

PATRICK CHAVES LOPES

RESISTÊNCIA À ABRASÃO E À PIGMENTAÇÃO EXTRÍNSECA DE RESINAS  
COMPOSTAS TIPO “*BULK FILL*”

BRASÍLIA

2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

PATRICK CHAVES LOPES

RESISTÊNCIA À ABRASÃO E À PIGMENTAÇÃO EXTRÍNSECA DE RESINAS  
COMPOSTAS TIPO “*BULK FILL*”

Dissertação apresentada como requisito  
parcial para a obtenção do título de Mestre em  
Ciências da Saúde no Programa de Pós-  
Graduação em Ciências da Saúde da  
Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Augusto Hilgert

BRASÍLIA

2018

PATRICK CHAVES LOPES

RESISTÊNCIA À ABRASÃO E À PIGMENTAÇÃO EXTRÍNSECA DE RESINAS  
COMPOSTAS TIPO “*BULK FILL*”

Dissertação apresentada como requisito  
parcial para a obtenção do título de Mestre em  
Ciências da Saúde no Programa de Pós-  
Graduação em Ciências da Saúde da  
Universidade de Brasília.

Aprovado em 08 de agosto de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leandro Augusto Hilgert

Universidade de Brasília

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Cristina Pimentel Garcia

Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos José Soares

Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Celso de Freitas Pedrosa Filho

Universidade de Brasília

*Dedico este trabalho à Deus, por me guiar,  
me acompanhar e tornar todo isto possível.*

*Aos meus pais, minha base, meu clã,  
meu maior orgulho e grande responsáveis  
por eu ter chegado aqui.*

*Ao meu filho, Miguel, que está chegando  
mas já é luz na minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. **Leandro Hilgert**, amigo, mestre e grande exemplo profissional e pessoal para mim. Obrigado por ter acreditado em mim, possibilitando que hoje eu pudesse estar aqui. Obrigado pelos ensinamentos, dentro e fora da sala de aula, pela paciência, pelos puxões de orelha e pela confiança. Foi uma enorme honra conviver e trabalhar com o senhor esses dois anos.

Aos meus pais, **Ricardo** e **Silvana**, por todo carinho, atenção, dedicação e confiança que me deram. Vocês sempre priorizaram minhas necessidades frente às suas. Espero um dia poder retribuir pelo menos metade do tanto que fizeram por mim. Serei sempre devoto a vocês.

Aos meus irmãos, **Erik** e **Derek**, por todo o companheirismo e apoio nesses 20 anos de convivência. Vocês me ensinam muito. Somos o tripé base da nossa alcateia, e vamos sempre nos apoiar.

Ao Prof. Dr. **Carlos José Soares**, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, por ceder o laboratório CPBio para que parte da minha pesquisa pudesse ser realizada. Obrigado por repartir seus conhecimentos e por toda disponibilidade e auxílio na construção dessa pesquisa.

Ao aluno de doutorado **Andomar Vilela**, da Universidade Federal de Uberlândia, pela parceria e disposição ao me receber em Uberlândia. Sua ajuda foi essencial e sem a qual eu não poderia executar este projeto. Você se tornou um grande amigo, uma pessoa extremamente capaz, com um coração gigante.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> **Fernanda Cristina Pimentel Garcia** por ser tão gentil e zelosa. Obrigado pelo apoio no projeto e na ideia desse trabalho, suas colocações foram essenciais.

À minha namorada **Lívia**, por estar presente nos últimos 6 meses na minha vida. Você se tornou uma pessoa especial e única na minha vida. Por ser uma grande companheira, pelo carinho, pelo apoio incondicional.

Às queridas amigas do time dentística, **Marília, Mayla, Dani, Paty e Lari**. Obrigado pelos momentos de descontração e todo apoio durante a pesquisa. Ninguém constrói nada sozinho, e vocês me ajudaram dentro e fora do mestrado.

Aos meus amigos **Mene, Bruno, Parry, Lipe, PH, Pitta e Vítor**, vocês são minha segunda família e o apoio da brotherhood é primordial em tudo que faço. Agradeço de coração a todos vocês.

Ao **Lincoln Queirós** e todo o time **ClickDent**, por me acolher e possibilitar a conclusão desse trabalho, sem perder a competência e executando uma odontologia de alto nível. Tenho muito orgulho em representar vocês!

À **Lídia** e à profa. **Eliete** do Laboratório de Histopatologia Oral, pelo apoio e uso dos equipamentos no preparo dos espécimes.

À **Ingrid** e ao **Igor** do Laboratório de Microscopia e Microanálise (LMM) do Instituto de Ciências Biológicas (IB), pela ajuda e análise dos espécimes no MEV.

Às empresas **FGM** e **3M ESPE** pela doação de alguns dos materiais utilizados neste estudo.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde** da Universidade de Brasília pela oportunidade dada para engrandecer a minha formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela bolsa de mestrado concedida durante a realização da minha pós-graduação.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

*"Não importa o que você seja, quem você seja,  
ou que deseje na vida, a ousadia em ser diferente reflete  
na sua personalidade, no seu caráter, naquilo que você é.  
E é assim que as pessoas lembrarão de você um dia."*

*Ayrton Senna*

## RESUMO

Este estudo *in vitro* teve como objetivos: (1) avaliar a rugosidade superficial promovida pela escovação simulada em resinas *bulk fill* de viscosidade regular, resinas *bulk fill* fluidas e resinas compostas convencionais; (2) avaliar a pigmentação extrínseca das resinas *bulk fill* de viscosidade regular, *bulk fill* fluidas e resinas compostas convencionais; e (3) avaliar se o repolimento das superfícies das resinas submetidas à pigmentação é capaz de devolver a cor próxima à inicial. 22 espécimes de cada resina (Filtek Z350 XT, Vittra APS, IPS Empress Direct, Filtek *Bulk Fill*, Opus *Bulk Fill*, Tetric N-Ceram *Bulk Fill*, Filtek *Bulk Fill Flow*, Opus *Bulk Fill Flow* e Surefil SDR *Flow*) foram confeccionados. Dez espécimes de cada resina sofreram abrasão superficial por escovação simulada (7.320 ciclos; 200g) e foram avaliados em rugosímetro (SJ-310 Mitutoyo). Outros dez espécimes foram submersos em café (7 dias, 37°C), submetidos a fotografias padronizadas e mensuração de cor usando o sistema de cor CIELAB em três momentos diferentes: inicial, sete dias e pós repolimento. Dois espécimes de cada resina foram separados para análise das características morfológicas das partículas de carga das resinas em MEV. Os dados foram analisados estatisticamente pelos testes ANOVA e Tukey *post hoc* ( $\alpha=0,05$ ). Os valores de rugosidade ( $R_a$ ) das resinas aumentaram após a escovação e houve diferença estatisticamente significativa entre as resinas. A rugosidade pós-escovação e a diferença de rugosidade ( $\Delta R_a$ ) foram maiores nas resinas *bulk fill* fluidas, seguidas pelas resinas *bulk fill* de viscosidade regular e resinas compostas convencionais. Após o período de 7 dias de imersão no café, todas as resinas apresentaram pigmentação ( $\Delta E \geq 8$ ). O repolimento reduziu os valores de  $\Delta E$  para todas as resinas. A análise das partículas de carga por MEV mostrou variações morfológicas entre as resinas compostas. As resinas *bulk fill* fluidas sofreram mais desgaste superficial promovido pela escovação simulada, seguidas pelas resinas *bulk fill* de viscosidade regular e resinas compostas convencionais. Todas as resinas sofreram pigmentação e alteração de cor quando submetidas à imersão em café por 7 dias. O repolimento das superfícies das resinas submetidas à pigmentação foi capaz de remover parte dos pigmentos, mas não dentro do limite de aceitação estético.

**Palavras-chaves:** resinas compostas; escovação dentária; pigmentação; polimento dentário.

## ABSTRACT

The objectives of this *in vitro* study were: (1) to evaluate surface roughness promoted by simulated toothbrushing in bulk fill resins of regular viscosity, flowable bulk fill resins and conventional composite resins; (2) to evaluate extrinsic pigmentation of bulk fill resins of regular viscosity, flowable bulk fill resins and conventional composite resins; and (3) to evaluate if repolishing of resins subjected to pigmentation is able to return color close to initial. 22 specimens of each resin (Filtek Z350 XT, Vittra APS, IPS Empress Direct, Filtek Bulk Fill, Opus Bulk Fill, Tetric N-Ceram Bulk Fill, Filtek Bulk Fill Flow, Opus Bulk Fill Flow and Surefil SDR Flow) were made. Ten specimens of each resin had surface abrasive by simulated toothbrushing (7,320 cycles, 200g) and were evaluated by rugosimeter (SJ-310 Mitutoyo). Ten other specimens were submerged in coffee (7 days, 37°C), submitted to standardized photographs and color measurement using the CIELAB color system at three different times: baseline, seven days and post-repolishing. Two specimens of each resin were separated for analysis of the morphological characteristics of filler particles in SEM. Data were analyzed statistically by ANOVA and Tukey post hoc tests ( $\alpha=0.05$ ). The surface roughness (Ra) of all resins increased after the brushing and there was statistically significant difference between them. Post-brush roughness and roughness difference ( $\Delta Ra$ ) were higher in flowable bulk fill resins, followed by bulk fill resins of regular viscosity and conventional composite resins. After the 7-day immersion period in coffee, all resins presented pigmentation ( $\Delta E \geq 8$ ). Repolishing reduced  $\Delta E$  values for all resins. SEM analysis showed morphological variations among all composite resins. Flowable bulk fill resins suffered more surface wear promoted by simulated brushing, followed by bulk fill resins of regular viscosity and conventional composite resins. All resins underwent pigmentation and color change when submitted to immersion in coffee for 7 days. Repolishing the surface of resins subjected to pigmentation was able to remove some of the pigments, but not within the limit of aesthetic acceptance.

**Keywords:** composite resins; toothbrushing; pigmentation; dental polishing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Inserção da resina composta no molde. A, resinas fluídas. B, resinas de alta viscosidade (convencionais e <i>bulk</i> ) .....	29
Figura 2 – Polimento dos espécimes em politriz .....	30
Figura 3 – Análise de rugosidade dos espécimes. A, leitura no rugosímetro. B, transcrição dos dados no software .....	31
Figura 4 – Máquina de escovação simulada. Posicionamento de 10 espécimes com a solução de dentifrício e as escovas .....	32
Figura 5 – Sequência de acabamento e polimento. Discos abrasivos Sof-lex série laranja: A, granulação grossa. B, granulação média. C, granulação fina. D, granulação extrafina. E, disco de feltro com pasta de polimento .....	32
Figura 6 – Mensuração de cor a partir de 5 pontos para obtenção dos valores de L*, a* e b* no Photoshop .....	33
Figura 7 – Recipientes utilizados para pigmentação. Espécime submersos em 5ml de café .....	34
Figura 8 – Fotos da evolução da pigmentação das resinas após a imersão em café.....	42
Figura 9 – Micrografia MEV da resina Filtek Z350 XT. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	43
Figura 10 – Micrografia MEV da resina Vittra APS. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	43
Figura 11 – Micrografia MEV da resina Empress Direct. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	43
Figura 12 – Micrografia MEV da resina Filtek One Bulk. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	44

Figura 13 – Micrografia MEV da resina Opus Bulk. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	44
Figura 14 – Micrografia MEV da resina Tetric N Bulk. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	44
Figura 15 – Micrografia MEV da resina Filtek Bulk Flow. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	45
Figura 16 – Micrografia MEV da resina Opus Bulk Flow. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	45
Figura 17 – Micrografia MEV da resina SDR Bulk Flow. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das resinas compostas utilizadas .....	28
Tabela 2 - Média (desvio-padrão) e grupamentos estatísticos da rugosidade Ra em $\mu\text{m}$ .....	37
Tabela 3 - Média (desvio-padrão) e grupamentos estatísticos da rugosidade Ra em $\mu\text{m}$ .....	38
Tabela 4 - Média (desvio-padrão) de $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ do sistema CIELAB .....	39
Tabela 5 - Valores de $\Delta E$ (desvio-padrão) e grupamentos estatísticos .....	40
Tabela 6 – Valores de $\Delta E$ (desvio-padrão) e grupamentos estatísticos .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PMMA - Polimetil metacrilato

BisGMA - Bisfenol A glicidil dimetacrilato

TEGDMA – Trietilenoglicoldimetacrilato

UDMA - Uretano dimetacrilato

BisEMA - Bisfenol A dimetacrilato etoxilado

Ra - Rugosidade superficial

$\Delta R_a$  - Variação de rugosidade superficial

L\* - Luminosidade

a\* - Grau de saturação da cor no eixo verde-vermelho

b\* - Grau de saturação da cor no eixo azul-amarelo

$\Delta E$  - Variação de cor

MEV - Microscopia eletrônica de varredura

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	20
2.1 RESINAS COMPOSTAS.....	20
2.2 RUGOSIDADE SUPERFICIAL .....	22
2.3 PIGMENTAÇÃO EXTRÍNSECA .....	24
3. OBJETIVOS .....	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	28
4.1 PREPARAÇÃO DOS ESPÉCIMES .....	29
4.2 ANÁLISE DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE .....	30
4.3 ABRASÃO SUPERFICIAL .....	31
4.4 ANÁLISE DE COR .....	32
4.5 PIGMENTAÇÃO POR IMERSÃO EM SOLUÇÕES CORANTES .....	34
4.6 REPOLIMENTO .....	35
4.7 ANÁLISE DAS PARTÍCULAS DE CARGA .....	35
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	35
5. RESULTADOS .....	37
5.1 RUGOSIDADE SUPERFICIAL .....	37
5.2 PIGMENTAÇÃO EXTRÍNSECA .....	39
5.3 PARTÍCULAS DE CARGA .....	41
6. DISCUSSÃO .....	47
7. CONCLUSÃO .....	54
BIBLIOGRAFIA .....	56

# Introdução

## 1. INTRODUÇÃO

Materiais restauradores estéticos têm sido cada vez mais utilizados devido à alta demanda dos pacientes. As resinas compostas tornaram-se a primeira opção para a realização de restaurações diretas. A sua capacidade de reproduzir a cor e a translucidez dos dentes (1), assim como suas propriedades mecânicas adequadas para uso em qualquer área da arcada, permitem sua ampla utilização na clínica odontológica. É provável que o uso desses materiais continue a crescer tanto em frequência quanto em aplicação devido à sua versatilidade (2).

Todo material deve ter integridade mecânica suficiente para se manter em função na cavidade oral por um longo período de tempo, e diversos fatores são determinantes para sua longevidade clínica. O material estará suscetível à carga oclusal, abrasão por escovação, alimentos ácidos e com capacidade de pigmentação e diversos outros fatores de alteração consequentes do comportamento do paciente. Forma anatômica, integridade marginal, resistência à abrasão, estabilidade de cor, cárie secundária, entre outros fatores (3), são deficiências que reduzem o tempo de vida de uma restauração e representam a força motriz para a melhoria dos materiais.

A higiene bucal adequada realizada pela escovação é um dos principais meios de prevenção da desmineralização dos tecidos dentários e da formação de lesões de cárie. Porém, o desgaste causado pela escovação em resinas compostas pode influenciar suas propriedades mecânicas e óticas. A rugosidade da superfície pode aumentar devido à abrasão da sua matriz resinosa e do deslocamento de partículas de carga inorgânica (4). Essa superfície alterada favorece o acúmulo de placa e uma maior retenção de pigmentos (5).

Diversos artigos demonstraram recentemente a influência da escovação na rugosidade superficial de dentes e restaurações (4,6-13), e a relação direta entre a rugosidade e a suscetibilidade à pigmentação extrínseca (14-17). Dessa forma, não somente restaurações que sofreram desgaste (aumento da rugosidade) são mais suscetíveis ao manchamento, mas também restaurações que não foram acabadas e polidas (17). Fato muito importante em restaurações posteriores que, em muitos casos, não tem sua superfície devidamente polida.

Outro fator que pode modificar as propriedades físicas dos materiais resinosos são as alterações das condições químicas presentes na boca. A exposição à grande variedade de comidas e bebidas altera o ambiente oral e pode prejudicar intrinsecamente e extrinsecamente as restaurações (18). A pigmentação intrínseca envolve alterações na estrutura da resina composta. A alteração de cor por pigmentação extrínseca está relacionada à absorção de manchas na superfície externa da restauração, por sua rugosidade, hábitos alimentares, cigarro e higiene oral do paciente (19).

Recentemente foram introduzidas no mercado as resinas *bulk fill*, que têm como característica a possibilidade de utilização de um único incremento de até 5 mm de espessura. Esta nova técnica só é possível devido às estratégias tomadas pelos fabricantes com o objetivo de aumentar a profundidade de polimerização e reduzir a tensão gerada pela fotoativação de grandes incrementos (20). Entre elas estão: a maior translucidez das resinas, o uso de fotoiniciadores alternativos, o uso de “moduladores de polimerização” e o uso de monômeros menos viscosos.

As resinas *bulk fill* estão disponíveis em duas formas de apresentação. A primeira em viscosidade regular para ser utilizada em preenchimento único de até 5mm (dependendo da indicação do fabricante). As resinas *bulk fill* de viscosidade regular permitem a recuperação completa de cavidades sem a necessidade de colocação de camadas, como a técnica incremental (21). A segunda opção são as resinas *bulk fill* fluidas, que possuem viscosidade baixa. São indicadas como forramento ou base da cavidade (até 5mm) e necessitam de uma cobertura por resina composta convencional na face oclusal (21). Apesar dos fabricantes recomendarem a utilização das resinas *bulk fill* fluidas como base das restaurações posteriores (que dessa forma não teriam contato com desgaste abrasivo e pigmentação) em procedimentos restauradores na região proximal, a resina ficará exposta ao meio bucal, ficando também sujeita à pigmentação por substâncias extrínsecas e abrasão superficial.

Muitos materiais novos têm sido desenvolvidos e existe uma tendência no uso de resinas *bulk fill* entre os profissionais por ser um procedimento considerado mais simples, fácil e rápido (22). Utilizar técnicas que possam prolongar a longevidade e diminuir os custos é muito importante como um fator de relevância econômica e social.

Por ser um tema de grande interesse e existir pouca literatura disponível sobre o seu desempenho a longo prazo, torna-se fundamental a compreensão dos fatores que envolvem a suscetibilidade à pigmentação e à abrasão superficial das resinas *bulk fill*, e compará-las com resinas compostas convencionais para a seleção do material restaurador mais apropriado para cada situação.

# **Fundamentação Teórica**

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 RESINAS COMPOSTAS

Para devolver forma e função dos elementos dentários, existem diversas opções de materiais restauradores diretos e indiretos. A resina composta, por ser um material versátil e apresentar boas propriedades mecânicas e óticas, se tornou material de escolha para diversos casos. Porém, a busca por materiais que apresentem além destas qualidades, uma manipulação fácil, menor custo e longevidade ainda são os objetivos de pesquisas mais recentes (23).

Desde o início da década de 60, quando os compósitos surgiram, diversas estratégias visando aumentar a resistência das resinas e, conseqüentemente, melhorar as propriedades mecânicas existiam. A substituição da matriz de PMMA (polimetil metacrilato) pelo BisGMA (bisfenol A glicidil dimetacrilato), alternativa encontrada por Bowen (24), foi a forma de alterar a matriz resinosa e diminuir a contração de polimerização. Porém, o BisGMA possui uma alta viscosidade, o que dificulta a incorporação dos componentes e restringe a mobilidade das moléculas durante a polimerização (25).

A incorporação de monômeros de baixa viscosidade, como o TEGDMA (trietilenoglicoldimetacrilato), e posteriormente o UDMA (uretano dimetacrilato) e o BisEMA (bisfenol A dimetacrilato etoxilado) entre outros, foi necessária para melhorar a manipulação e facilitar a incorporação das partículas inorgânicas ao material (2,26). A diluição do BisGMA possibilita a obtenção de uma resina com maior conteúdo inorgânico. Entretanto, pode resultar em um aumento da contração de polimerização pela diferença de tamanho das moléculas dos monômeros incorporados (25).

Com uma maior quantidade de partículas inorgânicas, o volume ocupado pela matriz orgânica é menor e, conseqüentemente, diminui o número de grupos reativos metacrilatos, o que produz uma contração final menor (27).

Outro avanço que melhorou a qualidade dos compósitos foram as modificações do conteúdo inorgânico. Mudanças no tipo de carga, tamanho, quantidade e formato das partículas concederam às resinas compostas melhores propriedades de

resistência ao desgaste, de polimento, de translucidez e de resistência mecânica, além da redução da contração e do estresse gerado pela polimerização (2).

A polimerização das resinas compostas ocorre em uma reação de adição. A canforoquinona absorve a luz azul no comprimento de onda de 400 a 550 nm (absorção máxima em 470 nm) (28), e sendo excitada, reage com a amina terciária resultando na formação dos radicais livres. Estes radicais reagem com o monômero quebrando as ligações duplas de carbono, gerando uma reação em cadeia, e induzindo a união de outros monômeros, formando cadeias poliméricas entrelaçadas (29).

À medida que a reação de polimerização ocorre e as cadeias poliméricas começam a se formar, o peso molecular e o grau de conversão aumentam, assim como a dureza da resina. Porém, nesse momento inicia outro fenômeno característico dos materiais poliméricos, a contração de polimerização. Este fenômeno ocorre devido a aproximação das moléculas monoméricas (na formação das cadeias) causando uma diminuição do volume (30).

Essa contração volumétrica é determinada por fatores intrínsecos ligados à composição, como a matriz monomérica, a quantidade e o tamanho da carga, além do grau de conversão da matriz resinosa (31), do módulo de elasticidade, da sorção de água (32) e de outros fatores extrínsecos, como intensidade da fonte de luz e configuração cavitária.

O acúmulo de estresse causado pela contração volumétrica que ocorre durante a polimerização, afeta negativamente a manutenção da interface adesiva entre a resina e o tecido dental, e pode levar a falhas como o aparecimento de fendas, manchamentos, cáries marginais e até a fratura do dente e/ou restauração (33).

Um das opções para minimizar os efeitos prejudiciais da tensão de contração sem diminuir o grau de conversão das resinas é a utilização da técnica de inserção incremental. Este método diminui a indução de tensões de contração nas paredes cavitárias e evita subpolimerização das camadas mais profundas da restauração (34). Contudo, em restaurações profundas e extensas demanda um maior tempo clínico, aumentando a chance de erros como a contaminação entre incrementos e a incorporação de bolhas entre camadas (35).

Visando a busca por novos materiais que permitam a diminuição do tempo clínico e a facilitação da técnica restauradora, surgem as resinas de incremento único, tipo *bulk fill* (preenchimento em massa). Permitindo incrementos de até 5 mm de espessura com polimerização adequada e que, segundo seus fabricantes, não produz tensões exageradas pela contração de polimerização, nem afetam a adaptação à cavidade ou o grau de conversão (36).

Para se utilizar incrementos mais espessos, foi necessário alterar a dinâmica do fotoiniciador e aumentar a translucidez (37), para permitir a passagem de luz e uma polimerização mais profunda (35). O sistema de fotoiniciação destas resinas permaneceu baseado na canforoquinona, semelhante ao encontrado nas resinas convencionais (38), porém alguns fabricantes utilizaram co-iniciadores alternativos para aumentar o grau de conversão das resinas em profundidade, como por exemplo, o Ivocerin presente na resina Tetric N-Ceram *bulk fill* (39).

A principal inovação destes materiais está na modificação e adição de componentes na estrutura química e molecular das resinas, visando diminuir o estresse da contração de polimerização sem prejudicar o grau de conversão. Estratégias como reduzir o percentual de monômeros, aumentar o tamanho das partículas inorgânicas, utilizar partículas pré-polimerizadas, reduzir o número de ligações covalentes formadas, entre outras, já são utilizadas entre os fabricantes. Outra modificação é a utilização de “moduladores de polimerização”. Componentes químicos adicionados à porção orgânica da resina com a função de aumentar a flexibilidade e aliviar a rede polimerizada (40).

## 2.2 RUGOSIDADE SUPERFICIAL

Restaurações de resina composta em dentes posteriores são submetidas a uma ampla gama de tensões mecânicas e efeitos químicos, como mastigação de alimentos, escovação e bruxismo inconsciente (41). Se as tensões aplicadas às restaurações de resina composta excederem a resistência mecânica do material, pode ocorrer desgaste e como consequência, aumento da rugosidade das superfícies,

levando-as a perder sua forma (42). Assim, a resistência ao desgaste de um compósito de resina é primordial para a estabilidade a longo prazo das restaurações.

O desgaste abrasivo de resinas compostas é influenciado por muitos fatores. A forma, o tamanho, a quantidade, a orientação e a distribuição das partículas de carga estão diretamente relacionados à dureza e rugosidade da superfície (43). O tipo de matriz resinosa e os foto-iniciadores para polimerização do compósito também influenciam. Estudos demonstraram que o desgaste abrasivo é reduzido quando o tamanho ou o espaçamento entre as partículas de carga é reduzido e quando o grau de conversão da matriz da resina é aumentado (44). Outro fator importante é o tipo de superfície abrasiva e partículas abrasivas. Se o compósito de resina for mais duro que o abrasivo, o desgaste é bastante reduzido e, à medida que o abrasivo se torna mais duro, o desgaste abrasivo aumenta (45).

Atualmente, os estudos têm demonstrado que o desgaste tem sua origem multifatorial (46). A abrasão é uma importante forma de desgaste do ambiente bucal, que varia de acordo com a localização da restauração. A escovação pode causar abrasão a qualquer superfície dental exposta, enquanto o desgaste oclusal é limitado para superfícies de contato (41). Diversos estudos demonstraram a abrasão por escovação como uma possibilidade de alterar a superfície das restaurações (4,6-13).

Apesar da importância da escovação para a manutenção da saúde bucal, ela pode levar ao estresse mecânico e químico dos materiais restauradores, principalmente resinas compostas (10). O dentífrico deve promover a limpeza ideal da superfície do dente com o mínimo de abrasão (11). A quantidade de desgaste causada pela escovação dentária depende principalmente dos hábitos de escovação, da qualidade das escovas e do dentífrico utilizado (10).

Hoje em dia é muito importante considerar os possíveis efeitos adversos dos dentífricos, não apenas na estrutura dentária, mas também nos materiais restauradores, porque muitos dentífricos têm alta abrasividade, geram um maior desgaste e um aumento na rugosidade da superfície (12).

A perda do polimento superficial das restaurações pode causar acúmulo de biofilme, irritação gengival, comprometimento estético e pode acelerar a sua degradação (13). O acabamento e o polimento adequados das resinas compostas são

procedimentos clínicos críticos que aumentam a estética e a longevidade das restaurações (47).

A rugosidade da superfície é o principal contribuinte para a pigmentação extrínseca de restaurações de resina composta (15).

### 2.3 PIGMENTAÇÃO EXTRÍNSECA

Uma restauração bem-sucedida de resina composta não deve apenas demonstrar alta resistência e durabilidade, mas também deve ser esteticamente agradável (48). A correspondência e a estabilidade de cor das resinas compostas se tornaram importantes na determinação da longevidade de uma restauração, mesmo na região posterior. Mesmo com os avanços na tecnologia dos monômeros e partículas, a mudança de cor ainda é um problema e, comumente, a razão para a substituição das restaurações (49).

Vários fatores influenciam a maior ou menor suscetibilidade à pigmentação das resinas compostas. A mudança de cor intrínseca das resinas compostas está relacionada ao tipo de matriz da resina (50), o grau de sorção de água (51), o tamanho das partículas de carga (52) e o grau de conversão na reação de polimerização (53). A pigmentação extrínseca acontece com estresse físico-químico (54), polimerização insuficiente (50), tabagismo, higiene bucal inadequada (55), e hábitos alimentares do paciente, por adsorção de pigmentos de alimentos e bebidas (café, vinho tinto, chá, etc.) (56).

Alguns estudos recentes demonstraram uma relação direta entre a pigmentação extrínseca e rugosidade da superfície (15,56,57). Uma superfície mais rugosa favorece o acúmulo de placa e uma maior retenção de pigmentos, o que produz um manchamento da restauração (56). Esse fator ressalta a importância da realização do acabamento e polimento final da restauração (15).

Uma questão a ser levada em conta, é que uma vez presente, a pigmentação extrínseca tende a ser um acúmulo superficial de corantes (57). O repolimento dessas restaurações pode ser uma opção para remoção desses pigmentos e manutenção da cor (58).

**Objetivos**

### 3. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivos:

1. Avaliar a rugosidade superficial promovida pela escovação simulada em resinas *bulk fill* de viscosidade regular, resinas *bulk fill* fluidas e resinas compostas convencionais;
2. Avaliar a pigmentação extrínseca das resinas *bulk fill* de viscosidade regular, *bulk fill* fluidas e compostas convencionais;
3. Avaliar se o repolimento das superfícies das resinas submetidas à pigmentação é capaz de devolver a cor próxima à inicial.

E as hipóteses nulas testadas foram:

1. Não há diferença na rugosidade superficial promovida pela escovação simulada entre resinas *bulk fill* de viscosidade regular, *bulk fill* fluidas e compostas convencionais;
2. Não há diferença na pigmentação entre resinas *bulk fill* de viscosidade regular, *bulk fill* fluidas e compostas convencionais;
3. Não há diferença entre a cor das resinas compostas submetidas à pigmentação antes e após o procedimento de repolimento.

## **Materiais e Métodos**

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados nesse estudo, três resinas *bulk fill* de viscosidade regular, três *bulk fill* fluidas e três resinas compostas convencionais, como descrito na tabela 1.

Tabela 1 – Características das resinas compostas utilizadas						
Resina	Cor	Fabricante	Descrição	Tamanho das partículas*	Fração de conteúdo inorgânico em peso*	Lote
Filtek Z350 XT	A2E	3M ESPE	Compósito convencional nanoparticulado	5 - 20 nm	78,5% (59,5% em volume)	869593
Vittra APS	EA2	FGM	Compósito convencional nanoparticulado	100 - 200 nm	72-82% (52-60% em volume)	280318
IPS Empress Direct	EA2	Ivoclar Vivadent	Compósito convencional nano-híbrido	0.04 - 3 µm	75-79% (52-59% em volume)	W07076
Filtek One Bulk Fill	A2	3M ESPE	Compósito <i>bulk fill</i> nanoparticulado	4 - 100 nm	76,5% (58,5% em volume)	N890635
Opus Bulk Fill	A2	FGM	Compósito <i>bulk fill</i> nano-híbrido	0.7 - 10 µm	79%	220218
Tetric N-Ceram Bulk Fill	IVA	Ivoclar Vivadent	Compósito <i>bulk fill</i> híbrido	0.04 - 3 µm	75-77% (53-55% em volume)	W83652
Filtek Bulk Fill Flow	A2	3M ESPE	Compósito <i>bulk fill</i> nanoparticulado de baixa viscosidade	0.01 - 5 µm	64,5% (42,5% em volume)	N901253
Opus Bulk Fill Flow	A2	FGM	Compósito <i>bulk fill</i> nano-híbrido de baixa viscosidade	0.7 - 10 µm	68%	221117
Surefil SDR Flow	Universal	Dentsply	Compósito <i>bulk fill</i> nano-híbrida de baixa viscosidade	0.02 - 10 µm	68% (44% em volume)	170623

\*Informações de acordo com o fabricante.

#### 4.1 CONFECÇÃO DOS ESPÉCIMES

Um molde de aço inoxidável foi utilizado para obtenção dos espécimes no formato de disco, com as dimensões 8 mm de diâmetro e 2 mm de altura. As resinas foram inseridas no molde em incremento único utilizando a espátula Mini 4 Goldstein *Flexi-Thin* (Hu-Friedy, EUA) ou pela ponta aplicadora da seringa, no caso das resinas de baixa viscosidade (Figura 1). Em seguida, a resina foi coberta com uma matriz de poliéster e com auxílio de uma placa de vidro foi realizada pressão digital para permitir o escoamento do excesso de material. A resina composta foi então fotoativada sob a matriz de poliéster durante 20 segundos, utilizando um fotopolimerizador de LED (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) com densidade de potência de aproximadamente 1050 mw/cm<sup>2</sup>. Os espécimes foram removidos do molde e uma polimerização adicional foi realizada no outro lado por mais 20 segundos.

Após a fotoativação e remoção dos excessos, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C em estufa por 24 horas. Foram confeccionados 20 discos de cada resina, sendo metade submetidos à abrasão por escovação simulada e a outra metade submetidos à pigmentação extrínseca em café.

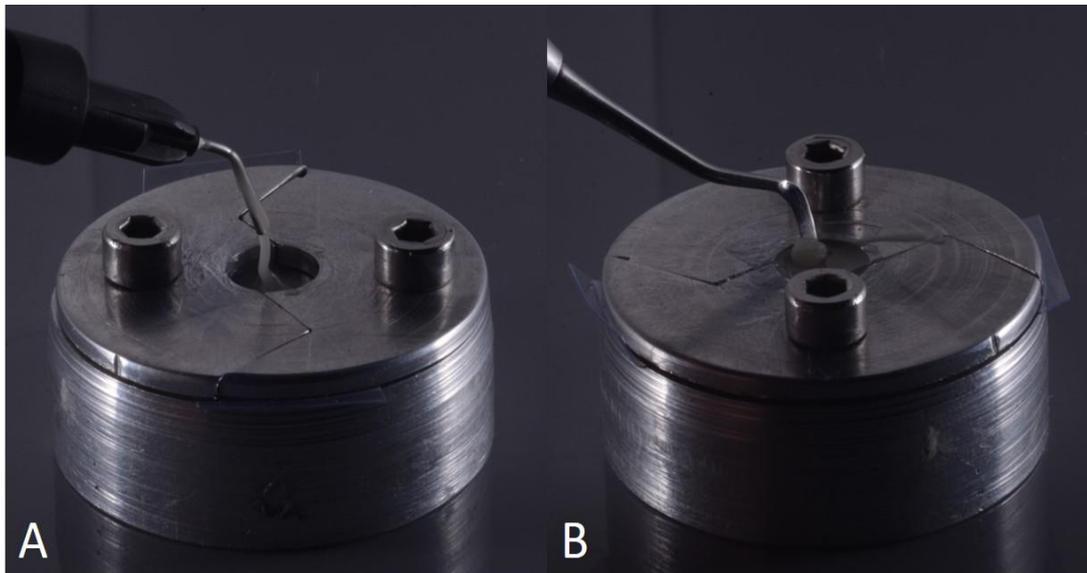


Figura 1 – Inserção da resina composta no molde. A, resinas fluídas. B, resinas de alta viscosidade (convencionais e *bulk*).

Dois espécimes adicionais (não polimerizados) de cada resina foram preparados para análise das partículas de carga por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

#### 4.2 ANÁLISE DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

Dez espécimes de disco de cada resina foram incluídos em uma base de resina epóxi de diâmetro 21 mm e altura 10 mm, de forma a encaixar na máquina de escovação simulada, mantendo a superfície do disco exposta. Os espécimes foram regularizados com lixa d'água 600, 1200 e 1500 em seguida polidos com pano de polimento MD-Nap (Struers, Dinamarca) e pasta de diamante 3  $\mu\text{m}$  (Arotec, Brasil).



Figura 2 – Polimento dos espécimes em politriz.

Os espécimes foram lavados e secos com papel absorvente e avaliados em um rugosímetro SJ-310 (Mitutoyo, Japão) acoplado a um computador para processamento dos dados. Trata-se de um sensor de alta precisão com resolução de 0,002  $\mu\text{m}$  em formato de agulha (ponta de 5  $\mu\text{m}$ ) que percorre a superfície do espécime linearmente e gera diversos parâmetros de avaliação da rugosidade. Nesse estudo foi utilizado a rugosidade Ra, que é média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (eixo y), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição.



Figura 3 – Análise de rugosidade dos espécimes. A, leitura no rugosímetro. B, transcrição dos dados no software.

Foram realizadas cinco leituras na superfície de cada corpo de prova, de maneira aleatória, abrangendo toda a extensão do espécime para calcular a rugosidade média da superfície. As leituras ocorreram em dois momentos diferentes: após o polimento inicial (*baseline*) e após a abrasão por escovação. As alterações de rugosidade foram calculadas pela diferença nos dois momentos, calculando o  $\Delta Ra$  para cada resina.

### 4.3 ABRASÃO SUPERFICIAL

A abrasão foi realizada por uma máquina de escovação simulada MEV3T-10XY (Odeme, Brasil) desenvolvida especificamente para testes de desgaste. Foram utilizadas escovas dentais macias (Colgate Classic Clean, Palmolive, Brasil) e dentífrico fluoretado (Oral B 3D White, PeG, Brasil) diluído em solução proporção 2:1 (água destilada:dentífrico) de acordo com as normas da ISO/TR 14569-1:2007 (59).

Foram realizados 7.320 ciclos numa frequência de 60 ciclos por minuto, simulando 30 dias de escovação (60). A solução não foi trocada durante a execução dos ciclos (duração aproximada de 2 horas). Uma carga vertical de 200g foi aplicada sobre as escovas durante os movimentos horizontais.

Após o teste de abrasão, os espécimes foram lavados, suavemente secos ao ar e submetidos a segunda análise de rugosidade superficial (Ra abrasão).



Figura 4 – Máquina de escovação simulada. Posicionamento de 10 espécimes com a solução de dentífrício e as escovas.

#### 4.4 ANÁLISE DE COR

Os outros dez discos de resina, após a confecção, foram submetidos aos procedimentos de acabamento superficial, realizados com discos de óxido de alumínio (Sof-Lex série laranja, 3M/ESPE, EUA), seguindo a ordem de granulação dos discos (grossa, média, fina e extrafina), durante 15 segundos por cada disco. Os discos foram trocados a cada resina. O polimento final foi realizado utilizando discos de feltro (Diamond, FGM, Brasil) com pasta de polimento extrafina (Enamelize, Cosmedent, EUA). Em seguida os espécimes foram lavados em cuba ultrassônica por 5 minutos para remoção de detritos e armazenados individualmente imersos em 5ml de água destilada por 24 horas, para então serem submetidos às análises iniciais.

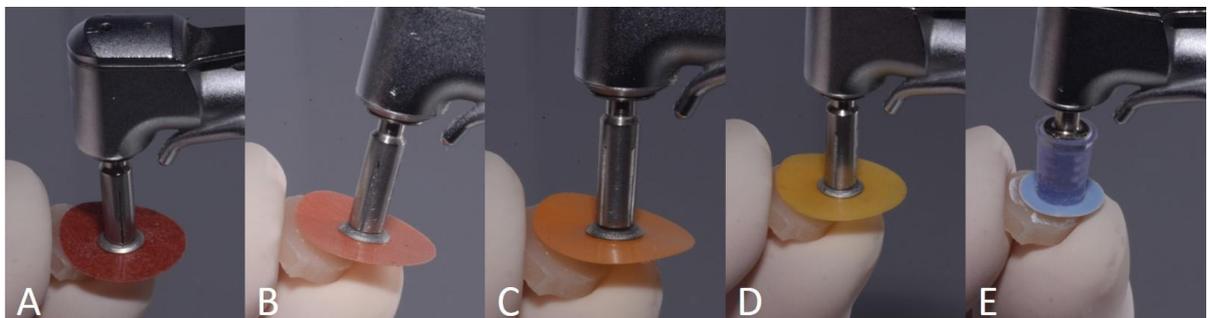


Figura 5 – Sequência de acabamento e polimento. Discos abrasivos Sof-lex série laranja: A, granulação grossa. B, granulação média. C, granulação fina. D, granulação extrafina. E, disco de feltro com pasta de polimento.

A análise de cor foi realizada utilizando o sistema CIELAB. Este sistema separa as cores em três eixos tridimensionais:  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . O eixo  $L^*$  representa o grau de luminosidade e varia de 0 (preto) a 100 (branco), o eixo  $a^*$  representa a saturação da cor no espectro verde-vermelho (-60 a +60) e o eixo  $b^*$  representa a saturação da cor que varia no espectro azul-amarelo (-60 a +60).

Para a análise foram obtidas fotografias padronizadas através do uso de câmera fotográfica Nikon D7000 (Nikon, Tailândia), acoplada a lente Sigma 105 mm (Sigma, Japão), flash *twin* Nikon R1 (Nikon, Tailândia) e polarizadores cruzados para lente e flash (para reduzir a reflexão especular) com regulagem padrão de abertura f29, velocidade 1/250 e ISO 200. Todas as imagens foram obtidas por um único operador treinado e o controle de cor foi realizado com cartão cinza fotográfico (cartão de balanço de branco Studio G7, WhiBal, EUA) (61,62).

As fotografias foram analisadas a partir do protocolo descrito por Bengel (61), utilizando o software Photoshop CC (Adobe, EUA). O programa foi utilizado para editar as imagens através da ferramenta *Levels*, que permite definir a cor cinza da imagem e fixar no cartão fotográfico que possui seu valor conhecido no sistema CIELAB (77,0,0). Fixando o cinza as imagens foram padronizadas quanto à luminosidade.

Em seguida, a mensuração de cor foi realizada a partir da obtenção de 5 pontos aleatórios em cada espécime, utilizando a ferramenta *Color sampler tool*. Essa ferramenta gera valores isolados de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para cada ponto e é possível calcular um valor médio de cada eixo para a superfície do espécime. A mensuração foi

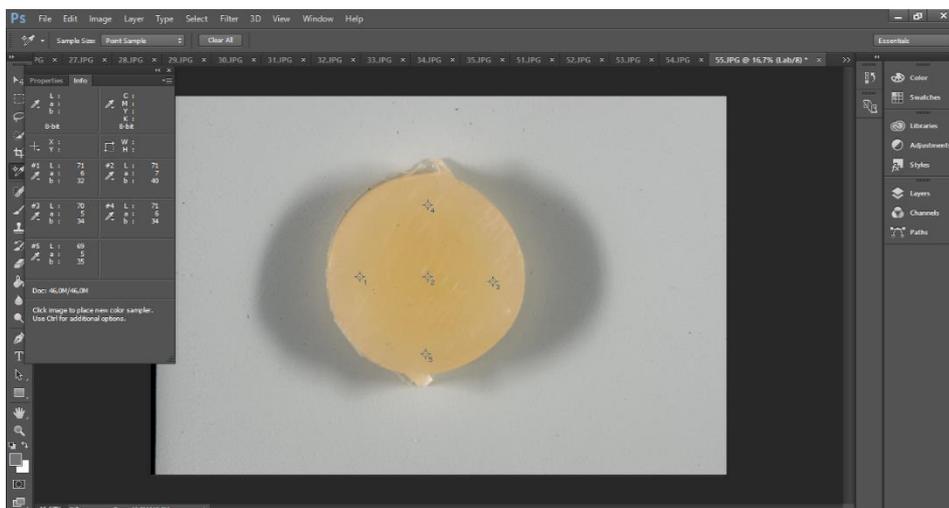


Figura 6 – Mensuração de cor a partir de 5 pontos para obtenção dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  no Photoshop.

realizada: após o polimento inicial (*baseline*), após 7 dias imerso em café e após o repolimento da superfície.

A diferença entre os valores obtidos e o inicial (*baseline*) gerou o  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  e  $\Delta b$ , que se traduz na quantificação de alteração de cor (por pigmentação) para cada eixo. A diferença de cor ( $\Delta E$ ) foi calculada através da fórmula  $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$ .

#### 4.5 PIGMENTAÇÃO POR IMERSÃO EM SOLUÇÕES CORANTES

Após a avaliação de cor inicial, cada espécime foi armazenado em um frasco individualizado contendo 5ml de café solúvel (Nescafé®), preparado seguindo as recomendações do fabricante, em estufa a 37° C por um período de 7 dias. O pH da solução foi medido logo após o seu preparo (pH = 5,0) e após o período de armazenamento (pH = 4,9).

Após o período de imersão, os espécimes foram lavados suavemente com jato de ar e água da seringa tríplice por 30 segundos. Em seguida os espécimes foram cuidadosamente secos e as aferições de cor foram realizadas novamente seguindo o mesmo protocolo. A diferença de cor depois da pigmentação com o *baseline* gerou  $\Delta E$  baseline-pigmentação.



Figura 7 – Recipientes utilizados para pigmentação. Espécime submerso em 5ml de café

#### 4.6 REPOLIMENTO

Os espécimes foram submetidos ao repolimento no mesmo protocolo descrito anteriormente, com sequência de discos abrasivos de óxido de alumínio (Sof-lex, série laranja, 3M ESPE, EUA) e discos de feltro (Diamond, FGM, Brasil) com pasta de polimento extrafina (Enamelize, Cosmedent, EUA). Após o repolimento os espécimes foram lavados e secos para a aferição de cor final ( $\Delta E$  baseline-repolimento), seguindo o mesmo protocolo de análise.

#### 4.7 ANÁLISE DAS PARTÍCULAS DE CARGA

Utilizando uma balança de precisão, uma porção de aproximadamente  $60 \pm 1$  mg de cada resina sem ser fotopolimerizado foi submetido a imersão em acetona e em seguida centrifugado por 5 minutos, repetindo o processo por três vezes com intervalo de 24 horas (63). O mesmo protocolo foi realizado com imersão em clorofórmio para remoção da matriz orgânica dos compósitos e exposição das partículas de carga (64). As partículas remanescentes foram imersas em etanol por 24 horas e secas em um dessecador durante 12 horas (65).

Os espécimes foram então montados nos *stubs* metálicos e revestidos com ouro. Foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura (JSM-7001F JEOL) para se obter imagens representativas das partículas de carga em ampliações de 5000X e 10000X.

#### 4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis foram testadas quanto à normalidade utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Como a dispersão se mostrou normal, foram aplicados os testes *one way ANOVA* e em seguida *Tukey post hoc* para comparações múltiplas. O intervalo de confiança utilizado foi sempre de 95% ( $\alpha = 0,05$ ). As análises foram realizadas utilizando o software SPSS 20.0 (IBM, EUA).

**Resultados**

## 5. RESULTADOS

### 5.1 RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A Tabela 2 e a Tabela 3 a seguir descrevem os resultados das análises de rugosidade (Ra) entre as resinas.

Todas as resinas apresentaram valores diferentes de rugosidade no *baseline*, sendo a Z350 XT, a Empress e a Vittra as mais lisas. Após a escovação simulada, todas as resinas sofreram alteração em sua rugosidade superficial. As resinas Z350 XT, Empress e Vittra resultaram como as superfícies menos rugosas. A Opus *Bulk Flow* e a SDR *Bulk Flow*, com o mesmo valor, as superfícies mais rugosas pós-escovação.

<b>Tabela 2 - Média (desvio-padrão) e grupamentos estatísticos da rugosidade Ra em <math>\mu\text{m}</math></b>			
Resina	Ra <i>baseline</i>	Ra pós-escovação	$\Delta\text{Ra}$
Z350 XT	0,036 (0,003) a	0,092 (0,017) ab	0,056 (0,018) ab
Vittra	0,049 (0,009) abc	0,109 (0,024) abc	0,060 (0,018) ab
Empress	0,042 (0,008) ab	0,090 (0,012) a	0,048 (0,009) a
Filtek One	0,060 (0,011) cd	0,126 (0,029) cd	0,066 (0,023) abc
Opus <i>Bulk</i>	0,057 (0,010) cd	0,118 (0,013) bcd	0,061 (0,012) ab
Tetric N <i>Bulk</i>	0,063 (0,017) cd	0,135 (0,035) cd	0,072 (0,019) bc
Filtek <i>B Flow</i>	0,056 (0,004) bcd	0,143 (0,004) d	0,087 (0,005) cd
Opus <i>B Flow</i>	0,061 (0,011) cd	0,172 (0,005) e	0,111 (0,010) e
SDR <i>B Flow</i>	0,064 (0,014) d	0,172 (0,007) e	0,108 (0,016) de

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa em cada coluna.

O  $\Delta Ra$ , que representa a diferença da rugosidade pós-escovação e da inicial, se traduz como a suscetibilidade de cada resina ao desgaste superficial e aumento da rugosidade. As resinas mais resistentes ao desgaste foram: *Empress*, *Z350 XT*, *Vittra*, *Opus Bulk* e *Filtek One*. E as mais suscetíveis ao desgaste: *SDR Bulk Flow* e *Opus Bulk Flow*.

Na Tabela 3 são apresentados os dados separando os grupos pela característica das resinas: compostas convencionais, *bulk fill* de viscosidade regular e *bulk fill* fluida.

A rugosidade inicial (*baseline*) das resinas compostas convencionais foi menor do que das resinas *bulk fill* regular e fluida. A rugosidade pós-escovação simulada foi maior nas resinas *bulk* fluidas, depois nas resinas *bulk* regulares e compostas convencionais. Foi observado um padrão crescente de suscetibilidade ao desgaste entre as resinas compostas convencionais (*Z350 XT*, *Vittra*, *Empress*), seguidas pelas resinas *bulk fill* (*Filtek One*, *Opus Bulk*, *Tetrin N Bulk*) e pelas *bulk fill* fluidas (*Filtek Bulk Flow*, *Opus Bulk Flow*, *SDR Bulk Flow*).

<b>Tabela 3 - Média (desvio-padrão) e agrupamentos estatísticos da rugosidade Ra em <math>\mu\text{m}</math></b>			
Resina	Ra <i>baseline</i> (DP)	Ra pós-escovação (DP)	$\Delta Ra$ (DP)
Composta convencional	0,042 (0,009) a	0,097 (0,020) a	0,055 (0,016) a
<i>Bulk fill</i> de viscosidade regular	0,060 (0,013) b	0,126 (0,027) b	0,066 (0,019) b
<i>Bulk fill</i> fluida	0,061 (0,011) b	0,162 (0,015) c	0,102 (0,015) c

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa em cada coluna.

## 5.2 PIGMENTAÇÃO

A tabela 4 ilustra os valores de  $L^*a^*b^*$  médio de todas as resinas nos tempos *baseline*, pós-pigmentação e repolimento.

De modo geral, pode-se notar que todas as resinas sofreram um aumento dos valores de  $a^*$  e  $b^*$  em função da pigmentação, e diminuição dos valores de  $L^*$ . O repolimento possibilitou o retorno para valores mais próximos ao *baseline*.

<b>Tabela 4 - Média (desvio-padrão) de <math>L^*</math>, <math>a^*</math>, <math>b^*</math> do sistema CIELAB</b>									
Resina	<i>Baseline</i>			Pós-pigmentação			Repolimento		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Z350 XT	76,58 (0,80)	5,96 (1,19)	28,50 (3,48)	64,10 (2,11)	11,22 (1,94)	28,62 (2,68)	68,96 (1,52)	7,94 (1,24)	23,14 (1,20)
Vittra	71,48 (0,86)	9,48 (1,50)	30,56 (2,29)	60,26 (3,34)	12,28 (1,81)	30,78 (3,32)	67,86 (1,51)	9,26 (2,29)	25,62 (3,96)
Empress	76,44 (1,00)	8,04 (1,60)	29,60 (2,97)	59,64 (3,34)	11,10 (1,05)	32,94 (2,52)	67,68 (1,97)	9,30 (1,61)	25,42 (3,91)
Filtek One	76,54 (0,61)	7,44 (0,91)	30,20 (3,22)	65,72 (2,10)	12,46 (1,77)	33,22 (1,46)	73,26 (0,69)	8,72 (1,25)	27,00 (2,54)
Opus Bulk	76,18 (2,06)	4,66 (1,37)	14,34 (1,79)	69,10 (1,08)	6,12 (1,36)	16,20 (1,85)	72,60 (1,49)	4,40 (1,21)	12,02 (1,02)
Tetric N Bulk	79,10 (1,09)	2,74 (0,83)	25,42 (2,02)	68,34 (1,83)	5,58 (1,82)	26,70 (2,48)	72,62 (1,24)	4,10 (0,94)	21,28 (2,50)
Filtek B Flow	72,90 (1,21)	8,60 (1,63)	40,32 (3,90)	63,34 (1,53)	13,78 (0,99)	41,46 (2,01)	67,98 (0,92)	10,02 (1,89)	39,68 (2,56)
Opus B Flow	73,62 (1,04)	13,26 (1,89)	36,44 (3,51)	60,46 (2,94)	14,60 (1,58)	36,38 (2,49)	67,32 (2,50)	13,18 (1,84)	31,54 (3,19)
SDR B Flow	84,04 (0,79)	-1,80 (1,10)	5,48 (0,68)	70,88 (3,27)	1,96 (1,94)	22,74 (2,44)	75,22 (2,07)	0,34 (1,87)	12,30 (1,67)

Utilizando a fórmula descrita anteriormente, foi calculada a diferença de cor ( $\Delta E$ ) para cada resina nos momentos *baseline*-pigmentação e *baseline*-polimento.

A Tabela 5 abaixo apresenta os valores de  $\Delta E$ , desvios padrão e comparações para a alteração de cor. Após o período de 7 dias de imersão no café, a resina mais suscetível ao manchamento foi a SDR *Bulk Flow*. As resinas com menor alteração de cor foram: Opus *Bulk*, Tetric N *Bulk* e Filtek *Bulk Flow*, semelhantes estatisticamente.

Na diferença de cor dos momentos *baseline*-repolimento, os valores foram menores que dos *baseline*-pigmentação. As resinas Opus *Bulk*, Filtek One, Filtek *Bulk Flow* e Vittra apresentaram os menores valores de  $\Delta E$  (estatisticamente semelhantes).

Tabela 5 - Valores de $\Delta E$ (desvio-padrão) e grupamentos estatísticos		
Resina	$\Delta E$ <i>baseline</i> - pigmentação	$\Delta E$ <i>baseline</i> - repolimento
Z350 XT	14,53 (2,39) bc	10,33 (1,88) c
Vittra	12,51 (3,43) b	8,16 (2,76) abc
Empress	17,82 (3,59) c	10,68 (3,29) c
Filtek One	12,69 (2,69) b	5,74 (2,57) ab
Opus <i>Bulk</i>	8,02 (2,05) a	4,66 (2,10) a
Tetric N <i>Bulk</i>	11,63 (2,03) ab	8,38 (2,58) bc
Filtek <i>B Flow</i>	11,78 (1,68) ab	6,20 (1,59) ab
Opus <i>B Flow</i>	13,97 (2,55) bc	8,56 (2,32) bc
SDR <i>B Flow</i>	22,26 (3,58) d	11,54 (2,67) c

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante em cada coluna.

Na Tabela 6 as análises colorimétricas foram apresentadas separando as resinas por característica: compostas convencionais, *bulk fill* de viscosidade regular e *bulk fill* fluida.

**Tabela 6 - Valores de  $\Delta E$  (desvio-padrão) e grupamentos estatísticos**

Resina	$\Delta E$ baseline - pigmentação	$\Delta E$ baseline - repolimento
Composta convencional	14,95 (3,79) b	9,73 (2,85) b
<i>Bulk fill</i> de viscosidade regular	10,78 (2,99) a	6,26 (2,83) a
<i>Bulk fill</i> fluida	16,00 (5,28) b	8,76 (3,10) b

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa em cada coluna.

As resinas *bulk fill* de viscosidade regular foram as que sofreram menor manchamento após a exposição em café. Os maiores valores de  $\Delta E$  foram encontrados entre as compostas convencionais e as *bulk fill* fluidas, sendo estatisticamente semelhantes.

Após o repolimento, as resinas *bulk fill* de viscosidade regular apresentaram a menor diferença de cor (valores mais próximos do *baseline*). Mantendo o mesmo padrão da variação de cor após a pigmentação, as resinas compostas convencionais e as *bulk fill* fluidas apresentaram maior variação de cor e valores de  $\Delta E$  superiores e estatisticamente semelhantes.

Imagens representativas após a realização da pigmentação dos espécimes podem ser observadas nas Figura 8.

### 5.3 PARTÍCULAS DE CARGA

O exame das partículas de carga por MEV mostrou variações morfológicas entre as resinas compostas. As Figuras 9 a 17 mostram as partículas de carga dos compósitos Filtek Z350 XT, Vittra APS, IPS Empress Direct, Filtek One *Bulk Fill*, Opus *Bulk Fill*, Tetric N-Ceram *Bulk Fill*, Filtek *Bulk Fill Flow*, Opus *Bulk Fill Flow* e Surefil SDR *Flow*, respectivamente.

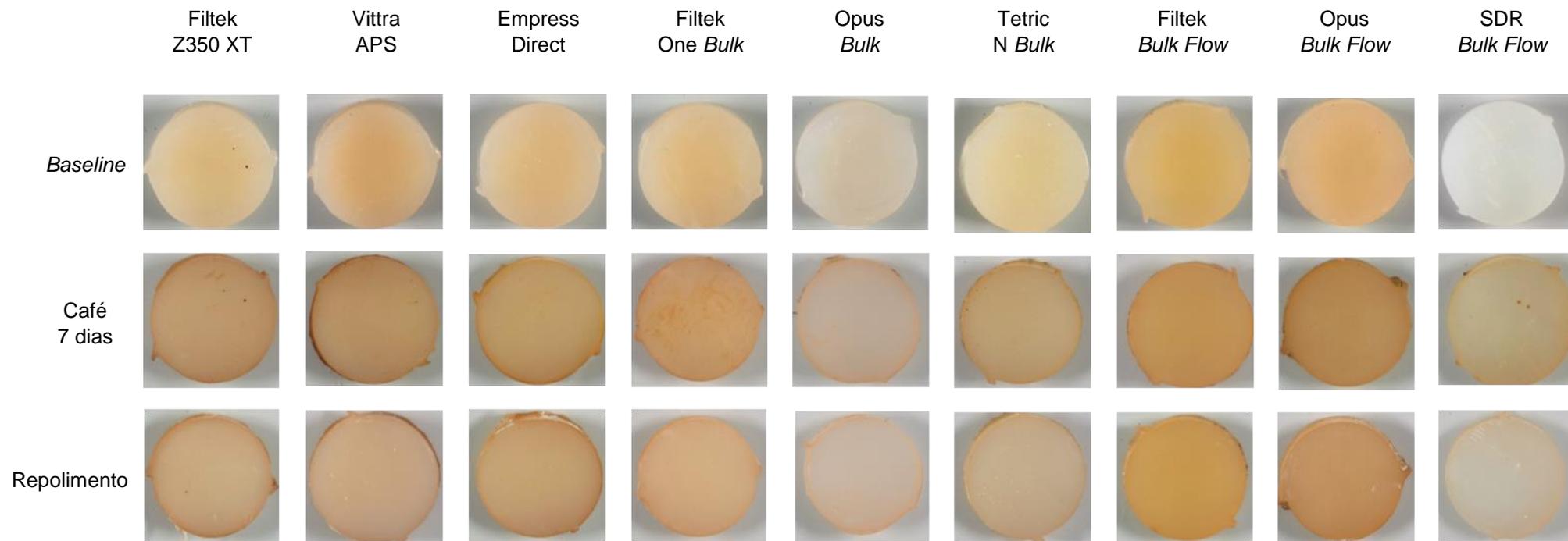


Figura 8 – Fotografias da evolução da pigmentação das resinas após a imersão em café e após o repolimento.

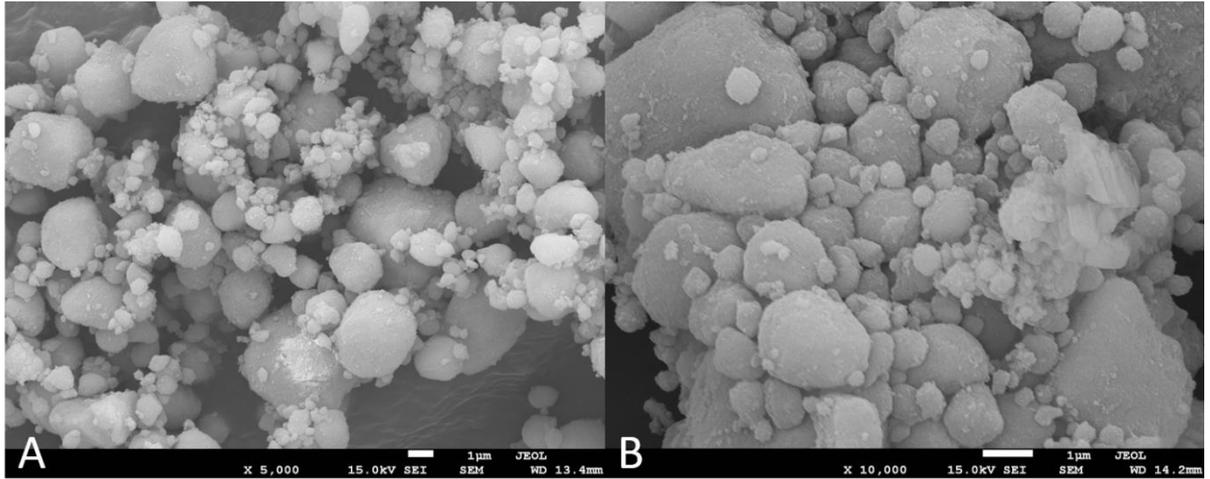


Figura 9 – Micrografia MEV da resina Filtek Z350 XT. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

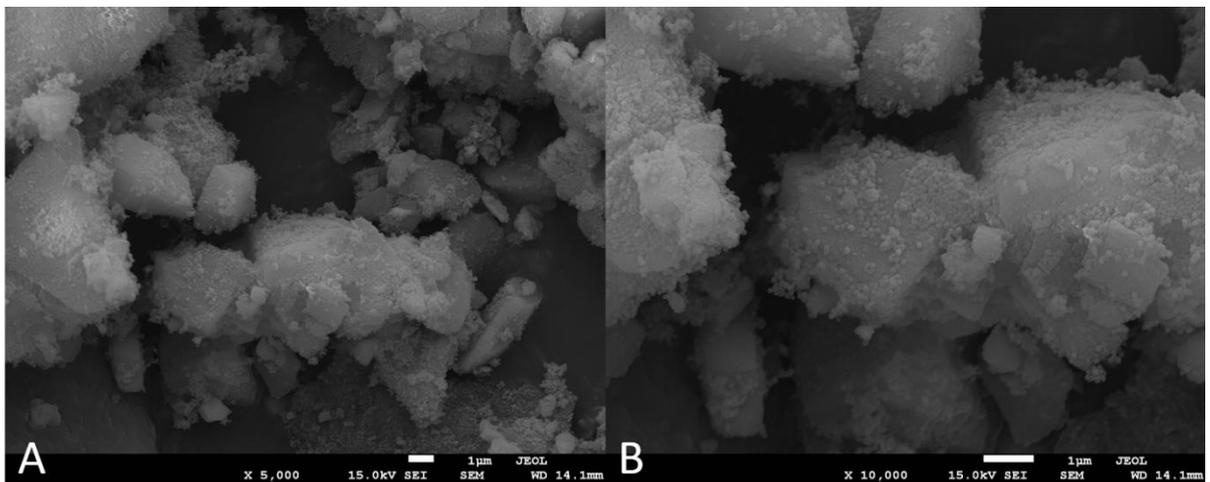


Figura 10 – Micrografia MEV da resina Vittra APS. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

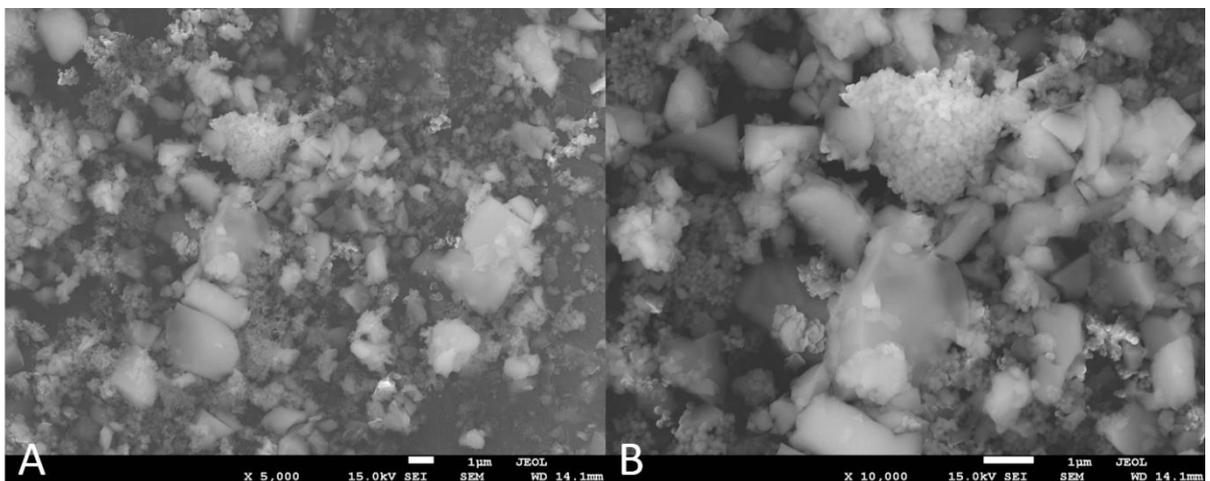


Figura 11 – Micrografia MEV da resina Empress Direct. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

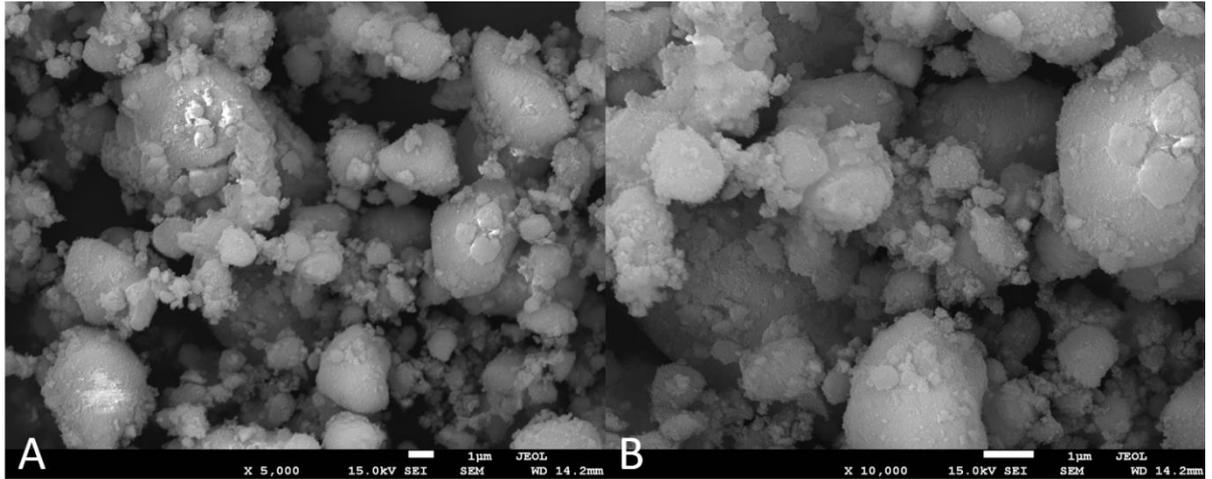


Figura 12 – Micrografia MEV da resina Filtek One *Bulk*. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

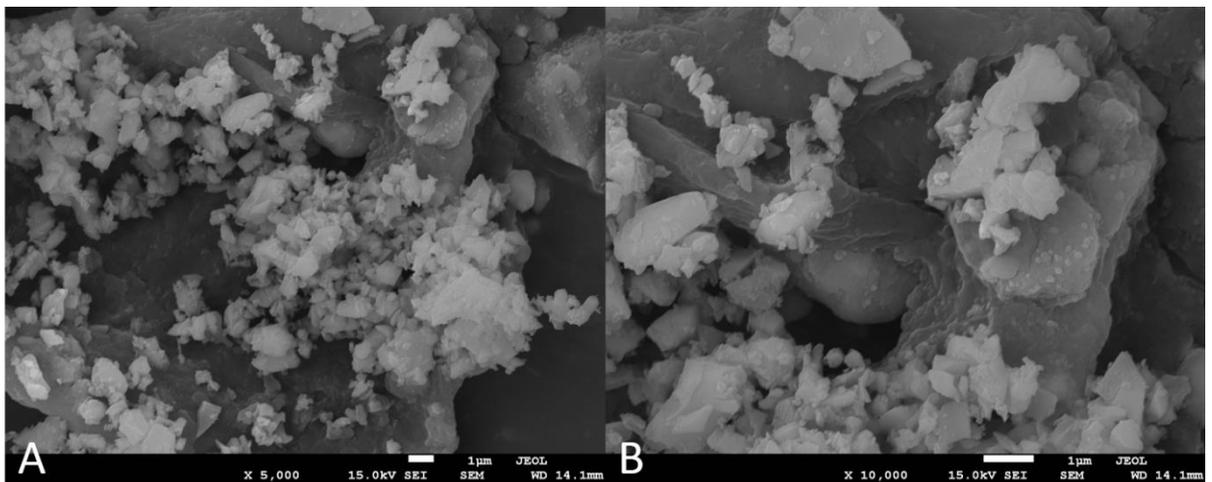


Figura 13 – Micrografia MEV da resina Opus *Bulk*. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

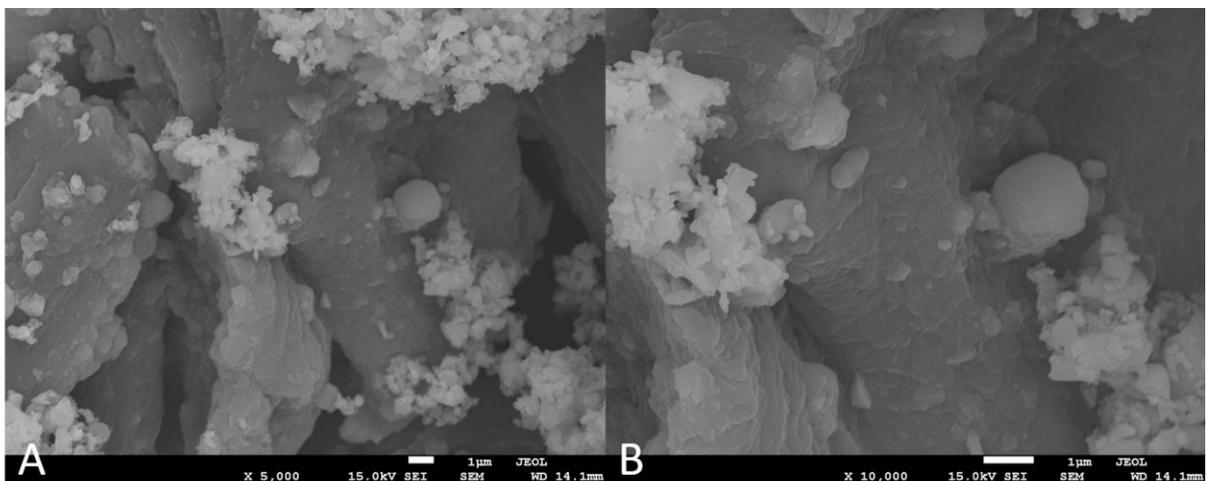


Figura 14 – Micrografia MEV da resina Tetric N *Bulk*. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

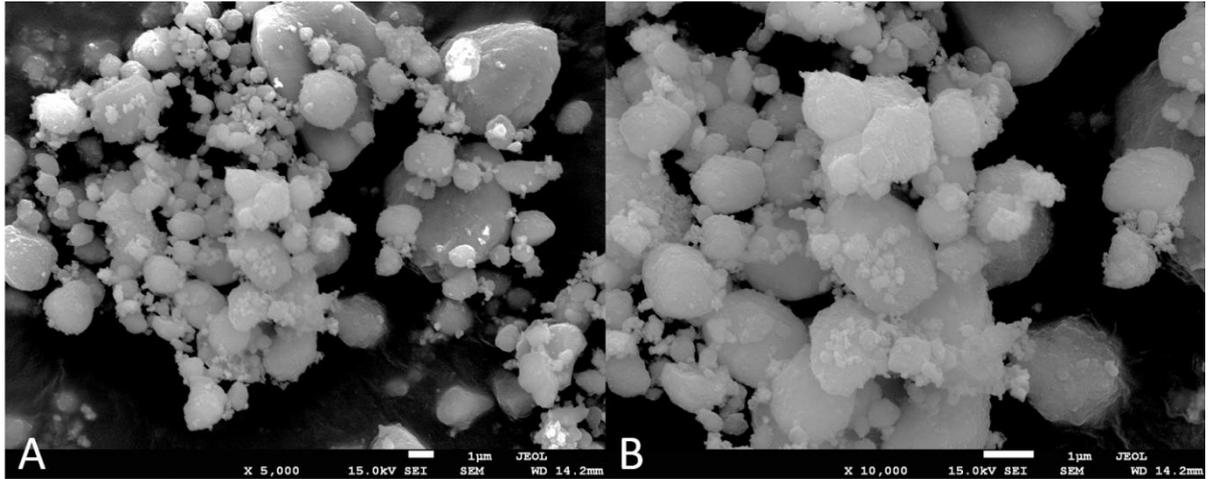


Figura 15 – Micrografia MEV da resina Filtek *Bulk Flow*. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

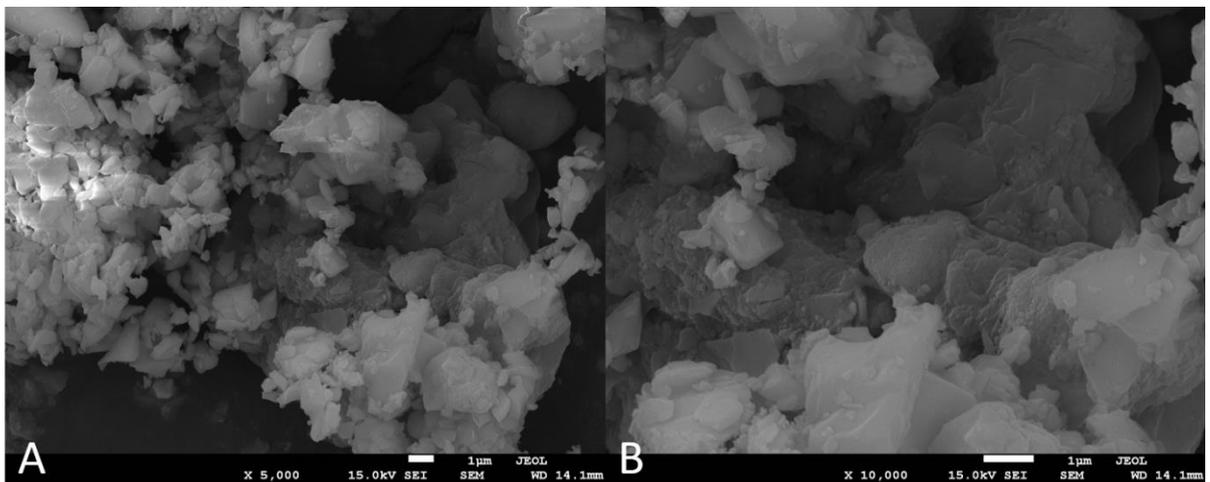


Figura 16 – Micrografia MEV da resina Opus *Bulk Flow*. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

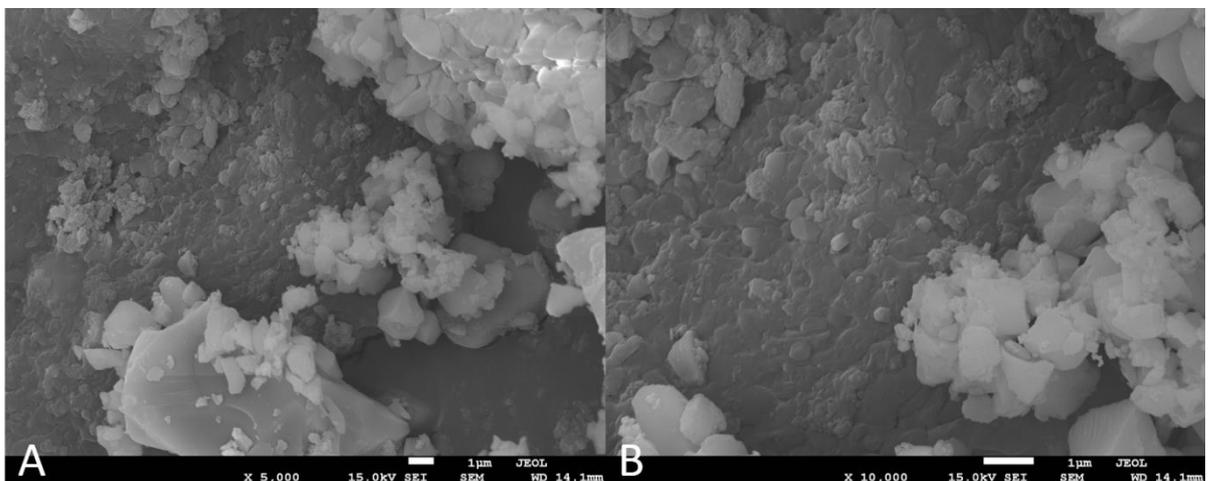


Figura 17 – Micrografia MEV da resina SDR *Bulk Flow*. A, magnificação 5.000X e B, 10.000X.

**Discussão**

## 6. DISCUSSÃO

O uso de resinas compostas tornou-se um procedimento de rotina para a restauração dos dentes posteriores. Um dos principais avanços na tecnologia dos compósitos resinosos foi a introdução das resinas *bulk fill*. Essas resinas foram lançadas como uma opção de simplificar e reduzir o tempo de aplicação, tornando o procedimento clínico mais fácil.

Uma restauração de resina composta em boca sofre diversos processos físico-químicos. Em estudos clínicos, fatores como forma anatômica, adaptação marginal, descoloração marginal, rugosidade da superfície, alteração de cor e cárie secundária são apresentados para medir características clinicamente importantes das restaurações (66).

Apesar de existirem estudos clínicos recentes de acompanhamento das restaurações *bulk fill* (67,68), vários fatores ainda precisam ser estudados principalmente quanto ao seu desempenho a longo prazo. Mesmo com suas limitações, os estudos *in vitro* são uma forma de simular as condições que essas resinas irão passar em função.

Para a fotopolimerização das resinas foi utilizado o aparelho fotoativador Bluephase, por emitir luz com comprimento de onda mais amplo, capaz de sensibilizar outros fotoiniciadores presentes como o Ivocerin, presente na resina Tetric N Bulk (69). Outra questão de relevância é a área da ponta ativa do aparelho (70). O Bluephase possui um diâmetro de 10 mm em sua ponta, o que cobriu completamente o espécime em formato de disco.

O desgaste é um resultado bastante comum a longo prazo em restaurações de resina composta, principalmente em dentes posteriores. Ferracane (71) identificou a resistência ao desgaste como uma propriedade que deve ser avaliada ao selecionar o material para substituir as superfícies oclusais. A escovação é um dos mecanismos que impõem este desafio físico-químico aos dentes e às restaurações.

Os efeitos de escovação nas propriedades superficiais dos materiais dentários são geralmente avaliados através de testes de abrasão por escovação simulada. Esse é considerado um modelo estabelecido na literatura (60). A dureza da escova e a

abrasividade do dentífrico podem produzir níveis variáveis de dano nas estruturas (13,72). Nesse estudo foram utilizadas escovas macias (recomendadas para escovação) e pastas com partículas abrasivas de pirofosfato associado a sílica hidratada (comercializadas para clareamento dos dentes), o que pode ter afetado em maior grau a rugosidade superficial dos compósitos testados.

Mesmo com a maior dureza do material restaurador, os resultados encontrados neste estudo mostraram que todos os espécimes escovados com dentífrico mudaram em termos de rugosidade e topografia superficial. Porém, mesmo as superfícies mais ásperas seriam clinicamente aceitáveis. Um ensaio clínico demonstrou que a maioria dos pacientes só foi capaz de discriminar diferenças de rugosidade acima de 0,5  $\mu\text{m}$  (73). Mesmo para aumentar o acúmulo de placa na superfície, a rugosidade deve ser acima de 0,2  $\mu\text{m}$  (5).

Um fator que pode ter influenciado a baixa rugosidade superficial em todos os espécimes foi a simulação de apenas 30 dias de escovação. Apesar de não haver consenso na literatura em relação a ciclos *versus* dias simulados, este estudo seguiu o protocolo proposto por Pinelli e colaboradores (60). São necessários mais estudos com simulações mais longas de escovação, para avaliar as resinas *bulk fill* a longo prazo e verificar se o padrão apresentado nesses resultados é corroborado.

A primeira hipótese nula foi rejeitada, houveram diferenças na rugosidade superficial entre as resinas *bulk fill* de viscosidade regular, *bulk fill* fluidas e compostas convencionais. Assim como artigos recentes na literatura (74) as resinas *bulk fill* fluidas apresentaram as superfícies mais rugosas. Apesar desses compósitos não serem sujeitos a desgaste oclusal, por serem indicados cobertura com uma camada de resina (21), em restaurações proximais a resina fica exposta ao meio bucal e suscetível ao desgaste e acúmulo de placa (74).

As resinas *bulk fill* de viscosidade regular, de maneira similar aos resultados de um estudo prévio (75), após a escovação simulada apresentaram superfícies mais ásperas do que as resinas convencionais, que foram as resinas com a superfície mais lisa no momento pós-escovação.

As resinas *bulk fill* fluidas se apresentaram como as mais suscetíveis ao desgaste. Estudos anteriores (76) demonstraram a relação direta da quantidade de conteúdo inorgânico e a resistência à abrasão, confirmando os resultados aqui

expostos. Por essas resinas possuírem uma menor fração do seu conteúdo em partículas inorgânicas, os fabricantes recomendam sua cobertura com resinas compostas convencionais.

Alguns estudos recentes têm relacionado a rugosidade mais à composição do material restaurador do que outros fatores (75). A degradação da superfície do compósito pode estar relacionada com o desgaste da matriz orgânica e das partículas de carga, enfraquecendo a ligação matriz-carga (77). Os resultados deste estudo e outros trabalhos recentes na literatura parecem ser satisfatórios para serem empregadas, mas espera-se que mais pesquisas validem um resultado de longo prazo das resinas *bulk fill*.

Existem diversos alimentos e bebidas que podem gerar manchamento nas resinas compostas. O café foi escolhido por ser uma das bebidas mais consumidas no Brasil e no mundo, e diversos estudos demonstraram seu potencial pigmentador nas resinas (15,48,57,58).

Em relação ao período de armazenamento, no presente estudo os espécimes foram armazenados em café por 7 dias. Alguns autores relataram que a maior quantidade de pigmentação ocorreu na primeira semana (47, 65), sendo esses valores de  $\Delta E$  clinicamente inaceitáveis (48). Apesar de ser um cálculo subjetivo, o tempo de armazenamento de 7 dias simula o consumo da bebida durante um período de cerca de sete meses (15).

A segunda hipótese nula foi rejeitada parcialmente, as resinas *bulk fill* fluidas e as compostas convencionais foram estatisticamente semelhantes na pigmentação após 7 dias em café. Neste estudo as resinas *bulk fill* de viscosidade regular foram menos suscetíveis ao manchamento, diferente do que foi apresentado no estudo de Shamszadeh (78). Em sua pesquisa os resultados demonstraram uma maior suscetibilidade à pigmentação das resinas *bulk fill* do que das compostas convencionais.

Outros dois estudos avaliaram a pigmentação de resinas *bulk fill* por imersão em café (39,41). Em ambos os estudos uma semana de exposição foi suficiente para pigmentar todas as resinas, da mesma forma que o presente estudo. Contudo, no estudo de Koc-Vural (48) não houveram diferenças estatísticas entre quais resinas foram mais suscetíveis no período de uma semana, divergente dos nossos resultados.

O estudo de Barutçigil (50) apresentou uma maior suscetibilidade à pigmentação das resinas *bulk fill*, comparadas às convencionais.

Um fator que pode ter influenciado os resultados de pigmentação foi a utilização de resinas compostas convencionais da tonalidade A2 para esmalte e da cor Universal na SDR *Bulk Flow*. Uchida e colaboradores (79) demonstraram que cores mais claras sofrem maior alteração de cor quando expostas à pigmentação. Os valores menores do eixo de luminosidade ( $L^*$ ) já foram observados no *baseline*.

Na análise de cor realizada no tempo *baseline* foi observada que as resinas têm variação depois de fotopolimerizadas, mesmo pertencendo a mesma tonalidade (A2). O estudo de da Costa (80) já tinha apresentado essas variações entre resinas de marcas diferentes comparadas à escala de cores Vita. As características da matriz orgânica, partículas de carga, agente iniciador influenciam diretamente as propriedades das resinas compostas, incluindo a estabilidade de cor (22). Neste estudo foram utilizadas nove resinas diferentes de quatro marcas comerciais, que é uma forma de avaliar as diferentes resinas disponíveis no mercado e suas características.

A terceira hipótese nula foi rejeitada, houveram diferenças entre a cor das resinas submetidas à pigmentação após o procedimento de repolimento. O repolimento realizado ao final do processo de pigmentação foi capaz de reduzir os valores de  $\Delta E$  de todas as resinas testadas. Esse fato sugere que a maior incorporação de pigmentos tenha ocorrido na superfície da resina, sendo assim passível de remoção.

Apesar do repolimento ter abaixado os valores de  $\Delta E$ , ao contrário de alguns estudos (15,58), não foram valores considerados dentro do limite de aceitabilidade estética ( $\Delta E = 3,3$  a  $3,7$ ) (81,82). Essa inconsistência pode ter ocorrido pelo tempo de cada passo do repolimento (15 segundos) ou por ser um procedimento dependente do operador. Todos os repolimentos foram realizados pelo mesmo operador, porém podem ter sido polimentos mais conservadores e com menos desgaste do que os realizados nos artigos retratados na literatura. A textura final da superfície é dependente do material e da técnica.

As resinas *bulk fill* fluidas e as compostas convencionais foram estatisticamente semelhantes na variação de cor entre os momentos repolimento e *baseline*. As resinas *bulk fill* de viscosidade regular apresentaram o menor valor de  $\Delta E$  pós-repolimento.

Os estudos recentes têm demonstrado que discos flexíveis de óxido de alumínio são os melhores instrumentos para gerar baixa rugosidade em superfícies de resina, fato relacionado à sua capacidade de reduzir uniformemente partículas de carga e matriz orgânica (83,84). Superfícies mais polidas de restaurações geram maior resistência à pigmentação extrínseca e menores valores de rugosidade superficial (15).

As limitações deste estudo devem ser consideradas na interpretação dos resultados. O efeito de limpeza da escovação e da saliva em materiais restauradores pigmentados não foi incluído e os espécimes ficaram imersos continuamente durante os 7 dias. Outros estudos *in vitro* devem ser realizados incorporando os fatores que simulam o ambiente bucal em tempos de imersão mais longos.

As resinas compostas contemporâneas contêm maior quantidade de partículas inorgânicas (em volume e peso) com dimensões reduzidas (85). Esse aumento das partículas de carga (até 80% em volume) reduz a fase monomérica e, conseqüentemente, a contração volumétrica de polimerização (65).

As diferentes resinas aqui estudadas apresentaram partículas inorgânicas que diferiram quanto à morfologia. Partículas esféricas, de aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$ , foram observadas nas resinas Z350 XT, Vittra, Empress Direct e Filtek One *Bulk*. A forma arredondada das partículas aumenta a resistência à fratura do material. Como o estresse mecânico tende a se concentrar nas irregularidades da interface carga-matriz, ângulos e protuberâncias das partículas de carga são zonas onde as rachaduras se iniciam (63).

As outras resinas apresentam partículas de formato irregular e não-uniformes, com tamanhos variados. Compósitos com partículas inorgânicas de maior tamanho quando sofrem desgaste e perda das suas partículas, geram maior rugosidade superficial (86). As partículas de carga da superfície são removidas, deixando um espaço antes preenchido por elas. O conjunto destes diferentes espaços na superfície do material promove um aumento da rugosidade superficial e, conseqüentemente, uma redução no brilho da superfície.

É importante conhecer e compreender os diferentes tipos de partículas de carga presentes nas resinas compostas disponíveis no mercado, para entender o comportamento clínico e as indicações desses materiais restauradores.

**Conclusão**

## 7. CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, as seguintes conclusões foram tiradas:

1. As resinas *bulk fill* fluidas sofreram mais desgaste superficial (aumento da rugosidade) promovido pela escovação simulada, seguidas pelas resinas *bulk fill* de viscosidade regular e pelas compostas convencionais;

2. Todas as resinas sofreram pigmentação e alteração de cor quando submetidas à imersão em café por 7 dias;

3. O repolimento das superfícies das resinas submetidas à pigmentação foi capaz de devolver cor mais próxima à inicial, mas não dentro do limite de aceitação estético.

## **Bibliografia**

## BIBLIOGRAFIA

1. Villarroel M, Hirata R, de Sousa A. Avaliação comparativa da translucidez do esmalte e de resinas compostas para esmalte. *Rev Dent Pres Estet.* 2005;2(3):22-34.
2. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater* 2011; 27: 29-38.
3. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res* 2011;90(4):402-16.
4. Moraes RR, Ribeiro D dos S, Klumb MM, Brandt WC, Correr-Sobrinho L, Bueno M. In vitro toothbrushing abrasion of dental resin composites: packable, microhybrid, nanohybrid and microfilled materials. *Braz Oral Res.* 2008 Apr-Jun;22(2):112-8.
5. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 1997;13(4):258-69.
6. Oliveira GU, Mondelli RF, Charantola Rodrigues M, Franco EB, Ishikiriama SK, Wang L. Impact of filler size and distribution on roughness and wear of composite resin after simulated toothbrushing. *J Appl Oral Sci.* 2012 Sep-Oct;20(5):510-6.
7. Trauth KG, Godoi AP, Colucci V, Corona SA, Catirse AB. The influence of mouthrinses and simulated toothbrushing on the surface roughness of a nanofilled composite resin. *Braz Oral Res.* 2012 May-Jun;26(3):209-14.
8. Garcia FC, Wang L, D'Alpino PH, Souza JB, Araújo PA, Mondelli RF. Evaluation of the roughness and mass loss of the flowable composites after simulated toothbrushing abrasion. *Braz Oral Res.* 2004 Apr-Jun;18(2):156-61.
9. Wang L, Garcia FC, Amarante de Araújo P, Franco EB, Mondelli RF. Wear resistance of packable resin composites after simulated toothbrushing test. *J Esthet Restor Dent.* 2004;16(5):303-15.

10. Monteiro B, Spohr AM. Surface Roughness of Composite Resins after Simulated Toothbrushing with Different Dentifrices. *J Int Oral Health*. 2015 Jul;7(7):1-5.
11. Wiegand A, Schlueter N. The role of oral hygiene: does toothbrushing harm? *Monogr Oral Sci*. 2014;25:215-9.
12. Amaral CM, Rodrigues JA, Erhardt MC, Araujo MW, Marchi GM, Heymann HO, Pimenta LA. Effect of whitening dentifrices on the superficial roughness of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent*. 2006;18(2):102-9.
13. Barbieri GM, Mota EG, Rodrigues-Junior SA, Burnett LH Jr. Effect of whitening dentifrices on the surface roughness of commercial composites. *J Esthet Restor Dent*. 2011 Oct;23(5):338-45.
14. Barakah HM, Taher NM. Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *J Prosthet Dent*. 2014 Sep;112(3):625-31.
15. Schmitt VL, Puppini-Rontani RM, Naufel FS, Nahsan FP, Sinhoreti MAC, Baseggio W. Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *ISRN Dent*. 2011;2011:617672.
16. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc* 2004 May;135(5):587-94.
17. Alawjali SS, Lui JL. Effect of one-step polishing system on the color stability of nanocomposites. *J Dent*. 2013 Aug;41 Suppl 3:e53-61.
18. Mohan M, Shey Z, Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Munisamy S, Janal M. Color changes of restorative materials exposed in vitro to cola beverage. *Pediatr Dent*. 2008 Jul-Aug;30(4):309-16.
19. Barutçigil C, Yildiz M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *J Dent* 2012;40:57-63.
20. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, Ambrosano G, Giannini M. Monomer conversion, microhardness, internal

- marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater.* 2015 Dec;31(12):1542-51.
21. Hirata R, Kabbach W, de Andrade OS, Bonfante EA, Giannini M, Coelho PG. Bulk Fill Composites: An Anatomic Sculpting Technique. *J Esthet Restor Dent.* 2015 Nov;27(6):335-43.
22. Chen HY, Manhart J, Hickel R, Kunzelmann KH. Polymerization contraction stress in light-cured packable composite resins. *Dent Mater.* 2001. 17(3) 253-259.
23. Terry DA. Direct applications of a nanocomposite resin system: Part 1—The evolution of contemporary composite materials. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2004;16(6):417-22.
24. Bowen R. Synthesis of a silica-resin direct filling material: progress report. *J Dent Res.* 1958;37:90.
25. Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Brazil Dent J.* 2012;23(5):508-14.
26. Fonseca AS, Labruna Moreira AD, de Albuquerque PP, de Menezes LR, Pfeifer CS, Schneider LF. Effect of monomer type on the CC degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. *Dent Mater.* 2017 Apr;33(4):394-401.
27. Baroudi K, Saleh AM, Silikas N, Watts DC. Shrinkage behaviour of flowable resin-composites related to conversion and filler-fraction. *J Dent.* 2007;35(8):651-5.
28. Brackett MG, Brackett WW, Browning WD, Rueggeberg FA. The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites. *Oper Dent.* 2007;32(5):443-50.
29. Park YJ, Chae KH, Rawls HR. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. *Dent Mater.* 1999;15(2):120-7.

30. Nagem Filho H, Nagem HD, Francisconi PA, Franco EB, Mondelli RF, Coutinho KQ. Volumetric polymerization shrinkage of contemporary composite resins. *J Appl Oral Sci.* 2007;15(5):448-52.
31. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater.* 2005;21(10):962-70.
32. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bambi C, Grandini R. A review of polymerization shrinkage stress: current techniques for posterior direct resin restorations. *J Contemp Dent Pract.* 2006;7(4):79-88.
33. Goncalves F, Kawano Y, Braga RR. Contraction stress related to composite inorganic content. *Dent Mater.* 2010;26(7):704-9.
34. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A, et al. Incremental filling technique and composite material--part I: cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Oper Dent.* 2014;39(2):E71-82.
35. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mat.* 2012;28(5):521-8.
36. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater.* 2013;29(9):e213-7.
37. Fleming GJ, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. The potential of a resin-composite to be cured to a 4-mm depth. *Dent Mater.* 2008. 24(4) 522-529.
38. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.* 2013;38(6):618-25.
39. Burtscher P. Ivocerin® in comparison to camphorquinone. *Ivoclar Vivadent Report.* 19(1):11-15
40. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):227-35.

41. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Fischer NG, Nojiri K, Nagura Y, Takamizawa T, Latta MA, Miazaki M. Wear of resin composites: Current insights into underlying mechanisms, evaluation methods and influential factors. *Jpn Dent Sci Rev.* 2018 May;54(2):76-87.
42. Fujii K, Carrick TE, Bicker R, McCabe JF. Effect of the applied load on surface contact fatigue of dental filling materials. *Dent Mater.* 2004 Dec;20(10):931-8.
43. Lepri CP, Palma-Dibb RG. Surface roughness and color change of a composite: influence of beverages and brushing. *Dent Mater J.* 2012;31(4):689-96.
44. Turssi CP, Ferracane JL, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials.* 2005 Aug;26(24):4932-7.
45. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dent Mater.* 2000 Jan;16(1):33-40.
46. Grippo JO, Simring M, Coleman TA. Abfraction, abrasion, biocorrosion, and the enigma of noncarious cervical lesions: a 20-year perspective. *J Esthet Restor Dent.* 2012 Feb;24(1):10-23.
47. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Oper Dent.* 2008 Jul-Aug;33(4):413-20.
48. Koc-Vural U, Baltacıoğlu I, Altıncı P. Color stability of bulk-fill and incremental-fill resin-based composites polished with aluminum-oxide impregnated disks. *Restor Dent Endod.* 2017 May;42(2):118-124.
49. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent.* 2006 Feb;95(2):137-42.
50. Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarslan MM, DüNDAR A, Yılmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2018 Mar;30(2):E3-E8.
51. Ardu S, Gutemberg D, Krejci I, Feilzer AJ, Di Bella E, Dietschi D. Influence of water sorption on resin composite color and color variation amongst various

- composite brands with identical shade code: an in vitro evaluation. *J Dent.* 2011 Jul;39 Suppl 1:e37-44.
52. Fontes ST, Fernández MR, de Moura CM, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci.* 2009 Sep-Oct;17(5):388-91.
53. Al Kheraif AA, Qasim SS, Ramakrishnaiah R, Ihtesham ur Rehman. Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites. *Dent Mater J.* 2013;32(2):326-31.
54. Lee YK, Yu B, Lim HN, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *J Appl Oral Sci.* 2011 Apr;19(2):154-60.
55. Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites. *Dent Mater.* 2005 Dec;21(12):1150-7.
56. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent.* 2005 May;33(5):389-98.
57. Mozzaquatro LR, Rodrigues CS, Kaizer MR, Lago M, Mallmann A, Jacques LB. The Effect of Brushing and Aging on the Staining and Smoothness of Resin Composites. *J Esthet Restor Dent.* 2017 Apr;29(2):E44-E55.
58. Lima JSLF. Avaliação da estabilidade de cor e do repolimento de resinas compostas após a imersão em diferentes soluções corantes. 2013. 94 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
59. ISO/TR 14569-1:2007. Dental Materials – Guidance on testing of wear resistance. Part 1. Wear by toothbrushing. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/45741.html>.
60. Pinelli LA, Gimenes Olbera AC, Candido LM, Miotto LN, Antonio SG, Fais LM. Effects of whitening dentifrice on yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal surfaces after simulating brushing. *J Prosthet Dent.* 2017 Jan;117(1):158-163.
61. Bengel WM. Digital photography and the assessment of therapeutic results after bleaching procedures. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15 Suppl 1:S21-32.

62. Hein S, Zangl M. The use of a standardized gray reference card in dental photography to correct the effects of five commonly used diffusers on the color of 40 extracted human teeth. *Int J Esthet Dent*. 2016 Summer;11(2):246-59.
63. Sabbagh J1, Ryelandt L, Bachérius L, Biebuyck JJ, Vreven J, Lambrechts P, Leloup G. Characterization of the inorganic fraction of resin composites. *J Oral Rehabil*. 2004 Nov;31(11):1090-101.
64. Arrais CA, Oliveira MT, Mettenburg D, Rueggeberg FA, Giannini M. Silorane- and high filled-based "low-shrinkage" resin composites: shrinkage, flexural strength and modulus. *Braz Oral Res*. 2013 Mar-Apr;27(2):97-102. Epub 2013 Mar 1.
65. Di Francescantonio M, Pacheco RR, Aguiar TR, Boaro LCC, Braga RR, Martins AL, Giannini M. Evaluation of composition and morphology of filler particles in low-shrinkage and conventional composite resins carried out by means of SEM and EDX. *J Clin Dent Res*. 2016 janmar;13(1):49-58.
66. Cvar JF, Ryge G. Reprint of criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. 1971. *Clin Oral Investig*. 2005 Dec;9(4):215-32.
67. Yazici AR, Antonson SA, Kutuk ZB, Ergin E. Thirty-Six-Month Clinical Comparison of Bulk Fill and Nanofill Composite Restorations. *Oper Dent*. 2017 Sep/Oct;42(5):478-485.
68. van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent*. 2016 Aug;51:29-35.
69. Emami N, Soderholm KJ. How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light-cured resin composites. *European journal of oral sciences* 2003;111:536-42.
70. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. *J Dent Res*. 2015 Sep;94(9):1179-86.
71. Ferracane JL. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *Dent Mater*. 2013 Jan;29(1):51-8.

72. Lambrechts P, Debels E, Van Landuyt K, Peumans M, Van Meerbeek B. How to simulate wear? Overview of existing methods. *Dent Mater.* 2006 Aug;22(8):693-701.
73. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J.* 2004 Jan 10;196(1):42-5.
74. Rigo LC, Bordin D, Fardin VP, Coelho PG, Bromage TG, Reis A, Hirata R. Influence of Polishing System on the Surface Roughness of Flowable and Regular-Viscosity Bulk Fill Composites. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018 July/August;38(4):e79–e86.
75. O'Neill C, Kreplak L, Rueggeberg FA, Labrie D, Shimokawa CAK, Price RB. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. *J Esthet Restor Dent.* 2018 Jan;30(1):59-69.
76. Clelland NL, Pagnotto MP, Kerby RE, Seghi RR. Relative wear of flowable and highly filled composite. *J Prosthet Dent.* 2005 Feb;93(2):153-7.
77. Lai G, Zhao L, Wang J, Kunzelmann KH. Surface properties and color stability of dental flowable composites influenced by simulated toothbrushing. *Dent Mater J.* 2018 Jul 12.
78. Shamszadeh S, Sheikh-Al-Eslamian SM, Hasani E, Abrandabadi AN, Panahandeh N. Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee/Water Immersion. *Int J Dent.* 2016;2016:7186140.
79. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent.* 1998 Apr;79(4):372-7.
80. da Costa J, Fox P, Ferracane J. Comparison of various resin composite shades and layering technique with a shade guide. *J Esthet Restor Dent.* 2010 Apr;22(2):114-24.
81. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002 Aug;81(8):578-82.

82. Yetkiner E, Wegehaupt F, Wiegand A, Attin R, Attin T. Colour improvement and stability of white spot lesions following infiltration, micro-abrasion, or fluoride treatments in vitro. *Eur J Orthod*. 2014 Oct;36(5):595-602.
83. Venturini D, Cenci MS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent*. 2006 Jan-Feb;31(1):11-7.
84. Lu H, Roeder LB, Powers JM. Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15(5):297-304.
85. Ozcan S, Yikilgan I, Uctasli MB, Bala O, Kurklu ZG. Comparison of time-dependent changes in the surface hardness of different composite resins. *Eur J Dent*. 2013 Sep;7(Suppl 1):S20-5.
86. Giannini M, Di Franciscantonio M, Pacheco RR, Boaro LC, Braga RR. Characterization of Water Sorption, Solubility, and Roughness of Silorane- and Methacrylate-based Composite Resins. *Oper Dent*. 2013.