (KRÜZIC *et al.*, 2018, ORLANDO *et al.*, 2020).

Restaurações na cavidade oral frequentemente estão expostas a produtos químicos potencialmente corrosivos comumente presentes na dieta dos pacientes (COSTA *et al.*, 2019; DE PAULA *et al.*, 2011). Além disso, ácidos do cálculo dentário, constituintes dos alimentos, são amolecidos pelas enzimas e tornam as resinas compostas ásperas. Ambos os fatores que provavelmente tendem a aumentar a vulnerabilidade das resinas quanto ao desgaste corrosivo. Por outro lado, a saliva pode ter um efeito tampão, reduzindo a acidez dos alimentos e a atividade bacteriana (KRÜZIC *et al.*, 2018; SOARES *et al.*, 2012; TSUJIMOTO *et al.*, 2017).

Além das soluções como bebidas alcalinas/ácidas, a influência dos agentes clareadores dentais no comportamento corrosivo-abrasivo nas superfícies de resinas compostas também é de interesse. Descobriu-se que os agentes de branqueamento corroem as superfícies dos compósitos e formam poros e rachaduras (KRAZUC *et al.*, 2018). Os danos corrosivos associados à diminuição da microdureza parecem ser responsáveis pelo alto desgaste observado. Enquanto os compósitos híbridos e micro-híbridos sofrem maiores danos superficiais (aumento da rugosidade/desgaste), os nanocompósitos mostram uma melhor resistência ao ataque químico e mecânico (ATALI e TOPBAŞI, 2011), embora o mecanismo responsável por essa diferença ainda não esteja suficientemente esclarecido (KRAZUC *et al.*, 2018).

PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS ENVOLVIDAS NO DESGASTE DA RESINA COMPOSTA

Alguns processos de degradação à longo prazo envolvem os tecidos dentários, como a cárie e os mecanismos de desgaste da própria resina composta, muitas vezes necessitam de reparações estéticas usando materiais restauradores dentários. Infelizmente, esses materiais restauradores também estão sujeitos à degradação por meio de processos de desgaste que podem levar a eventuais falhas clínicas, implicando na substituição da restauração (KHOVOSTENKO *et al.*, 2015; KRÜZIC *et al.*, 2018).

Ainda que a formação de biofilme bacteriano seja necessária para induzir a cárie secundária, a presença do biofilme por si só não garante a formação de uma lesão cariosa. A presença de bactérias nas lacunas marginais entre a restauração e a dentina, mesmo quando os compósitos à base de resina fornecem uma boa vedação da cavidade sem fendas marginais como resultado da inserção perfeita pelo cirurgião-dentista, as tensões de contração de polimerização que surgem durante a restauração, combinadas com carregamento mecânico cíclico durante a função, e mecanismos de desgaste que venham a expor essas fendas marginais, podem levar à falhas da interface local, implicando em futura necessidade de reparo da restauração de resina composta (PEUTZFELDT *et al.*, 2018).

De fato, acontece a degradação das margens da restauração durante o carregamento mecânico cíclico (KRÜZIC *et al.*, 2018). Estudos *in vitro* que analisaram o comportamento de fadiga nas interfaces de dentina-compósito sugerem que elas têm menor resistência à fadiga e à propagação de trincas por fadiga em comparação com a própria dentina ou compósito (ZHANG *et al.*, 2015).

POSSÍVEIS FORMAS DE PREVENIR OU AMENIZAR OS MECANISMOS DE DESGASTE DA RESINA COMPOSTA

Segundo Lawson *et al.* (2012), o mecanismo de desgaste abrasivo é possível de ser amenizado quando: o tamanho ou o espaçamento entre as partículas de carga é reduzido, quando o grau de conversão da matriz resinosa é aumentado e quando a ligação entre as partículas de carga e a matriz de resina é melhorada. Se a resina composta for mais resistente do que o abrasivo, o desgaste é bastante reduzido, e, quando o abrasivo se torna mais duro, o desgaste abrasivo aumenta. Já Costa *et al.* (2019) recomendam que os cirurgiões-dentistas devem observar possíveis alterações estéticas que tenham relação direta com a dieta do paciente e orientá-los quanto à importância do uso moderado dessas substâncias, pois ao serem enjerdadas em excesso podem reduzir a dureza superficial das resinas, o que afetará a longevidade das restaurações.

Para Krüzic *et al.* (2018), a maioria das pesquisas tem se limitado às análises de superfícies de resinas compostas antes e depois da abrasão por escovação. Considerando

que mecanismos microscópicos, como descolamento de partículas de carga ou propagação de rachaduras, podem ocorrer bem abaixo da superfície de desgaste no decorrer do tempo e sugerem que análises de subsuperfícies, após abrasão por escovação, sejam recomendadas para revelar informações valiosas relacionadas aos mecanismos que envolvem o desgaste da resina composta, bem como observar a influência desses fatores envolvidos, uma vez que fatores estão diretamente ligados aos pacientes, como alimentos/bebidas, saliva, frequência de escovação e força de escovação variável, levando esses fatores a desempenhar papéis significativos nesses mecanismos de desgaste da resina composta.

Tsujimoto *et al.* (2017) mencionam ainda a importância de pesquisas futuras que incluam tecnologias inteligentes de partículas de carga com melhor distribuição e dimensões da carga. A presença de uma ligação estável entre a carga e a matriz e compósitos de resina “autorreparáveis”, contendo microesferas que liberam um polímero que repare fissuras no material são perspectivas futuras.

RESULTADOS

De um total de 53 estudos selecionados a partir da busca nas bases de dados online, 08 artigos foram classificados como pesquisa laboratorial *in vitro*, que fizeram análise do comportamento da resina composta frente aos diferentes mecanismos de desgaste. A tabela 1 apresenta um resumo das principais características e resultados encontrados nos estudos selecionados a partir da pesquisa bibliográfica.

Tabela 1 – Apresentação geral dos 08 principais estudos sobre os diferentes mecanismos de desgaste das resinas compostas contemplados nos critérios de inclusão e suas metodologias empregadas.

Autor/Ano	Metodologia do estudo	Resultados
Al Khuraif (2014).	Avaliar a influência da escovação dentária no desgaste e rugosidade superficial de 4 diferentes resinas compostas. 6 amostras (2mm de espessura e 8 mm de diâmetro) de cada material testado: Filtek Z250 microhybrid (3M/ESPE™); TPH3 híbrido (Spectrum Submicron®); Filtek Z350XT Nanofiller (3M/ESPE™) e Filtek P90-Microhybrid (3M/ESPE™). Preparadas de acordo com as instruções do fabricante. Sequência de escovação de 5.000, 10.000 e 20.000 ciclos para todas as amostras. Perfilômetro sem contato foi usado para determinar a rugosidade superficial média e o desgaste do material foi avaliado por meio de uma balança eletrônica analítica.	Houve desgaste por escovação no teste, aumentando significativamente a rugosidade para todas as resinas compostas utilizadas na pesquisa.
Kinoshita et al (2016).	Analisaram o efeito da abrasão dos dentífricos clareadores sobre as superfícies de 3 marcas comerciais de resinas compostas contendo partículas nanométricas: Controle: Colgate Total 12 (Colgate-Palmolive®), Colgate Luminous White (Colgate-Palmolive®), Oral-B 3D White (Procter&Gamble®) e Close-Up Diamond Attraction (Unilever®) sobre a superfície das resinas compostas: Filtek Z350XT nanoparticulada (3M/ESPE™), EsthetXHD nanohíbrida (Dentsply®) e Premisa nanohíbrida (Kerr®). 45 corpos de prova para os grupos experimentais e 15 para o grupo controle (dentífrico Colgate Total 12). Após 1.000 ciclos de escovação, os espécimes foram armazenados em saliva artificial e tiveram suas rugosidades de superfície analisadas opticamente por imagens do estereomicroscópio. Os espécimes confeccionados com Z350XT foram avaliados por microscopia de força atômica devido a distribuição regular das suas partículas de carga.	A escovação com dentífricos clareadores promoveu o aumento significativo da rugosidade superficial das resinas compostas testadas quando comparado com dentífrico convencional, podendo assim, diminuir a sua longevidade.

Navimipour et al (2019).	Analisaram o efeito do peróxido de carbamida 15% quanto a rugosidade superficial em 3 tipos de resinas compostas: Heliomolar HB microparticulada (Ivoclar Vivadent®); Tetric Ceram HB nanohíbrida (Ivoclar Vivadent®) e Tetric Ceram HB microhíbrida (Ivoclar Vivadent®). 20 corpos de prova de cada resina composta com 4mm de diâmetro e 4mm de espessura, foram incluídos em resina acrílica e polidos com a sequência de discos Sof-Lex (3M/ESPE®) junto com pasta abrasiva de diamante de 6 e 1 µm (Microdont®). Para o clareamento foi confeccionado moldeira de acetato de 1mm de espessura em plastificadora à vácuo para cada espécime. Foi colocado sobre as resinas gel clareador a base de peróxido de carbamida a 15% Opalescence F (Ultradent®) e sobre ele a moldeira, que foi deixada por 6 horas diárias pelo período de 21 dias. Após remoção da moldeira, os espécimes foram lavados e escovados com escova elétrica Oral B (Vitality Precision Model®) e uma mistura de dentífrico Opalescence (Ultradent®) e água destilada por 3 minutos.	A escovação com dentífrico clareador após clareamento com peróxido de carbamida 15% aumenta a rugosidade superficial de resinas compostas, sendo de maior intensidade para resinas microhíbridas e nanohíbridas e menor para resinas nanoparticuladas.
Silva et al (2019).	Avaliaram estabilidade de cor e dureza superficial de resinas compostas com diferentes composições. 45 discos de cada uma das seguintes resinas: nanoparticulada: Filtek Z350 XT (3M/ESPE™) e nanohíbrida Beautifill II (SHOFU®). Para confecção dos espécimes foi utilizado matriz metálica com 4mm de diâmetro e 4mm de espessura, coberto com tira de poliéster e placa de vidro para nivelar a superfície. Os corpos-de-prova foram polidos com uma sequência de discos abrasivos de óxido de alumínio de granulometria 1200, 2400 e 4000 Extac (Enfield®) e subdivididos em 3 grupos: 1. Grupo Controle: As amostras foram imersas em saliva artificial, a 37 °C, durante todo o período de estudo; 2. Grupo Colgate Total 12: As amostras foram submetidas diariamente a ciclos de escovação com dentífrico Colgate Total 12 (Colgate-Palmolive®) e 3. Grupo Oral B: Amostras foram escovadas com dentífrico clareador Oral B (Procter & Gamble®). Imersos diariamente em solução de café por 10 minutos sob agitação durante 30 dias. A cor foi avaliada por aparelho de espectrofotômetro CM2600d (Konica Minolta®).	Os brasivos contidos nos dentífricos afetaram a superfície das resinas. A resina composta nanohíbrida apresentou maiores resultados para alteração de cor e redução de microdureza comparada com a resina nanoparticulada após tratamento de imersão em solução de café e escovação diária independentemente do tipo de dentífrico.
AlAli et al (2021).	Avaliaram e compararam a rugosidade superficial e o brilho de 3 materiais compostos à base de resina nanohíbrida antes e depois da simulação de escovação. Foram confeccionados 15 corpos de prova dimensionalmente padronizados de três compostos de resina nano-híbridos: 1. Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent®); 2. Admira Fusion (Voco®); 3. Venus Diamond tonalidade A2 (Kulzer®). 5 corpos de prova de cada compósito foram polidos e, em seguida, submetidos a um simulador de escovação dentária.	Aumento da rugosidade superficial, e diminuição do brilho após a abrasão por escovação. Os valores de rugosidade superficial variaram de 0,14 a 0,22 µm na linha de base e aumentaram entre 0,41 e 0,49 µm após 20.000 ciclos de escovação. Os valores de brilho variaram entre 31,9 e 50,6 no início do estudo e entre 5,1 e 19,5 GU (unidade de brilho) após 20.000 ciclos de escovação dentária.
Yulianto et al (2019).	Compararam a composição química da superfície de dois compósitos resinosos contendo os seguintes monômeros: Bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato) e TEGDMA (trietileno-glicol dimetacrilato), usando espectroscopia de fotoelétrons de raios-X. A fim de avaliar a degradação <i>in vivo</i> , amostras de resinas compostas foram usadas em dispositivos palatinos por 15 voluntários por períodos de 30 dias na ausência e presença de escovação manual com água. A degradação do compósito foi avaliada através dos ângulos de contato com a água, produzindo a exposição da superfície das partículas de carga. A degradação <i>in vitro</i> foi obtida por imersão do compósito em solução de lipase.	Tanto a Bis-GMA quanto a TEGDMA, são propensos a hidrólise, catalisadas por enzimas. Essas enzimas catalíticas não estão apenas presentes na saliva, mas também se originam de leucócitos polimorfonucleares, macrófagos e bactérias.
Krüger et al (2018).	Foram utilizados 3 compósitos para simular a hidrólise em meio líquidos/soluções: 1. Composto micro-híbrido: Arabesk Flow (Voco®-GmbH, Cuxhaven, Germany); 2. Composto micro-híbrido: Arabesk Top (Voco®-GmbH, Cuxhaven, Germany) e 3. Composto nano-híbrido: GrandioSO (Voco®-GmbH, Cuxhaven, Germany). Simulação da hidrólise com: saliva artificial (pH 7), ácido cítrico (pH 3; pH 5), ácido láctico (pH 3; pH 5) e etanol (40%; 60%) por 14, 30, 90 e 180 dias.	Enquanto armazenados em saliva artificial, ácido e etanol, no parâmetro físico-químico o ângulo de contato diminuiu (0,2 para <0,05) especialmente para os compósitos (1 e 2). O armazenamento em etanol levou a uma diminuição significativa no parâmetro mecânico de microdureza em todos os compósitos (0,67 para <0,05).
Santos (2018).	Avaliou a rugosidade superficial de resinas compostas submetidas à diversos procedimentos de polimento. Foram utilizadas as resinas compostas: Palfique (Tokuyama®); Z350 (3M ESPE®); Aura (SDI®), Herculite Précis (Kerr®) e Vittra (FGM®); os polidores: Opti1step (Kerr®); Sof-lex Pop-on (3M/ESPE®) e Foto'Cept (Ception®). 30 amostras para cada tipo de resina composta. Para confecção dos corpos de prova foi utilizado uma matriz guia de sílica de adição, contendo uma cavidade de 3mm de diâmetro e 2mm de espessura. Cada grupo de amostras foi submetida aos procedimentos de acabamento e polimento, com diferentes sistemas de polimento em acordo com recomendações dos fabricantes. Anteriormente ao polimento, as amostras foram asperizadas com o disco de granulação grossa Sof-lex Pop-on padronizando o acabamento da superfície delas. Finalizado os polimentos, foi realizada análise da rugosidade superficial, utilizando o Microscópio de Mensuração a Laser 3D (LEXT OLS4000®).	Todas as resinas testadas apresentaram diferentes valores de rugosidade dependendo do material utilizado no polimento. Com base nos resultados obtidos, concluiu que a resina Z350 apresentou menor rugosidade utilizando-se os polidores Foto'cept e Opti1step, Palfique menor rugosidade com Sof-lex Pop-on, Herculite Précis com Foto'cept e Soflex Pop-on, Vittra com Sof-lex Pop-on e a resina Aura apresentou menor rugosidade com os polidores Sof-lex Pop-on e Opti1step.

Fonte: Próprios autores (2021).

DISCUSSÃO

O desgaste da resina composta é o resultado de diferentes processos complexos. HAHNEL *et al.* (2011) citam que esses processos dependem principalmente de fatores como: a natureza abrasiva dos alimentos, as propriedades do material antagônico, a espessura e dureza do esmalte, o comportamento da mastigação junto com hábitos parafuncionais e as forças neuromusculares. PRATAP *et al.* (2019) citam que a proporção entre as partículas de carga e a matriz orgânica, a perda de material por propagação de fissuras e bolhas de ar aprisionadas na matriz também estão relacionadas a esses fatores, sejam químicos ou mecânicos, que, quando unidos, dão origem à etiologia do desgaste da resina composta.

Verificou-se a veracidade da interferência na resistência dos compósitos resinosos quanto aos mecanismos advindos de soluções químicas comumente inseridas na dieta dos pacientes no estudo de KRÜGUER *et al.* (2018), quando o efeito do desgaste *in vitro* foi influenciado pela composição do material e pelo conteúdo de carga, cujo armazenamento das resinas em saliva artificial, ácido e etanol ocasionou diminuição da microdureza de todos os compósitos avaliados, revelando um alto risco de acúmulo de placa ao longo do tempo. Por outro lado, para Zhang *et al.* (2017), o desgaste da resina composta está diretamente relacionado às condutas seguidas pelos cirurgiões-dentistas, eles citam ainda que é fundamental buscar protocolos clínicos corretos que visem prevenir possíveis danos dessas restaurações frente ao mecanismo de desgaste.

Para Al Khuraif (2014), os níveis de desgaste da resina composta são advindos principalmente de forma mecânica (por meio da escovação dentária), seu estudo buscou avaliar a influência da escovação dentária no desgaste e rugosidade superficial de diferentes resinas compostas, os resultados mostraram que houve desgaste por escovação, aumentando significativamente a rugosidade para todas as resinas compostas utilizadas na pesquisa. Por outro lado, Silva *et al.* (2019) avaliaram a estabilidade de cor e dureza superficial de resinas compostas com diferentes composições e acrescentam que além do desgaste por meios de escovação, a composição das resinas compostas, assim como os abrasivos contidos nos dentifrícios se tornam fatores importantes no desempenho clínico dos materiais restauradores estéticos, uma vez que esses abrasivos afetaram diretamente a superfície das resinas.

No estudo de Yulianto *et al.* (2019), especulou-se que os mecanismos de desgaste da resina composta estejam ligados a enzimas salivares, ácidos e bactérias do microbioma salivar, e estimulam a degradação inicial de um composto resinoso e as partículas de carga ficam cada vez mais expostas, marcando então o início do desenvolvimento de um microbioma corrosivo. Somado a isso, KRÜZIC *et al.* (2018) relatam que compósitos a base de Bis-GMA/TEGDMA (bisfenol glicidil metacrilato/trietileno-glicol dimetacrilato) sofrem um maior desgaste comparados aos compósitos de UDMA/TEGDMA (uretano dimetacrilato/trietileno-glicol dimetacrilato) devido ao seu menor grau de conversão. Os au-

tores ressaltam a importância de ter o conhecimento sobre as implicações clínicas dessas restaurações causadas pelos mecanismos de desgaste e que esse aumenta a capacidade das bactérias de colonizar uma determinada área, assegurando um ambiente potencialmente favorável para cáries secundárias.

Já com relação à mensuração do brilho superficial da resina composta, no estudo de AlAli *et al.* (2021), foi relatado que a abrasão por escovação simulada levou a um aumento da rugosidade superficial e a diminuição do brilho para todos os materiais testados, enquanto Navimipour *et al.* (2019) concluíram que a rugosidade superficial de diferentes resinas compostas aumentou após escovação seguida de clareamento com peróxido de carbamida a 15%, sendo de maior intensidade para resinas microhíbridas e nanohíbridas e menor para resinas nanoparticuladas.

Ao analisar o efeito da abrasão dos dentífrícios clareadores sobre as superfícies de três resinas distintas, Kinoshita *et al.* (2016) afirmaram que além de procedimentos como escovação seguida de clareamento, a escovação propriamente dita, com dentífrícios clareadores/substâncias abrasivas, promoveu o aumento significativo da rugosidade superficial das resinas compostas testadas quando comparado com dentífrício convencional, podendo assim, diminuir a sua longevidade.

Portanto, para o sucesso e longevidade das restaurações de resina composta, é importante a aplicação de protocolos corretos. Nesse contexto, Santos (2018) afirmou em seu estudo que procedimentos de acabamento e polimento realizados de forma inadequada podem levar ao comprometimento da restauração por desgaste por fadiga. Já Heintze *et al.* (2019) afirmam complicações além dessa evidência e relata que partículas ingeridas devido ao desgaste por atrito e abrasão podem representar um risco à saúde do paciente, especialmente aquelas provenientes de materiais resinosos embora ainda não existem estudos clínicos sistemáticos sobre o assunto. Santos (2018) complementa, ainda, que o desgaste raramente compromete a função do sistema estomatognático ou dos dentes individualmente, no entanto, na maioria dos casos, gera um significativo problema estético que, consequentemente, motiva a necessidade de manutenção dessas restaurações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da literatura exposta, foi possível concluir que com o avanço e popularização das resinas compostas para tratamentos restauradores estéticos e conservadores, estudos aqui apontaram que variados fatores contribuem para mecanismos de desgaste da resina composta, tais como desgaste adesivo, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga e desgaste corrosivo, e que são as principais causas que contribuem para o fracasso das resinas compostas ao longo do tempo. Quanto a possíveis consequências, os autores aqui citados men-

cionam que o desgaste raramente compromete a função do sistema estomatognático ou dos dentes individualmente, no entanto, na maioria dos casos gera um significativo problema estético, que conseqüentemente motiva a necessidade de manutenção dessas restaurações. Além disso, as partículas ingeridas devido ao desgaste por atrito e abrasão podem representar um risco à saúde do paciente, especialmente aquelas provenientes de materiais resinosos, embora ainda não existam estudos clínicos sistemáticos sobre o assunto.

Como resultados dos estudos, foi mostrado que a perda de brilho, manchamento, infiltração marginal, cárie recorrente e desgaste (desgaste adesivo, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga e desgaste corrosivo) são os principais fatores que contribuem para o fracasso das resinas compostas ao longo do tempo. Além disso, soluções químicas comumente inseridas na dieta dos pacientes (como refrigerantes, álcool, bebidas energéticas, entre outros) quando em contato com a resina composta causam à longo prazo falhas significativas desses compósitos.

No entanto, entende-se que ainda existem muitas questões a serem consideradas quando realizados estudos de desgaste em laboratório e, até o momento, pouco foi iniciado em termos de padronização de métodos de teste ou relatórios de dados. Logo, é fundamental que os cirurgiões-dentistas conheçam as implicações clínicas envolvidas nos mecanismos de desgaste da resina composta, uma vez que os fatores estão diretamente ligados à cavidade oral do paciente.

REFERÊNCIAS

- ALALI, M.; SILIKAS, N.; SATTERTHWAITTE, N. The effects of toothbrush wear on the surface roughness and gloss of resin composites with various types of dies. **Journal Dentistry**, Basileia, Suíça, Jan 2021. <https://dx.doi.org/10.3390/dj9010008>
- AL KHURAIIF A.A.A. An in vitro evaluation of wear and surface roughness of particulate filler composite resin after tooth brushing. **Acta Odontologica Scandinavica**, Abingdon-Oxford, v.72, n.8, p.977-983, May 2014. <https://dx.doi.org/10.3109/00016357.2014.933251>
- ASSIS F, S.; *et al.* Assessment of bond strength, marginal integrity and fracture strength of incrementally filled versus volume restorations. **The Journal of Adhesive Dentistry**, Berlim, Alemanha, v.18, n.4, p.317-323, 2016. <https://dx.doi.org/10.3290/j.jad.a36516>
- ATALI, P.Y.; TOPBAYI, F.B. The effect of different bleaching methods on the surface roughness and hardness of composite resins. **Journal Of Dentistry and Oral Hygiene**, v.3, n.2, p.10-17, Feb 2011. Available online at <http://www.academicjournals.org/JDOH> ISSN 2141-2472
- BEIJELIC-DONOVA, J.; *et al.* Oxygen inhibition layer of composite resins: effects of layer thickness and surface layer treatment on the interlayer bond strength. **European Journal of Oral Sciences**, Copenhagen, v.123, n.1, p53-60, 2015. <https://doi: 10.1111/eos.12167>

BIJELIC-DONOVA, J.; Mechanical properties, fracture resistance, and fatigue limits of short fiber reinforced dental composite resin. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, New York, NY, v.115, n.1, p.95-102, 2016. [https://doi: 10.1016 / j.prosdent.2015.07.012](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.07.012)

BELLI, R.; *et al.* Mechanical fatigue degradation of ceramics versus resin composites for dental restorations. **Dental Materials**, Oxford, Reino Unido: Elsevier Science, v.30, n.4, p.424-432, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2014.01.003>

CAO, L.; *et al.* An in vitro investigation of wear resistance and hardness of composite resins. **International Journal of Clinical and Experimental Medicine**, Madison-Estados Unidos, v.6, n.6, p.423-430, Jun 2013. PMID: PMC3703112, PMID: 23844265

COSTA, H, B, S.; *et al.* Dureza superficial de resinas compostas nanoparticuladas e bulk fill expostas a suplementos nutricionais. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v.28, n.85, p.53-56, 2019. <https://doi.org/10.36065/robrac.v28i85.1312>

DE PAULA, A.B.; *et al.* Biodegradation and Abrasive Wear of Nano Restorative Materials. **Operative Dentistry**, Seattle, Univ. of Washington, v.36, n.6, p.670-677, 2011. <http://dx.doi.org/10.2341/10-221-L>

DIAS, S. T. Avaliação da influência de dentifrício branqueador na dureza e rugosidade superficiais de resinas compostas. Orientador: Débora Alves Nunes Leite Lima. **Tese de doutorado**- Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba, SP, 2020. <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/357397>

FERRACANE, J.L.; Resin-based composite performance: Are there some things we can't predict? **Dental Materials**, Kidlington, Oxford, Reino Unido: Elsevier Science, v.29, n.1, p.51-58, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2012.06.013>

HAHNEL, S.; *et al.* Two-body wear of dental restorative materials. **Journal of the mechanical behavior of biomedical materials**, Amsterdam: Elsevier, v.4, n.3, p.237-244, Jun 2011. [http://dx.doi: 10.1016 / j.jmbbm.2010.06.001](http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2010.06.001)

HAN, J.; *et al.* Abrasive wear and surface roughness of contemporary dental composite resin. **Dental Materials Journal**, Tokyo-Japão, v.33, n.6, p.725-732, May 2014. [https://doi:10.4012/dmj.2013-339](https://doi.org/10.4012/dmj.2013-339)

HEINTZE, S.D.; REICHL, F. X.; & HICKEL, R. Wear of dental materials: Clinical significance and laboratory wear simulation methods-A review. **Dental Materials Journal**, Tokyo, Japan. 2019. [http://dx.doi: 10.4012/dmj.2018-140](http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2018-140) JOI JST.JSTAGE/dmj/2018-140

JIN, J.; *et al.* Surface properties of universal and flowable nanohybrid composites after simulated tooth brushing. **American Journal of Dentistry**, v.27, n.3, Jun 2014.

KARATAS, O., *et al.* An evaluation of surface roughness after staining of different composite resins using atomic force microscopy and a profilometer. **Microscopy Research e Thechnique**, New York, EUA, May 2020. [https://doi: 10.1002/jemt.23519](https://doi.org/10.1002/jemt.23519)

KHVOSTENKO, D.; *et al.* Cyclic mechanical loading promotes bacterial penetration along composite restoration marginal gaps. **Decision Support Systems**, Reino Unido: Elsevier Science, v.31, n.6, p.702-710, Dec 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2014.11.007>

KINOSHITA, R.Y.O.; *et al.* Effect of whitening dentifrices on surface roughness of dental nanofiller-based composite. **Brazilian Dental Science**, v.19, n.3, Sep 2016. <https://doi.org/10.14295/bds.2016.v19i3.1271>

KOOTTATHAPE, N.; *et al.* Two- and three-body wear of composite resins. **Dental Materials-Elsevier**, Copenhagen, v.28, n.12, p.1261-1270, Sep 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2012.09.008>

KRÄMER, N.; REINELT, C.; FRANKENBERGER, R. Ten-year clinical performance of posterior composite resin restorations. **Journal Adhes Dent**, New Malden, v.17, n.5, p.433-441, 2015. <http://dx.doi.org/10.3290/j.jad.a35010>

KRUGER, J.; *et al.* In vitro aging behavior of dental composites considering the influence of filler content, storage media and incubation time. **Plos One**, San Francisco, CA: Public Library of Science, Abr 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195160>

KRUZIC, J.; *et al.* Recent advances in understanding the fatigue and wear behavior of dental composites and ceramics. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, Amsterdã: Elsevier, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.08.008>

LAI, G.; *et al.* Surface properties and color stability of dental flowable composites influenced by simulated toothbrushing. **Dental Materials Journal**, v.37, n.5, p.717-724. Sep 2018.

<https://dx.doi.org/10.4012/dmj.2017-233>

LAWSON, N.C.; *et al.* Characterization of third-body media particles and their effect on in vitro composite wear. **Dental Materials**, Idlington, Oxford, Reino Unido: Elsevier, v.28, n.8, p.118-126, Apr 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2012.04.021>

MALAVASI, C.V.; *et al.* Surface Texture and Optical Properties of Self-Adhering Composite Materials after Toothbrush Abrasion. **The journal of contemporary dental practice**, v.16, p.775-782. Oct 2015, PMID: 26581456, <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1756>

MANOJLOVIC, D.; *et al.* Effects of a low-shrinkage methacrylate monomer and monoacylphosphine oxide photoinitiator on curing efficiency and mechanical properties of experimental resin-based composites. **Materials Science and Engineering C**, Amsterdã: Elsevier, v.58, p.487-494, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.08.054>

NAVIMIPOUR, E.J.; *et al.* Surface roughness of different composite resins after application of 15% carbamide peroxide and brushing with toothpaste: an in-vitro study. **Frontiers in Dentistry**, Teerã, Irã, v.16, n.1, p.55-61. <https://doi.org/10.18502/fid.v16i1.1109>

NUNES, M. C.; PORCELLI, I. C. S.; FRANCO, E. B. Avaliação da microdureza e desgaste por escovação simulada de uma resina composta, em função de diferentes fontes de luz e energias de ativação. **Oral Science**, v.8, n.1, p.4-9. Jan 2016. <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/oralsciences/article/view/9606/6426>

OLIVEIRA, G.U.; *et al.* Impact of filler size and distribution on roughness and wear of composite resin after simulated toothbrushing. **Journal of Applied Oral Science**, Bauru, SP: Faculdade de Odontologia de Bauru, USP, v.20, n.5, p.510-516, Sep 2011. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000500003>

ORLANDO, L. D. Comparação do efeito da ciclagem de pH e escovação simulada em superfície de resinas compostas convencional e bulk-fill. Orientador: Luís Roberto Marcondes Martins, 1960. **Dissertação de mestrado**- Universidade Estadual de Campinas,

Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba, SP, 2020. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/340490>

PANAHANDEH, N.; *et al.* Effect of water storage on flexural strength of silorane and methacrylate-based composite resins. **Restorative Dentistry and Endodontics**, Coréia do Sul, v.42, n.4, p.309, Oct 2017. <https://doi.org/10.5395/rde.2017.42.4.309>

PEUTZFELDT, A.; *et al.* Marginal Gap Formation in Approximal “Bulk Fill” Resin Composite Restorations After Artificial Ageing. **Operative Dentistry**, Seattle, Univ. of Washington, School of Dentistry, v.43, n.2, p.180-189, 2018. <https://doi.org/10.2341/17-068-L>

PIENIAK, D. Hardness and Wear Resistance of Dental Biomedical Nanomaterials in a Humid Environment with Non-Stationary Temperatures. **Materials**, Basel, Suíça, v.13, n.5, p.1255, Mar 2020. <https://doi.org/10.3390/ma13051255>

PINNA, R.; *et al.* The role of adhesive materials and oral biofilm in the failure of adhesive resin restorations. **American Journal of Dentistry**, v.30, n.5, p.285-292, Oct 2017. PMID: 29178733

PRATAP, B.; *et al.* Resin based restorative dental materials: characteristics and future perspectives. **Japanese Dental Science Review**, Amsterdam; Londres: Elsevier. v.55, n.1, p. 126–138, 2019. <http://doi.org/10.1016/j.jdsr.2019.09.004>

RAJAN, V, V.; *et al.* Effects of tooth brushing on wear, surface roughness, and color stability of composite resins-A review. **Journal Pharm Research**, v.12, p.95-102, 2018.

ROQUE, A.C.; *et al.* Surface Roughness of Composite Resins Subjected to Hydrochloric Acid. **Brazilian Dental Journal**, v.6, n.26, p.268-271. May 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201300271>

SANTOS, L.O. Avaliação dos procedimentos de polimento em resinas compostas por meio de diferentes sistemas de polidores. Orientador: Bruno Rodrigues Reis. **Trabalho de Conclusão de Curso-Graduação em Odontologia**-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Mai 2018. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21639>

SHIMOKAWAI, C. A. K.; *et al.* Efeito da redução da intensidade luminosa inicial na polimerização de uma resina composta fotoativada com luz halógena e distanciamento do ponto ativador. **Revista de Pós Graduação**, v.19, n.2, p.64-68. ISSN 0104-5695.

SIDI, A.; *et al.* Water as a morphological probe to study polymer-filler interfaces: an original application of thermoporosimetry. **Physical Chemistry Chemical Physics**, Cambridge-Inglaterra, v.17, n.28, p.18751-18760, Jun 2015. <https://doi.org/10.1039/C5CP02116B>

SILVA T.M, *et al.*, Surface degradation of composite resins under staining and brushing challenges. **Journal of Dental Sciences**, v.14, n.1, p.87-92, Mar 2019. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2018.11.005>

SOARES, L.E.S.; *et al.* Scanning Electron Microscopy and Roughness Study of Dental Composite Degradation. **Microscopy Microanalysis**. v.18, p.289-294, Dec 2012. <http://dx.doi.org/10.1017/S1431927611012785>

SZCZESIO-WLODARCZYK, A.; *et al.* Ageing of Dental Composites Based on Methacrylate Resins-A Critical Review of the Causes and Method of Assessment. **Polymers**, Suíça, v.12, n.4, p.882, April 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/polym12040882>

TSENG, C.C.; *et al.* Surface degradation effects of carbonated soft drink on a resin based dental compound. **Henlyon**, Londres: Elsevier, v.7, Feb 2021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06400>

TSUJIMOTO, A.; *et al.* Wear of resin composites: Current insights into underlying mechanisms, evaluation methods and influential factors, Japanese. **Dental Science Review**, Amsterdam; Londres: Elsevier. v.54, n.2, p.76–87, nov. 2017. <http://doi: 10.1016 / j.jdsr.2017.11.002>

VAN DE SANDE, F. H.; *et al.* 18-year survival of posterior composite resin restorations with and without glass ionomer cement as base. **Dental Materials**, Elsevier, Copenhagen Munksgaard, v.31, n.6, p.669-675, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2015.03.006>
WANG, X.; *et al.* High performance dental resin composites with hydrolytically stable monomers. **Dental Materials** Elsevier, Copenhagen Munksgaard, v.34, n.2, p.228-237, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.007>

WULFMAN, C.; KOENIG, V.; MAINJOT, A.K. Wear measurement of dental tissues and materials in clinical studies: A systematic review. **Dental Materials**, Kidlington, Oxford, Reino Unido: Elsevier Science, v.34, n.6, p. 825-850, 2018. <https://doi: 10.1016/j.dental.2018.03.002>

YULIANTO, H, D, K.; *et al.* Biofilm composition and composite degradation during intra-oral wear. **Dental Materials**, Reino Unido: Elsevier, v.35, p.740-750, Feb 2019. <http://doi: 10.1016 / j.dental.2019.02.024>

ZICA, J.S.S.; *et al.* Comparative analysis of the surface roughness of conventional resins and filling after immersion in mouthwashes. **Brazilian Journal Of Oral Sciences**, Jun, 2020. <ttp://dx.doi.org/10.20396/bjos.v19i0.8658569>

ZHANG, Z.H.; *et al.* On the durability of resin-dentin bonds: Identifying the weakest links. **Dental Materials**, Kidlington, Oxford, Reino Unido: Elsevier, v.31, n.9, p.1109-1118, Jun 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2015.06.011>

ZHANG, Z.H. Fatigue resistance of dentin bonds prepared with two- vs. three-step adhesives: Effect of carbodiimide. **Dental Materials**. Kidlington, Oxford, Reino Unido: Elsevier, v.33, n.12, p.1340-1350. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016 / j.dental.2017.08.192>