

JULIANA SÁ LEITÃO FIUZA LIMA

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR E DO REPOLIMENTO DE RESINAS
COMPOSTAS APÓS A IMERSÃO EM DIFERENTES SOLUÇÕES CORANTES

BRASÍLIA, 2013

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

JULIANA SÁ LEITÃO FIUZA LIMA

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR E DO REPOLIMENTO DE RESINAS
COMPOSTAS APÓS A IMERSÃO EM DIFERENTES SOLUÇÕES CORANTES

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Nóbrega Rodrigues Pereira
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Augusto Hilgert

BRASÍLIA
2013

JULIANA SÁ LEITÃO FIUZA LIMA

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR E DO REPOLIMENTO DE RESINAS
COMPOSTAS APÓS A IMERSÃO EM DIFERENTES SOLUÇÕES CORANTES

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde pelo
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da
Universidade de Brasília.

Aprovado em 13 de agosto de 2013

BANCA EXAMINADORA

Profa.Dra. Patrícia Nóbrega Rodrigues Pereira
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Mario Fernando de Goes
Universidade Estadual de Campinas

Profa. Dra. Ana Paula Dias Ribeiro
Universidade de Brasília

Trabalho realizado sob a orientação da Profa. Dra. Patrícia Nóbrega Rodrigues Pereira e coorientação do Prof. Dr. Leandro Augusto Hilgert. As etapas laboratoriais foram realizadas no Departamento de Odontologia, Disciplina de Dentística da Faculdade de Ciências da Saúde – Universidade de Brasília, com bolsa do Programa de Demanda Social (DS) da CAPES processo nº 36584/2012.

A Deus pela oportunidade de mais uma conquista, por me dar força, sabedoria e coragem para seguir em frente todos os dias.

Aos meus pais pelo amor incondicional, por me ensinarem a valorizar o conhecimento e por todos os sacrifícios realizados para a concretização dos meus sonhos.

Ao meu amado marido Igor por sua paciência infinita, por compreender minha ausência, por cuidar de mim com tanto amor. Seu apoio e carinho foram imprescindíveis para a conclusão de mais esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. **Patrícia Nóbrega Rodrigues Pereira**, minha orientadora, pela confiança, pela credibilidade, pela amizade, pela oportunidade, pela paciência e compreensão. Sempre tive admiração pelo seu trabalho, mas depois de conviver com você nos dois últimos anos, me tornei sua fã. Foi uma honra trabalhar com você.

Ao Prof. Dr. **Leandro Augusto Hilgert**, meu coorientador, não só pela análise estatística realizada e contribuição intelectual, mas acima de tudo pelo que você me ensinou sobre disciplina, competência, organização e perseverança, meus sinceros agradecimentos.

Às Profas. Dras. **Ana Paula Dias Ribeiro** e **Fernanda C. Garcia** pelos conhecimentos compartilhados, pelos conselhos, pelo exemplo, pela convivência e apoio.

Aos meus colegas de mestrado **Samuel**, **Polyana** e **Andressa**, pelas risadas, pela torcida, pela amizade, pelos conselhos e por todos os momentos agradáveis que passamos juntos ao longo desses dois anos.

Aos alunos de graduação **Clara** e **Paulo** pela expressiva contribuição nas etapas laboratoriais deste trabalho.

Às minhas queridas amigas **Luisa** e **Alessandra** pelas infinitas horas em que vocês abdicaram do seu tempo para me ajudar de forma tão solícita e pelas tantas conversas que tivemos nos momentos de desespero.

Em especial à **minha família** e ao meu marido **Igor** que souberam compreender meus momentos de ansiedade, desespero, divagações e ausência. Vocês são o meu maior tesouro.

Ao Prof. Dr. **Júlio Lemos de Macedo** pela atenção e contribuição nas etapas laboratoriais que ocorreram no Instituto de Química da Universidade de Brasília.

Ao **Departamento de Biologia Celular** do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, pelo acesso ao Laboratório de Microscopia de Varredura.

Às empresas **FGM** e **3M ESPE** pela doação de alguns dos materiais utilizados para a realização deste estudo.

Ao meu professor de graduação **Gustavo Rivera** por permitir a utilização do espectrofotômetro de forma tão prestativa.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pela bolsa de mestrado concedida para a execução deste trabalho.

À secretária de Pós-Graduação **Edigrês Alves de Sousa** pela solicitude em todos os momentos burocráticos do curso.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde** da Universidade de Brasília, na pessoa de seu atual coordenador **Prof. Dr. Francisco de Assis Rocha Neves**, agradeço a oportunidade de formação profissional.

A todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

"Foi o melhor dos tempos e o pior dos tempos,
a idade da sabedoria e da insensatez,
a era da fé e da incredulidade,
a primavera da esperança e o inverno do desespero.
tínhamos tudo e nada tínhamos."

(Charles Dickens, séc. XIX)

RESUMO

A estabilidade de cor é um dos parâmetros clínicos mais importantes em relação ao sucesso de restaurações estéticas. Ainda que a qualidade destes materiais tenha sido aprimorada nos últimos anos, o manchamento de resinas compostas ainda é uma das principais razões que levam à substituição de restaurações em dentes anteriores. Os objetivos deste estudo foram avaliar a estabilidade de cor de cinco resinas compostas (Filtek Z350 XT, Estelite Σ Quick, Durafill VS, Opallis e Empress Direct) após a exposição a diferentes bebidas usualmente consumidas e investigar a possibilidade de remoção do manchamento ocorrido, pelo repolimento. Para isso, 20 espécimes foram confeccionados para cada resina composta e avaliados após a imersão em vinho tinto, café, Coca-Cola e água destilada (controle) por 24 horas, 7 e 30 dias. Ao final do experimento os espécimes foram repolidos com discos de óxido de alumínio (Sof-Lex, 3M ESPE). As mensurações de cor foram realizadas utilizando um espectrofotômetro (Vita EasyShade Compact) baseado no sistema de cor CIELAB. Os dados foram analisados estatisticamente pelos testes ANOVA e *post hoc* Tukey ($p=0,05$). Os resultados mostraram que todas as resinas compostas apresentaram alteração de cor após o manchamento artificial. A resina Filtek Z350 XT resultou em maior alteração de cor do que as resinas Durafill VS e Estelite Σ Quick. O vinho tinto exibiu o maior potencial corante enquanto a Coca-Cola não apresentou diferenças significativas em relação ao grupo controle. Após o repolimento todos os materiais apresentaram redução significativa do manchamento provocado pelo vinho e pelo café. Foi concluído que a alteração de cor varia de acordo com a composição do material e as diferentes soluções em que são expostos. O repolimento é efetivo na redução do manchamento extrínseco e deve ser considerado antes da decisão pela substituição de restaurações estéticas por motivos relacionados à cor.

Palavras-chave: Resina composta; Estabilidade de cor; Bebidas; Espectrofotometria; Repolimento.

ABSTRACT

Color stability is one of the most important clinical parameters related to success of esthetic restorations. Although the quality of these materials has improved in recent years, discoloration of resin composites remains a major cause of replacement of anterior restorations. The aim of this study was to evaluate the color stability of five different composites (Filtek Z350 XT, Estelite Σ Quick, Durafill VS, Opallis e Empress Direct) after exposure to commonly consumed beverages and the possibility to remove stain with repolishing. Twenty disk-shaped specimens were prepared from five different composites and evaluated after immersion in red wine, coffee, cola or distilled water (control) for 24 hours, 7 and 30 days. At the end of the experiment the specimens were repolished using alumin oxide discs (Sof-Lex, 3M ESPE). Color measurements were made using a spectrophotometer (Vita EasyShade Compact) based on the CIELAB color scale. Data were statistically analyzed by ANOVA and *post hoc* Tukey tests ($\alpha=0.05$). The results showed that all composites presented color change after the stain challenge. Filtek Z350 XT showed a higher color change than Durafill VS and Estelite Σ Quick. Red wine resulted in greatest pigmentation while cola did not show a significant difference from the control group. After repolishing all composites presented significant reduction in coffee and wine staining. Composite staining susceptibility proved to vary among composite types and staining solutions. Repolishing is an effective method to reduce extrinsic stains and must be considered before the decision to replace esthetic restorations for color reasons.

Keywords: Composite resin; Color stability; Beverages; Spectrophotometry; Repolishing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Representação do espaço de cor do sistema CIELAB	20
Figura 2: Inserção da resina composta no molde pré-fabricado	38
Figura 3: Polimento dos espécimes com Sof-Lex	39
Figura 4: Esquema da divisão dos corpos de prova do experimento.....	40
Figura 5: Recipientes utilizados para o armazenamento dos espécimes.....	40
Figura 6: Leitura espectrofotométrica	42
Figura 7: Valores médios do ΔE da resina Estelite Σ Quick.....	47
Figura 8: Valores médios do ΔE da resina Durafill VS	47
Figura 9: Valores médios do ΔE da resina Empress Direct.....	48
Figura 10: Valores médios do ΔE da resina Filtek Z350 XT	48
Figura 11: Valores médios do ΔE da resina Opallis.....	49
Figura 12: Fotos dos discos de resina composta após a imersão em vinho.....	50
Figura 13: Fotos dos discos de resina composta após a imersão em café.....	51
Figura 14: Fotos dos discos de resina composta após a imersão em Coca-Cola	52
Figura 15: Fotos dos discos de resina composta após a imersão em água	53
Figura 16: Fotomicrografia da resina Filtek no período inicial.....	57
Figura 17: Fotomicrografia da resina Filtek após imersão em Coca-Cola	58
Figura 18: Fotomicrografia da resina Filtek após imersão em vinho.....	58
Figura 19: Fotomicrografia da resina Durafill no período inicial	59
Figura 20: Fotomicrografia da resina Durafill após imersão em Coca-Cola.....	60
Figura 21: Fotomicrografia da resina Durafill após imersão em vinho	60
Figura 22: Fotomicrografia da resina Empress no período inicial	61

Figura 23: Fotomicrografia da resina Empress após imersão em Coca-Cola.....	62
Figura 24: Fotomicrografia da resina Empress após imersão em vinho	62
Figura 25: Fotomicrografia da resina Estelite no período inicial	63
Figura 26: Fotomicrografia da resina Estelite após imersão em Coca-Cola	64
Figura 27: Fotomicrografia da resina Estelite após imersão em vinho.....	64
Figura 28: Fotomicrografia da resina Opallis no período inicial	65
Figura 29: Fotomicrografia da resina Opallis após imersão em Coca-Cola	66
Figura 30: Fotomicrografia da resina Opallis após imersão em vinho	66
Figura 31: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Filtek.....	67
Figura 32: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Estelite	68
Figura 33: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Durafill.....	68
Figura 34: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Empress	69
Figura 35: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Opallis	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição básica e especificações técnicas das resinas compostas utilizadas no estudo.....	37
Tabela 2: Descrição das soluções utilizadas e respectivos valores de pH.....	41
Tabela 3: Valores de ΔE após o manchamento artificial	54
Tabela 4: Valores de ΔE após o repolimento	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 AVALIAÇÃO DE COR	18
2.2 MANCHAMENTO ARTIFICIAL	21
2.3 REMOÇÃO DO MANCHAMENTO	31
3 PROPOSIÇÃO	35
4 METODOLOGIA	37
4.1 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA	38
4.2 IMERSÃO NAS SOLUÇÕES CORANTES	39
4.3 ANÁLISE DE COR	42
4.4 ANÁLISE EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA.....	43
4.5 REPOLIMENTO	44
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	44
5 RESULTADOS	46
5.1 ESTABILIDADE DE COR	46
5.2 REPOLIMENTO	55
5.3 ANÁLISE EM MEV	57
6 DISCUSSÃO	71
7 CONCLUSÃO.....	82
REFERÊNCIAS	83

Introdução

1 INTRODUÇÃO

Desde sua introdução no mercado odontológico, as resinas compostas vêm sofrendo considerável evolução na tentativa de melhorar suas propriedades químicas e físicas e aumentar sua longevidade clínica.

Fratura e recidiva de cárie estão entre as principais razões que levam à substituição de restaurações de resina composta (1). Não obstante, quando tais restaurações envolvem regiões estéticas, a estabilidade de cor é um fator determinante para a longevidade clínica destes materiais (2).

É inquestionável que qualquer material restaurador estético, além de reproduzir os dentes naturais em cor e forma, também deve manter tais características ao longo do tempo. Assim, nos últimos anos diversos compósitos têm sido desenvolvidos e aprimorados quanto à composição e tamanho das partículas inorgânicas, bem como quanto à qualidade da união matriz carga para permitir, entre outros fatores, maior estabilidade de cor e resistência ao manchamento superficial (3).

De forma geral, as alterações de cor das resinas compostas podem ser descritas de três formas: 1) Manchamento externo devido ao acúmulo de placa e pigmentos precipitados na superfície; 2) Alteração de cor superficial por degradação e leve penetração de pigmentos na região mais externa; 3) Manchamento intrínseco em virtude de alterações físico-químicas nas porções mais internas do material (4).

Diversos fatores estão relacionados com a suscetibilidade ao manchamento de resinas compostas. Na cavidade oral, as restaurações estão expostas aos efeitos combinados da luz, umidade e alterações de temperatura e pH que podem resultar em reações fotoquímicas de seus componentes (5). O manchamento intrínseco é permanente e envolve principalmente a estrutura da resina composta, incluindo a composição da matriz orgânica, as características das partículas de carga, qualidade da união matriz-carga e os tipos de aceleradores, iniciadores e inibidores presentes no material (6).

Por outro lado, o manchamento extrínseco está mais relacionado à rugosidade da superfície, hábitos alimentares, cigarro e higiene oral do paciente (7,8). Assim, um maior ou menor grau de alteração de cor é resultado da interação

entre as fontes externas e as propriedades internas inerentes ao material restaurador.

Restaurações defeituosas são frequentemente substituídas por outras às custas, muitas vezes, da perda de estrutura dental sadia. No caso da alteração de cor, uma vez instalado o manchamento, algumas abordagens podem ser utilizadas na tentativa de evitar a troca prematura de uma restauração que ainda mantém sua função (9). Dependendo da natureza e profundidade da descoloração, o repolimento pode remover parcialmente ou totalmente os pigmentos presentes na camada mais superficial, recuperando a cor inicial e devolvendo a estética das restaurações (10).

Diante do exposto, torna-se fundamental a compreensão dos fatores que envolvem o processo de alteração de cor das resinas compostas para a seleção do material restaurador mais apropriado para cada situação. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar a estabilidade de cor de diferentes resinas compostas expostas à soluções potencialmente corantes e a possibilidade de remoção do manchamento pelo repolimento.

Fundamentação Teórica

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo foi didaticamente dividido em três partes com o intuito de apresentar um embasamento teórico para o melhor entendimento dos assuntos abordados neste trabalho. A primeira parte faz referência à análise de cor. A segunda parte traz uma revisão sobre os fatores que influenciam a estabilidade de cor das resinas compostas, enquanto a terceira parte aborda os métodos de remoção do manchamento.

2.1 AVALIAÇÃO DE COR

A percepção de cor é um fenômeno complexo, resultante de interpretações psicológicas e respostas fisiológicas ao estímulo de uma energia radiante. Sendo assim, historicamente a avaliação visual de cor tem sido caracterizada por diversas dificuldades inatas tais como metamerismo, influência do ambiente, cansaço visual, humor, idade e condições físicas do observador (11,12). Além destes, outros fatores que não estão relacionados diretamente ao observador também exercem influência neste processo, como a energia radiante emitida pelas fontes de luz e as condições da superfície do objeto observado, incluindo translucência, opacidade e homogeneidade da superfície (13,14).

Apesar das dificuldades citadas, o olho humano é capaz de identificar, mesmo sutis diferenças de cor. Entretanto, determinar sua magnitude é uma tarefa subjetiva, complexa e limitada (15). Dessa forma, um sistema numérico de medição de cor pode ser mais confiável ao eliminar a subjetividade do observador e fornecer resultados mais precisos, quantificáveis e reproduzíveis (16).

Munsell foi o primeiro autor a organizar as cores em dimensões independentes e uniformes, ilustrando-as em um espaço tridimensional. Neste espaço as cores podem ser descritas em matiz, valor e croma. O matiz refere-se à característica com a qual distinguimos uma família de cor da outra, como o vermelho do amarelo ou o verde do azul. O valor indica a luminosidade de uma cor e é

determinado pela quantidade de cinza. Em outras palavras, é o meio pelo qual distinguimos uma cor clara de uma cor escura. Croma é o grau de saturação da cor e descreve sua intensidade (17,18).

Atualmente, há diversos instrumentos eletrônicos disponíveis para a mensuração de cor. Nas últimas décadas estas tecnologias foram desenvolvidas e aprimoradas na tentativa de aumentar o índice de sucesso na seleção e comunicação da cor, além de favorecer o adequado registro dos parâmetros relacionados à coloração em pesquisas científicas (15). Não obstante, a análise de cor ainda representa um dos maiores desafios na prática clínica (19).

Entre os instrumentos disponíveis para a mensuração de cor, o espectrofotômetro é um dos mais utilizados em pesquisas odontológicas (20). Alguns autores constataram que estes aparelhos apresentam alta confiabilidade, acima de 96%, e acuidade de 67 a 93% (21).

O padrão de cor geralmente utilizado por tais instrumentos é o CIELAB, proposto pela Comissão Internacional de Iluminação (Commission Internationale l'Eclairage – CIE) em 1976. A vantagem deste sistema é que diferenças de cores relatadas pela percepção visual e sua respectiva significância clínica podem ser expressas em unidades (22). Este sistema corresponde a um universo de cor tridimensional, no qual os eixos são identificados por L^* , a^* e b^* . Distâncias equivalentes entre as coordenadas correspondem às diferenças de cores semelhantes em sua percepção. O eixo L^* representa a luminosidade de um objeto e é quantificado em uma escala que varia de zero (preto puro) até 100 (branco puro). As coordenadas a^* e b^* representam as características cromáticas do objeto ao longo dos eixos verde-vermelho e amarelo-azul, respectivamente (Fig. 1). Elas aproximam-se de zero para cores neutras (branco, cinza) e aumentam de magnitude para cores mais saturadas ou intensas (14).

Outra vantagem desse sistema é a simplicidade em quantificar a diferença de cor (ΔE) entre dois objetos e relacioná-la com a perceptibilidade e aceitabilidade visual (23). Em princípio, se um material é completamente estável em relação à cor, nenhuma diferença será detectada após a exposição às situações verificadas ($\Delta E=0$) (24).

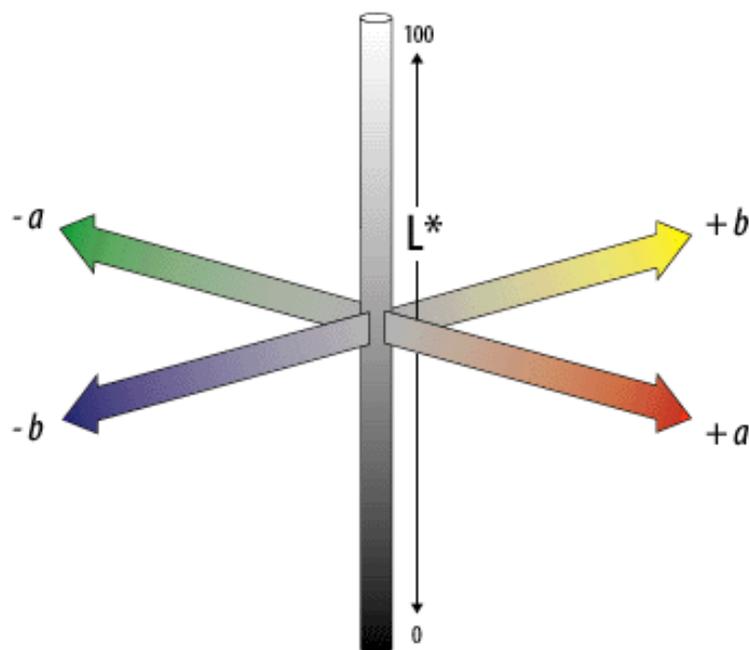


Figura 1: Representação do espaço de cor do sistema CIELAB

O limite de aceitabilidade corresponde ao valor em que 50% dos observadores consideram a diferença de cor aceitável enquanto os outros 50% consideram inaceitável, isto é, trocariam a restauração por motivos relacionados à cor. Da mesma forma, o limite de perceptibilidade corresponde ao valor em que 50% dos indivíduos são capazes de identificar alguma diferença de cor entre dois objetos (15).

Na literatura, o ΔE de 1 é frequentemente interpretado como limite de perceptibilidade em condições controladas (15). Entretanto, estudos *in vivo* apontam um limite maior de perceptibilidade, com ΔE s de 2,6 e 3,7. Já para o limite de aceitabilidade, os valores encontrados variam entre 1,7, 2,2, 3,3 e 3,7 para estudos *in vitro* e 5,5 e 6,8 para estudos *in vivo* (21, 25). A classificação alfa, de acordo com o sistema de avaliação clínica das restaurações estéticas do Serviço Público de Saúde dos Estados Unidos, mostrou que os valores de ΔE , clinicamente aceitáveis, variam entre 2,2 e 4,4 (13).

Dessa forma, quando se utiliza o método instrumental de análise de cor é conveniente ter conhecimento de tais variáveis para que seja realizada a correta

distinção entre diferenças estatísticas e variações de cor que são realmente relevantes em termos práticos (15).

Para a análise de cor de resinas compostas, algumas particularidades devem ser consideradas. A cor do compósito é uma combinação complexa dos comportamentos ópticos do material. Foi demonstrado em um estudo prévio que as propriedades das partículas de carga, como seu tamanho e conteúdo, apresentam influencia significativa neste contexto. Os autores sugeriram que a cor dos materiais que contêm partículas com formatos irregulares, são mais inclinadas para o matiz verde e amarelo nos eixos a^* e b^* respectivamente. Por outro lado, os materiais que apresentam partículas esféricas tendem mais para o vermelho e azul. Não obstante, observou-se que a incorporação de partículas de carga na matriz resinosa acarreta uma redução significativa da transmissão de luz do material (26).

Outros fatores que influenciam tais aferições de cores são as propriedades do fundo e da amostra, como refletância, rugosidade superficial e espessura do material. Quando um espécime translúcido é observado sobre um fundo branco, uma considerável fração da luz que atingiu o fundo pode ser refletida. Por outro lado, quando analisado sobre um fundo escuro, o grau de reflexão diminui significativamente (27). Em outras palavras, os valores obtidos pela mensuração do objeto posicionado sobre um fundo claro serão mais altos do que quando se utiliza sobre um fundo escuro (28).

2.2 MANCHAMENTO ARTIFICIAL DAS RESINAS COMPOSTAS

Estudos sobre a estabilidade de cor iniciaram-se antes da década de 80, em virtude do manchamento observado clinicamente em restaurações estéticas (29). Desde então, diversas pesquisas foram realizadas com o objetivo de avaliar o comportamento dos diferentes materiais restauradores e os fatores responsáveis pelas alterações de cor.

De forma geral, não se pode identificar um único componente como responsável pela descoloração que ocorre nas resinas compostas. A suscetibilidade ao manchamento é influenciada, em maior ou menor grau, pela interação de diferentes fatores relacionados à sua composição (30), grau de conversão (31),

estresse físico-químico (32), rugosidade superficial (33), sorção de água (34), além de hábitos alimentares e higiene oral (35).

Em princípio, qualquer componente da resina composta pode favorecer o manchamento precoce de tais materiais (4). Sabe-se que as características das partículas de carga como o tipo, tamanho e distribuição, desempenham papel fundamental no manchamento extrínseco dos materiais resinosos (6). Por outro lado, relatos da literatura apontam que o manchamento intrínseco está diretamente relacionado às características da matriz resinosa (36).

Como exposto anteriormente, não é possível separar os diversos fatores que envolvem a instabilidade de cor das resinas compostas. Todavia, os principais fenômenos relacionados a tal aspecto serão divididos em subseções para efeitos didáticos.

2.2.1 Rugosidade Superficial

A rugosidade das resinas compostas é consequência da degradação química e do desgaste superficial, os quais estão relacionados, entre outros fatores, às características das partículas de carga, incluindo tamanho, quantidade e dureza (37). Além disso, os diferentes procedimentos de acabamento e polimento apresentam impacto direto na lisura superficial e no brilho dos materiais restauradores (38).

Alguns autores atestam que um dos principais fatores que contribui para o manchamento extrínseco das resinas compostas é a qualidade de sua superfície (39,40). Acredita-se que uma superfície resinosa com mais de 0,2 μm de rugosidade favorece o acúmulo de placa e uma maior retenção de pigmentos (41), o que poderia induzir o manchamento precoce da restauração (42).

Entretanto, outros estudos não encontraram correlação entre a rugosidade, isoladamente, e uma maior sensibilidade ao manchamento (33,35). Os autores admitem que embora uma superfície de alto brilho seja geralmente menos suscetível ao manchamento, outros aspectos podem contribuir de forma expressiva para a descoloração das resinas compostas. Ainda assim, acredita-se que o manchamento

é potencializado pelas condições superficiais da resina composta e que a qualidade da superfície é primordial no sucesso da restauração.

Estudos prévios mostraram que a menor rugosidade superficial é conseguida quando a resina composta é polimerizada contra uma matriz de poliéster (43,44), ainda que, trabalhos mais recentes não tenham encontrado diferença entre a lisura da superfície obtida com a matriz de poliéster e com alguns sistemas de polimento contemporâneos (40,45).

Não obstante, é consenso na literatura que restaurações que não sofreram acabamento e polimento são mais suscetíveis ao manchamento (42,46,47,48,49,50). Os autores relatam que apesar da superfície obtida com a matriz de poliéster ser extremamente lisa, sua camada externa é rica em componentes orgânicos, o que favorece o aumento na absorção de água e o enfraquecimento da adesão entre a matriz resinosa e as partículas de carga (48). Tal aspecto apresenta relevância principalmente em restaurações proximais que, em muitos casos, não são devidamente polidas.

Além disso, admite-se que a superfície sob a matriz, de poliéster possivelmente não apresenta o mesmo grau de polimerização que o corpo da restauração não exposto ao oxigênio durante a inserção do material restaurador (49). Sendo assim, a remoção da camada mais externa de resina, pelos procedimentos de acabamento e polimento, irá produzir uma superfície mais resistente e mais estável esteticamente (51).

Para que os métodos de acabamento e polimento sejam efetivos, as partículas abrasivas do sistema utilizado devem ser relativamente mais duras do que as partículas de carga presentes no material restaurador. Caso contrário, o sistema de polimento irá remover apenas a matriz resinosa e deixar as partículas de reforço proeminentes sobre a superfície (52). Dessa forma, vários sistemas para acabamento e polimento de resinas compostas foram desenvolvidos nas últimas décadas, incluindo brocas multilaminadas, brocas diamantadas, pedras e discos abrasivos, lixas, pastas diamantadas, borrachas de silicone e escovas de carvão de silício, entre outros (53).

Neste contexto, alguns trabalhos na literatura procuraram avaliar a efetividade desses sistemas em propiciar o melhor polimento e a menor suscetibilidade ao manchamento de resinas compostas (38,42,44,46,47,54,55). Porém, não há um consenso entre os autores. Enquanto alguns afirmam que o melhor procedimento

para conseguir a maior lisura superficial é a utilização de borrachas abrasivas (38,46,47), outros relatam que a utilização de discos de óxido de alumínio (42,44,54,55) é mais efetiva. Segundo Schmitt et al. (42), como tais discos são utilizados em sequência decrescente de abrasividade, eles promovem desgaste uniforme e adequado polimento, independente do tipo de resina composta utilizada.

Por outro lado, outros autores compararam a utilização de três sistemas de acabamento e polimento em quatro diferentes compósitos e concluíram que a suscetibilidade ao manchamento não foi relacionada exclusivamente ao tipo de polimento realizado (45). Acredita-se que a efetividade do polimento é material-dependente. Em termos práticos, cada resina composta funciona melhor com um sistema de acabamento e polimento específico, dependendo do tamanho, dureza e quantidade de carga incorporada (33).

Diante do exposto, é importante salientar que o polimento deve ser realizado no devido tempo. Alguns autores observaram que a espera de 48 horas, antes da realização do polimento final da restauração, resultou em menores valores de alteração de cor. Acredita-se que o polimento precoce, antes da completa polimerização do compósito, poderia gerar uma tensão na superfície do material e facilitar o acúmulo de pigmentos (46). Foi sugerido ainda que as propriedades dos materiais restauradores apresentem relação direta com o tempo de espera antes do acabamento e polimento (56).

2.2.2 Sorção e Solubilidade

Outros fatores categoricamente atribuídos à capacidade de manchamento das resinas compostas são o grau de sorção de água e a hidrofiliabilidade da matriz resinosa (36).

Os fenômenos de sorção e solubilidade atuam como precursores para diversos processos físicos e químicos capazes de produzir efeitos deletérios na estrutura do material restaurador (57). De maneira simplificada, a sorção excessiva de água pode diminuir a longevidade da restauração pela expansão e plastificação do componente resinoso, assim como pela hidrólise e oxidação do agente silano. Como resultado deste processo, ocorre degradação da interface matriz/carga e

liberação de alguns elementos, como monômeros não reagidos e partículas inorgânicas (58).

As partículas de carga, que ficam soltas na matriz, podem ser deslocadas pelos processos mecânicos e fisiológicos, deixando a superfície mais rugosa e mais suscetível ao manchamento precoce (59). Daí a importância do adequado processo de silanização das partículas de carga para a longevidade dos materiais restauradores. Além disso, a formação de trincas na interface entre a matriz e as partículas de carga permite a maior penetração de pigmentos (35). Especula-se, que a extensão do dano causado pode depender da taxa de difusão, relacionada ao peso molecular da substância corante (60).

Diante do exposto, se o material resinoso apresentar maior tendência à absorção de água, da mesma maneira, ele apresentará maior facilidade em absorver outros fluidos solúveis em água (35). Em outras palavras, a água atua como carreador dos agentes pigmentantes. De maneira geral, a magnitude de sorção de água e solubilidade pode estar relacionada ao conteúdo orgânico da resina composta, bem como à qualidade de ligação entre a matriz e as partículas inorgânicas (34).

Há relatos de que compósitos que apresentam Bisfenol A-glicidil Metacrilato (Bis-GMA) em sua composição exibem maior hidrofiliabilidade e aumento da sorção de água quando comparados àqueles que contêm basicamente Uretano Dimetacrilato (UDMA) (35). Além disso, estudos mostram que resinas compostas que contêm UDMA como base da matriz resinosa apresentam maior estabilidade de cor do que outras que apresentam diferentes oligômeros como matriz (61). De acordo com Siderou et al. (62), o UDMA e o Bisfenol A-glicidil Etoxilato (Bis-EMA) criam uma rede polimérica mais rígida e mais hidrófoba.

Observa-se ainda que a adição, mesmo em pequenas quantidades, de Trietilenoglicol Dimetacrilato (TEGDMA), pode aumentar significativamente a sorção de água do material. Há relatos de que, quando a proporção de TEGDMA aumenta de zero para 1%, a captação de água pelas resinas à base de Bis-GMA pode aumentar de 3% para 6% (48).

2.2.3 Grau de Conversão

A literatura mostra que a afinidade dos componentes resinosos por corantes pode ser modulada pelo seu grau de conversão. Isto é, a instabilidade de cor de tais materiais não depende apenas da química do material e do tamanho das partículas de carga, mas também da efetividade de polimerização, incluindo a distribuição espectral, o tempo e a intensidade da exposição (63). Dessa forma, resinas compostas com percentual de conversão maior apresentam melhores propriedades mecânicas, como melhor resistência ao desgaste, menor sorção de água e melhor estabilidade de cor.

Dependendo do material resinoso, o grau de conversão pode variar entre 50 e 70%. Há estudos que mostram que o grau de conversão máximo é alcançado apenas após 24 horas da polimerização, o que significa que a taxa de conversão logo após a fotopolimerização é ainda menor, variando entre 30 e 40% (64).

Nos últimos anos, novas fontes ativadoras têm sido empregadas para promover a fotopolimerização de resinas compostas. Neste contexto, alguns estudos foram realizados com o objetivo de avaliar a influência dos diferentes aparelhos fotopolimerizadores na estabilidade de cor das resinas compostas. Janda et al. (65) relataram que a luz halógena de quartzo-tungstênio (QTH) forneceu resultados significativamente superiores em relação ao arco de plasma. Em 2010, foi conduzida uma nova pesquisa com o objetivo de investigar o efeito do tempo de exposição na estabilidade de cor de resinas compostas quando fotoativadas por luz QTH ou por diodos emissores de luz (LED). Os resultados mostraram que tanto o tempo de exposição, quanto a dose de irradiação influenciaram o manchamento intrínseco. Os autores concluíram que, quando polimerizadas pela luz de LED por 10 segundos, a estabilidade de cor foi similar e, em alguns casos, até superior do que quando a polimerização foi realizada com a luz QTH por 20 segundos. Observou-se ainda que nenhuma melhora na estabilidade de cor foi conseguida com o prolongamento da irradiação, para nenhum dos aparelhos testados (66).

Por outro lado, um estudo mais recente, novamente investigou o desempenho da tecnologia LED em comparação com as unidades fotoativadoras de QTH em relação à estabilidade de cor das resinas compostas. Os autores observaram que, ainda que os espécimes fotoativados com LED tenham apresentado os menores

valores de ΔE , não houve diferença significativa entre as duas fontes fotoativadoras (67).

Imazato et al. (68), buscaram elucidar a relação entre o grau de conversão e a estabilidade de cor de resinas compostas que apresentavam diferentes quantidades de monômeros diluentes. Foi concluído que a estabilidade de cor das resinas compostas está diretamente relacionada ao seu grau de conversão. Os autores relataram que tanto o excesso de aminas terciárias quanto a oxidação das ligações de carbono duplas (C=C) não reagidas estão associados com a maior tendência ao manchamento. Observou-se ainda que a quantidade de TEGDMA incorporado à matriz resinosa apresenta relação direta com a magnitude da alteração de cor.

Acredita-se que quando a polimerização não é efetiva, alguns componentes químicos da parte orgânica, como os inibidores, fotoiniciadores, aceleradores e filtros ultravioletas, podem não sofrer reação e, por consequência, alteram a coloração da resina composta (65). Um exemplo é o que ocorre com as aminas terciárias durante a foto-reação. Tais componentes geram subprodutos que tendem a causar descoloração amarela ou marrom-avermelhada sob influência de luz e calor. Outro exemplo é o que acontece com a canforoquinona (CQ). Acredita-se que, mesmo em pequenas quantidades, este fotoiniciador influencia significativamente a cor do material. A razão disso deve-se ao fato de que durante a irradiação, a CQ altera sua coloração de amarelo para quase incolor. Entretanto, se a polimerização não for adequada, certa quantidade de amarelo permanece (65).

Foi reportado que altas concentrações de CQ nas formulações de resinas compostas resultam em indesejável amarelamento do material. Por este motivo, fotoiniciadores alternativos como o Lucirin TPO (óxido 2,4,6-trimetilbenzoil-difenil-fosfínico) e o PPD (1-Fenil-1,2-Propanodiona) têm sido utilizados nas cores mais claras a fim de evitar tal efeito de amarelamento (69). Não obstante, devido a influência da luz ambiente, a posterior conversão da CQ ocorre e a restauração pode tornar-se mais clara. Este efeito de clareamento tardio da resina só pode ser evitado com a apropriada polimerização de seus componentes (65).

2.2.4 Estresse Físico-químico

Na ausência de pigmentação externa, o manchamento intrínseco relaciona-se às diversas condições físico-químicas, como exposição à radiação ultravioleta (UV) e à luz de xenônio, mudanças de temperatura e umidade e oscilações de pH, entre outros (70,71).

Foi comparada a estabilidade de cor de resinas que apresentavam dimetacrilatos ou siloranos como matriz resinosa. Tais compósitos foram submetidos ao envelhecimento artificial acelerado, com luz de xenônio e umidade, por até 192 horas. Foi concluído que todas as resinas testadas apresentaram estabilidade de cor clinicamente aceitável ao final do período experimental, com discreto escurecimento e amarelamento dos espécimes. Além disso, observou-se que durante o processo de envelhecimento, houve redução do brilho superficial. Os autores relataram ainda que os compósitos com silorano apresentaram melhores resultados de estabilidade de cor (70).

Acredita-se que o estresse físico-químico induz a degradação da superfície e sub-superfície da resina composta, alterando suas características ópticas e favorecendo a formação de microtrincas que se propagam pela interface matriz/carga. Alguns autores citam que estas microtrincas formam um caminho favorável para a penetração de pigmentos (4).

Observa-se ainda, que o envelhecimento artificial acelerado e a radiação UV são capazes de alterar a fluorescência, opalescência e translucidez das resinas compostas. Alguns autores estudaram o potencial da luz UV em ocasionar a degradação de diferentes cores de resinas compostas. Os resultados mostraram que a exposição à luz UV, por 24 horas, acarretou mudanças significativas nas diferentes coordenadas do sistema CIELAB. As maiores mudanças ocorreram no eixo b^* , levando ao maior amarelamento do material. Foi relatado ainda, que a descoloração foi fortemente influenciada pela cor selecionada, uma vez que as cores mais claras apresentaram maior sensibilidade à mudança de cor (71).

2.2.5 Hábitos Alimentares e Higiene Oral

Diversos são os estudos que buscam elucidar o potencial corante de diferentes bebidas frequentemente consumidas na dieta cotidiana, como café (7,35,48,63,67,72,73,74), chá (30,31,72,74,75,76), refrigerantes à base de cola (30,31,36,67,76,77,78,79), bebidas esportivas (80), vinho tinto (35,36,37,74,75,76,81,82), suco de cereja (24,79), suco de uva (78,83), suco de laranja (84), uísque (77,81) e cachaça (37). Foram encontrados na literatura ainda, estudos que relatam o potencial corante de outras substâncias como clorexidina (75,84), nicotina (85,86), corantes vermelhos (87), molho de soja (35) e eritrosina (4). Acredita-se que o potencial de manchamento destas bebidas e substâncias varia de acordo com sua composição e propriedades. No entanto, torna-se importante ressaltar que o impacto de tais substâncias sobre a superfície resinosa está diretamente relacionado à quantidade e frequência de ingestão.

Não há na literatura um consenso em relação à substância com maior potencial corante embora a maioria dos estudos aponte o vinho tinto e o café como os responsáveis pelas alterações de cor mais evidentes.

Um e Ruyter (72) procuraram caracterizar o comportamento dos corantes presentes no café e no chá por meio de análise cromatográfica. Foi observado que os pigmentos amarelos presentes no chá e no café apresentam diferentes polaridades e, por esta razão, comportam-se de maneira diferente. De acordo com os autores, os pigmentos amarelos do café são menos polares e, por consequência, menos hidrofílicos. Tal característica permite maior penetração do corante e provavelmente maior afinidade com a matriz polimérica da resina composta. Foi observado ainda que os espécimes imersos em chá por 48 horas mancharam mais do que aqueles armazenados em café pelo mesmo período. Entretanto, após a limpeza dos espécimes por escovação, os que foram imersos em chá apresentaram alteração de cor aceitável e até imperceptível, ao contrário do que ocorreu com o café. Diante destes resultados, os autores sugeriram que o manchamento produzido por tal solução ocorreu tanto por adsorção quanto por absorção de pigmentos, enquanto o do chá ocorreu especialmente por adsorção superficial.

Awliya et al. (73), avaliaram o efeito de três diferentes tipos de café no manchamento de resinas compostas. Os autores encontraram resultados

heterogêneos entre o potencial de manchamento dos diferentes cafés testados. Foi sugerido que a concentração da bebida é uma das razões para tal resultado, uma vez que os espécimes imersos em café expresso apresentaram manchamento mais evidente. Ainda neste contexto, outro estudo mostrou que a presença de açúcar no café e no chá está relacionada à maiores valores de alteração de cor. O aspecto pegajoso do açúcar foi atribuído a tais resultados, o qual presumidamente aumentaria o contato dos corantes presentes nas substâncias com a superfície da resina composta (24).

Nos trabalhos que mostraram maior potencial de manchamento pelo vinho, alguns autores sugeriram que além de conter alta concentração de pigmentos em sua composição, o vinho apresenta baixo pH e quantidade razoável de álcool (35). De forma semelhante, em outro trabalho que avaliou o efeito corante do vinho, observou-se que houve aumento maior nos valores da coordenada a^* do sistema CIELAB para todos os materiais testados. Acredita-se que este resultado deve-se à maior concentração de pigmentos vermelhos presentes no vinho (82).

Foi relatado que a influência do baixo pH nas propriedades das resinas compostas é explicada pela hidrólise dos grupos ésteres presentes na matriz resinosa (88). Além disso, alguns autores atestam que tanto o álcool quanto o baixo pH provocam a plastificação da matriz orgânica e a perda estrutural de íons como Ca^{2+} , Al^{3+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , entre outros (35). Tal aspecto confere ao polímero uma estrutura mais porosa, e por consequência mais suscetível à incorporação de pigmentos (77).

Da mesma maneira, os ácidos orgânicos produzidos pela placa bacteriana favorecem a degradação das resinas compostas. Sendo assim, admite-se que a higiene oral deficiente está relacionada à suscetibilidade ao manchamento. Foi relatado que as bactérias presentes na placa produzem diversas enzimas hidrolíticas juntamente com uma vasta gama de subprodutos que podem afetar a integridade estrutural das resinas compostas. Considerando-se que a alteração de cor do material está consistentemente associada à degradação da superfície, esse efeito, como já citado, facilitaria o manchamento das resinas compostas (89).

Alguns autores procuraram compreender o efeito da fumaça de cigarro na estética dos materiais restauradores (85,86). Recentemente, Alandia-Roman et al. (85), avaliaram a estabilidade de cor de resinas compostas submetidas à fumaça de cigarro. Foi observado que após a exposição ao cigarro, houve excessivo depósito

de componentes da fumaça aderidos à superfície dos espécimes, o que resultou em severo manchamento do compósito. A alteração de cor ocorreu principalmente por redução da luminosidade e escurecimento dos espécimes. Os autores destacaram que tais aspectos devem ser considerados na escolha do material restaurador mais apropriado para pacientes fumantes, no sentido de garantir uma maior longevidade e prevenir sua substituição por motivos relacionados à cor.

2.3 REMOÇÃO DO MANCHAMENTO

Uma vez ocorrida a alteração de cor, algumas abordagens para remoção parcial e/ou total do manchamento são encontradas na literatura, incluindo escovação com pastas dentais abrasivas (37,75), clareamento com peróxidos de hidrogênio e carbamida (82,90,91,92) e repolimento com diferentes sistemas (8,10,37,90,91,93,94). Entretanto, é importante salientar que primeiramente deve-se tentar elucidar a natureza da modificação de cor, visto que, as estratégias corretivas para o manchamento extrínseco, podem ser diferentes daquelas utilizadas para alterações provocadas pela adsorção sub-superficial de pigmentos e pelas modificações intrínsecas.

De forma geral, a remoção de pigmentos precipitados na superfície do material restaurador pode ser realizada de forma eficiente pela adequada escovação e/ou profilaxia. Admite-se que a efetividade desta abordagem é influenciada por diversos fatores, como o tipo de escova dental, o dentífrico utilizado, o número de movimentos realizados, bem como a carga aplicada à escovação (37). Nesse contexto, alguns autores estudaram a habilidade de tal procedimento em diminuir o manchamento de resinas compostas expostas a diferentes soluções corantes. A escovação foi realizada diariamente, após o processo de manchamento artificial. Foi observado que os espécimes submetidos à escovação apresentaram menor alteração de cor, evidenciando assim a participação dos hábitos de higiene oral na propensão ao manchamento precoce da resina composta (75).

Türkün e Türkün (90) compararam a efetividade do tratamento clareador e do repolimento na remoção do manchamento de resinas. Os autores utilizaram o peróxido de hidrogênio a 30% para o clareamento e três diferentes sistemas (Sof-

Lex - 3M ESPE; Enhance - Dentisply; PoGo - Dentisply) para os procedimentos de repolimento. Foi concluído que as duas abordagens foram efetivas na remoção do manchamento. Entretanto, o clareamento foi ainda mais eficiente em recuperar a coloração original da resina composta.

O mecanismo que leva à descoloração dos compósitos após exposição a agentes clareadores é atribuído à oxidação das moléculas de pigmentos e das aminas que, como mencionado anteriormente, é responsável pelo amarelamento da restauração (95).

Alguns estudos mostram que os agentes clareadores podem aumentar a rugosidade superficial e porosidade das resinas compostas. Tais efeitos parecem depender da composição do material, do agente clareador utilizado, assim como do regime de tratamento empregado (95). Nesse sentido, é possível que o aumento da rugosidade na superfície dos compósitos após o tratamento clareador torne-os mais propensos a um novo manchamento. Yu et al. (82) observaram que os espécimes que foram submetidos ao clareamento com peróxido de carbamida a 15%, previamente à imersão em soluções corantes, exibiram maior descoloração em relação ao grupo controle.

Os resultados de outro estudo recente (91) revelaram que o clareamento com peróxido de carbamida apresentou efeito desfavorável na qualidade da superfície da resina composta testada. Os autores sugeriram que os radicais livres produzidos pela reação do peróxido de carbamida favorecem o descolamento da interface matriz/carga, ocasionando o relaxamento da matriz orgânica e desalojamento das partículas inorgânicas. Por outro lado, outros trabalhos não encontraram relação entre o tratamento clareador e o aumento significativo na rugosidade superficial de resinas compostas (96).

Apesar da grande quantidade de estudos conduzidos para avaliar a instabilidade de cor dos materiais resinosos, não foram encontrados na literatura muitos trabalhos que investigam a efetividade do repolimento na remoção do manchamento.

Alguns autores acreditam que tal tratamento não é eficiente em devolver a cor original das resinas compostas, sobretudo quando ocorre a penetração mais profunda de pigmentos e em razão de alterações intrínsecas (91). Mathias et al. (86) avaliaram a efetividade do repolimento na recuperação de cor de resinas compostas que sofreram manchamento pela associação da fumaça de cigarro com vinho tinto.

Foi relatado que, ainda que o repolimento tenha aumentado a luminosidade e reduzido significativamente a pigmentação amarela, o procedimento não foi suficiente para retomar todos os parâmetros de cor aos valores iniciais.

Ainda assim, alguns estudos mostram resultados positivos para tal abordagem (8,10,90,93,94). Anfe et al. (10) avaliaram a possibilidade de remoção do manchamento de resinas compostas provocado pelo café e vinho tinto, posteriormente ao envelhecimento artificial acelerado. A cor foi avaliada após 20 μ m, 40 μ m e 60 μ m de desgaste. Foi relatado que os valores de ΔE reduziram de forma representativa após os primeiros 20 μ m de desgaste e permaneceram estáveis até 60 μ m. Os autores concluíram que o manchamento provocado pelas soluções testadas foi superficial e que o repolimento foi efetivo na remoção da descoloração.

Em face do exposto neste capítulo, a alteração de cor das resinas compostas é um fenômeno complexo e multifatorial. Ainda existem muitas inconsistências e dúvidas sobre o assunto, o que justifica a importância do presente estudo.

Proposição

3 PROPOSIÇÃO

O presente estudo teve como objetivos:

- 1) Avaliar *in vitro*, por meio de espectrofotometria, a alteração de cor de diferentes marcas comerciais de resinas compostas, após a imersão em soluções potencialmente corantes por 24 horas, 7 dias e 30 dias.
- 2) Avaliar *in vitro*, por meio de espectrofotometria, a possibilidade de recuperação da cor inicial dos compósitos submetidos ao manchamento artificial, pelo repolimento com discos de óxido de alumínio.

As hipóteses nulas testadas foram:

- 1) Não haverá diferença significativa na suscetibilidade ao manchamento das diferentes resinas compostas e nem do potencial de alteração de cor das soluções corantes utilizadas;
- 2) Não haverá redução significativa do manchamento após o repolimento.

Metodologia

4 METODOLOGIA

Cinco resinas compostas de diferentes marcas comerciais, todas na cor B1 esmalte, foram selecionadas para este estudo. A composição básica e a especificação técnica de cada material estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Composição básica e especificações técnicas das resinas compostas utilizadas no estudo.			
Material	Composição	Tipo	Lote
Filtek Z350 XT (3M ESPE)	Matriz: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e Bis-EMA. Carga inorgânica: Combinação de partículas de sílica (20nm), zircônia (4-11nm) não aglomeradas e aglomeradas (<i>clusters</i>) de partículas de zircônia/sílica (0,6-10µm) Carga inorgânica em volume: 63,3%	Nanoparticulada	N421277
Estelite Σ Quick (Tokuyama Dental)	Matriz: Bis-GMA, TEGDMA Carga inorgânica: Partículas esféricas de zircônia/sílica (0,1-0,3µm, tamanho médio: 0,2µm) Carga inorgânica em volume: 71%	Nanoparticulada	W6643
Durafill VS (Heraeus Kulzer)	Matriz: UDMA, Bis-GMA, TEGDMA Partículas de carga: dióxido de silício altamente disperso (0,02 - 0,07 µm) e fragmentos pré-polimerizados (10 - 20 µm). Carga inorgânica em volume: 66%	Microparticulada	010213
IPS Empress Direct (Ivoclar Vivadent)	Matriz: Dimetacrilatos com reduzido Bis-GMA Partículas de carga: Vidro de bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício e copolímero. (0,04 - 3µm, tamanho médio: 0,5µm) Carga inorgânica em volume: 52-59%	Nanoparticulada	N42827
Opallis (FGM)	Matriz: Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA, UDMA Partículas de carga: Vidro de bário-alumino silicato silanizado. Tamanho médio das partículas: 0,5 µm. Carga inorgânica em volume: 57-58%	Micro-híbrida	151012

4.1 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

Para o preparo dos corpos de prova foi utilizado um molde cilíndrico pré-fabricado para a confecção estandarizada de discos com 8 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. As resinas foram inseridas no molde em incremento único (Fig. 2) e então cobertas com uma matriz de poliéster (Probem Ltda, Catanduva, SP, Brasil).

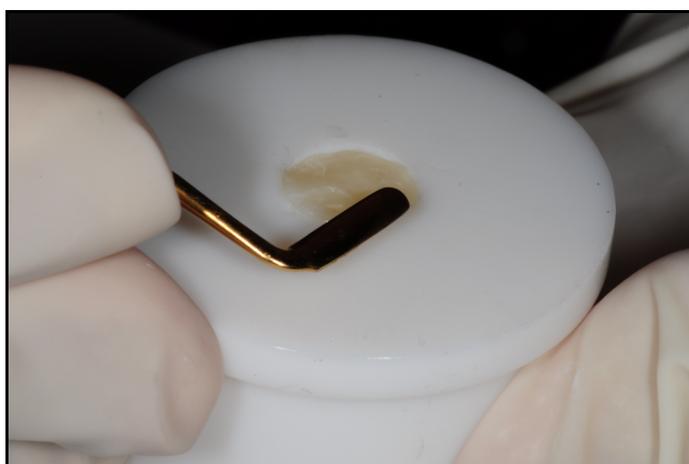


Figura 2: Inserção da resina composta no molde pré-fabricado

Em seguida, o compósito foi pressionado com auxílio de uma placa de vidro para permitir o escoamento do excesso de material. A resina composta foi então fotoativada sob a matriz de poliéster durante 30 segundos, utilizando um fotopolimerizador de LED (bluephase® G2, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), com densidade de potência de aproximadamente 1100 mW/cm^2 . Os corpos de prova foram então removidos do molde e o outro lado do disco foi polimerizado por mais 30 segundos.

Após a fotopolimerização, os discos de resina foram imersos em água destilada e armazenados individualmente em recipientes de vidro por 24 horas, antes de receberem o acabamento e polimento superficial. Tal processo foi realizado com discos de óxido de alumínio (Sof-Lex, série laranja, 3M ESPE) em sequência

decrecente de abrasividade (granulidade grossa, média, fina e extrafina), durante 15 segundos cada um (Fig. 3).

Depois de polidos, os espécimes foram lavados em aparelho de ultrassom (Ultrasonic Washer BioFree, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) por 5 minutos e secos cuidadosamente com papel absorvente para então serem submetidos à análise de cor inicial.

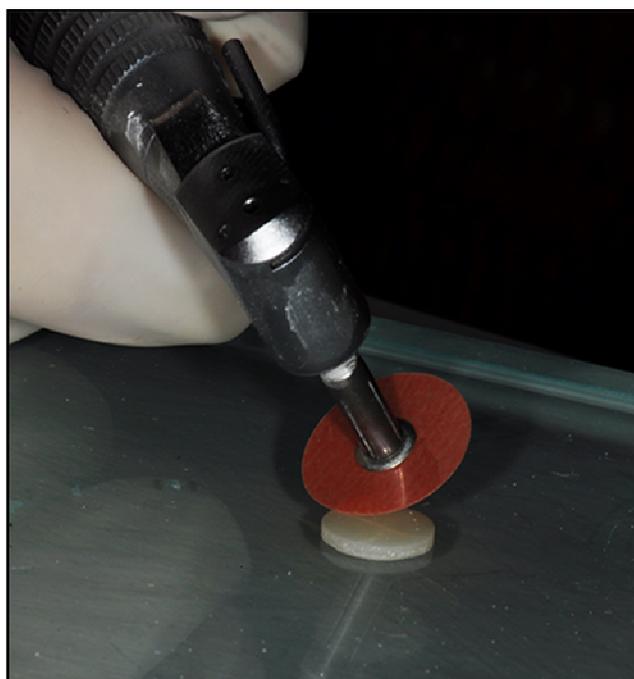


Figura 3: Polimento dos espécimes com Sof-Lex

4.2 IMERSÃO NAS SOLUÇÕES CORANTES

Após a avaliação de cor, os corpos de prova de cada resina composta foram divididos em 5 subgrupos (Fig. 4) e armazenados individualmente nas seguintes soluções (Fig. 5):

- 1) Água destilada (controle)
- 2) Coca-Cola[®]

- 3) Café - preparado com 8 gramas de pó em 100 ml de água
- 4) Vinho tinto
- 5) Análise em MEV

A análise em MEV foi realizada com um corpo de prova de cada resina composta no período inicial e após 30 dias de imersão em vinho tinto e Coca-Cola. Além disso, foi confeccionado mais um espécime de cada compósito para avaliação das partículas de carga.

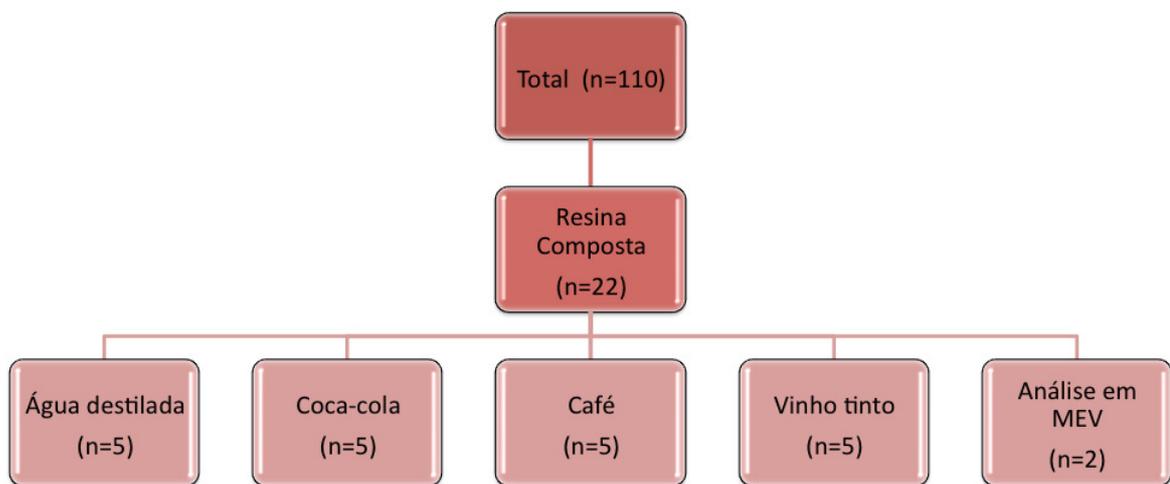


Figura 4: Esquema da divisão dos corpos de prova do experimento



Figura 5: Recipientes utilizados para o armazenamento individual dos espécimes, devidamente identificados

As soluções foram trocadas a cada 7 dias.

Após 24 horas, 7 dias e 30 dias de armazenamento, os espécimes foram lavados em ultrassom por 5 minutos e, posteriormente, um jato de ar/água foi aplicado por 30 segundos com auxílio de uma seringa tríplice. Em seguida os espécimes foram cuidadosamente secos com papel absorvente e as aferições de cor foram realizadas novamente.

Os valores de pH de cada uma das soluções utilizadas foram medidos imediatamente após o preparo e com 7 dias de armazenamento. Os valores foram obtidos com auxílio de um pHmetro (PL 210, Premalab, Piracicaba, SP, Brasil). Previamente, o medidor de pH foi calibrado pela imersão em duas soluções tampão com pH 4,0 e 7,0, respectivamente. Em seguida, o medidor foi imerso nas diferentes bebidas, em uma temperatura controlada de 24°C. A composição das soluções e os valores de pH estão descritos na tabela 2.

Tabela 2: Descrição das soluções utilizadas e respectivos valores de pH.				
Bebidas	pH inicial	pH após 7 dias	Composição	Fabricante
Água destilada	5,3	4,9	Água destilada	_____
Coca-Cola [®]	2,0	2,1	Água gaseificada, açúcar, cafeína, extrato de Noz de cola, corante caramelo IV, acidulante e aromatizantes naturais	Coca-Cola [®] LTDA
Café	5,0	4,8	Café torrado e moído	Melita [®] , Melita SA, SP, Brasil
Vinho tinto	3,6	3,3	Uva fermentada Merlot, conservante (INS 220), anidro sulfuroso	Vinã Santa Carolina S.A, Santiago, Chile

4.3 ANÁLISE DE COR

Para verificar as alterações de cor sofridas pelos corpos de prova antes e após o processo de manchamento artificial, foi utilizado um aparelho espectrofotométrico (EasyShade Compact, Vita, Alemanha), com padrão de observação para o sistema CIELAB. O aparelho foi constantemente calibrado durante as mensurações de acordo com as recomendações do fabricante.

As mensurações foram realizadas com a ponta do instrumento posicionada no centro do espécime, o qual era posicionado sobre um fundo cinza neutro (Cartão cinza, Mennon, Lake Fortest, CA, EUA) (Fig. 6). Para cada espécime a medição foi repetida três vezes. A média das três aferições formava os valores L^* , a^* e b^* de cada espécime.



Figura 6: Leitura espectrofotométrica com o espécime posicionado sobre o fundo cinza

As alterações de cor foram determinadas pela diferença entre as coordenadas L^* , a^* e b^* obtidas antes e após cada intervalo de tempo (24 horas, 7 dias, 30 dias) e após o repolimento.

O delta E (ΔE), é comumente utilizado para representar uma diferença de cor e é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}.$$

Valores de ΔE maiores que 3,3 foram considerados limite de aceitabilidade.

Após a avaliação espectrofotométrica, cada espécime era fotografado sobre o mesmo fundo cinza com o objetivo de registrar a evolução do manchamento durante o processo experimental. As imagens eram realizadas de modo padronizado com uma câmera Nikon D90 (Nikon, EUA) com lente 105 mm (Sigma, Japão) e flash circular (Sigma, Japão). As cores das imagens foram ajustadas no software Photoshop (Adobe Photoshop CS6), utilizando o fundo cinza como controle, conforme descrito previamente por Bengel (97).

4.4 ANÁLISE EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)

4.4.1 Análise da Morfologia dos Espécimes Submetidos ao Manchamento Artificial

Um espécime de cada resina composta, antes da imersão nas soluções corantes e ao final do período experimental, foi separado para análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (JSM-7001F, JEOL, Japão).

O protocolo seguiu os seguintes passos:

- 1) Limpeza dos corpos de prova selecionados em ultrassom por 10 minutos;
- 2) Montagem dos espécimes em *stubs*;
- 3) Revestimento com ouro-paládio sob alto vácuo;
- 4) Fotomicrografia em MEV das áreas representativas, com ampliação de 10.000 vezes.

4.4.2 Fotomicrografia das Partículas de Carga das Resinas Compostas

Para avaliação das partículas de carga, os discos de resina foram imersos em 2 ml de acetona e submetidos à vibração ultrassônica (Ultrasonic Washer BioFree, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) por 10 minutos. Em seguida os espécimes foram secos com jatos de ar, montados nos *stubs* e revestidos com ouro-paládio. As áreas representativas das partículas de carga foram fotografadas em uma ampliação de 15.000 vezes.

4.5 REPOLIMENTO

Após a análise de cor de 30 dias, os espécimes foram submetidos ao repolimento com discos de óxido de alumínio (Sof-Lex, série laranja, 3M ESPE). A sequência de repolimento consistia do uso dos discos em ordem decrescente de granulidade (grossa, média, fina e extrafina) por um período de 15 segundos cada um. Os discos de Sof-Lex eram utilizados apenas uma vez e então descartados para padronização do potencial de polimento. O mesmo operador realizou o procedimento em todos os espécimes.

Depois de repolidos os espécimes foram lavados novamente e o processo de aferição de cor foi realizado de forma idêntica como descrito anteriormente.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após o cálculo dos valores ΔE , os mesmos foram analisados quanto as diferenças encontradas entre as resinas compostas, as soluções utilizadas e os diferentes períodos de armazenamento. Os valores de ΔE do repolimento foram comparados com os valores encontrados após 30 dias.

A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio de um software (SPSS 21, IBM, EUA), utilizando o teste paramétrico de análise de variância (ANOVA) e o teste *post hoc* de Tukey. O efeito dos diferentes intervalos de tempo foi analisado

pelo teste ANOVA para mensurações repetidas. Valores de $p < 0,05$ foram considerados indicativos de significância.

Resultados

5 RESULTADOS

5.1 ESTABILIDADE DE COR

Quanto à estabilidade de cor, três variáveis foram analisadas: as diferentes resinas compostas, as quatro soluções corantes e os três intervalos de tempo. A interação destas variáveis resultou em significativa alteração de cor, conforme representado na tabela 3.

5.1.1 Diferenças Entre as Resinas Compostas

Considerando todos os pigmentos, após 24 horas a resina Filtek Z350 XT apresentou alteração de cor significativamente maior do que os outros materiais. Entretanto, após 7 e 30 dias, não houve diferença estatística entre as resinas Filtek, Opallis e Empress Direct.

Após 7 dias, as resinas Estelite Σ Quick e Durafill VS exibiram menor suscetibilidade ao manchamento. No entanto, ao final do período experimental apenas a resina Filtek apresentou valores estatisticamente inferiores a estes compósitos.

A resina Opallis mostrou os piores valores para os espécimes armazenados em água destilada e Coca-Cola.

As figuras 7-11 mostram os valores de ΔE de cada resina composta nos diferentes estágios do experimento.

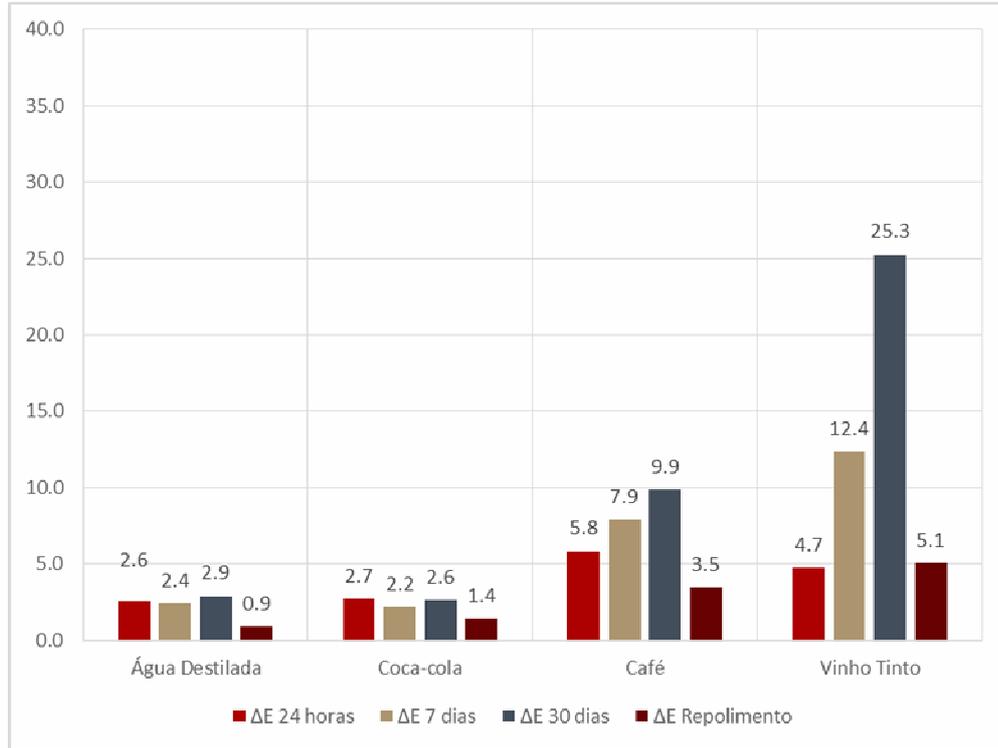


Figura 7 – Valores médios do ΔE da resina Estelite Σ Quick ao longo do experimento.

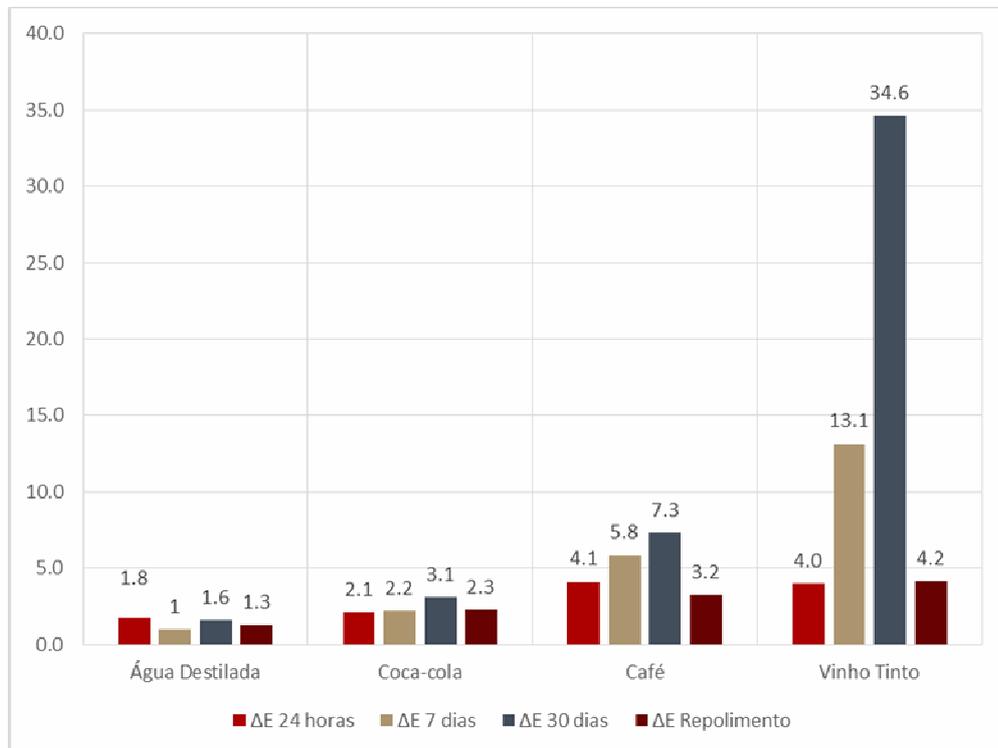


Figura 8 - Valores médios do ΔE da resina Durafill VS ao longo do experimento.

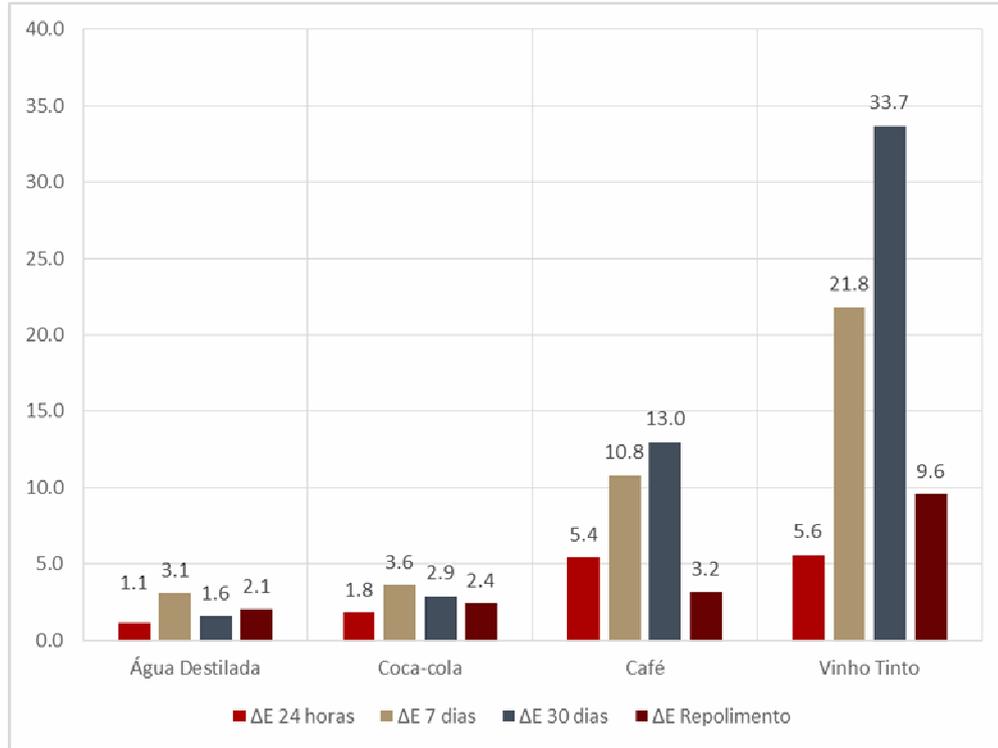


Figura 9 – Valores médios do ΔE da resina Empress Direct ao longo do experimento.

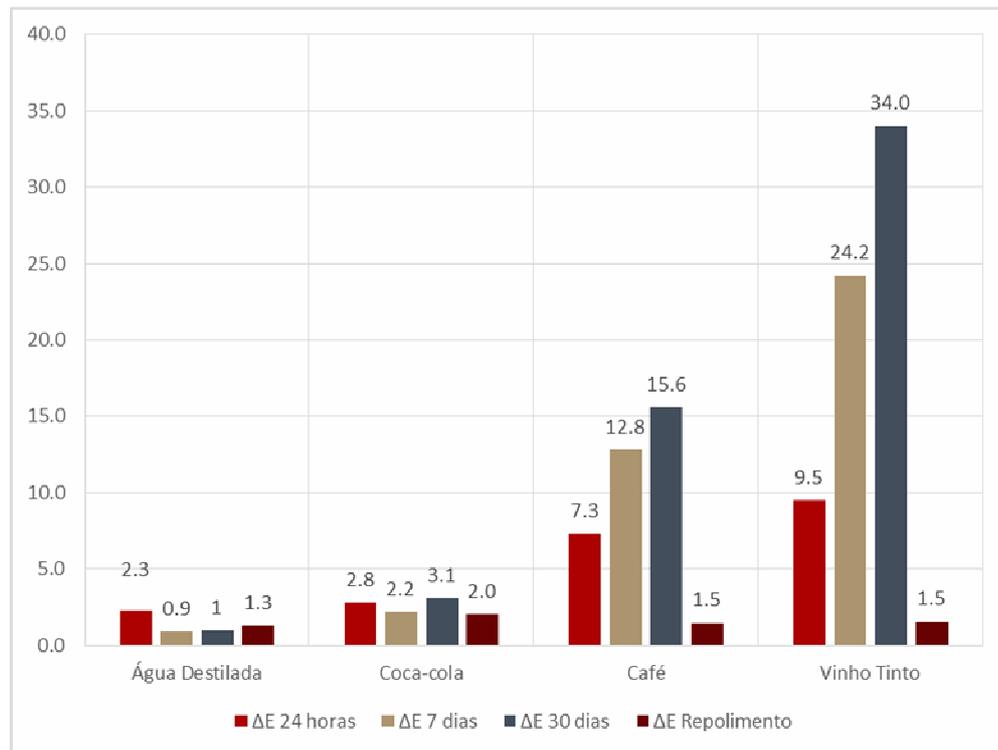


Figura 10 – Valores médios do ΔE da resina Filtek Z350 XT ao longo do experimento.

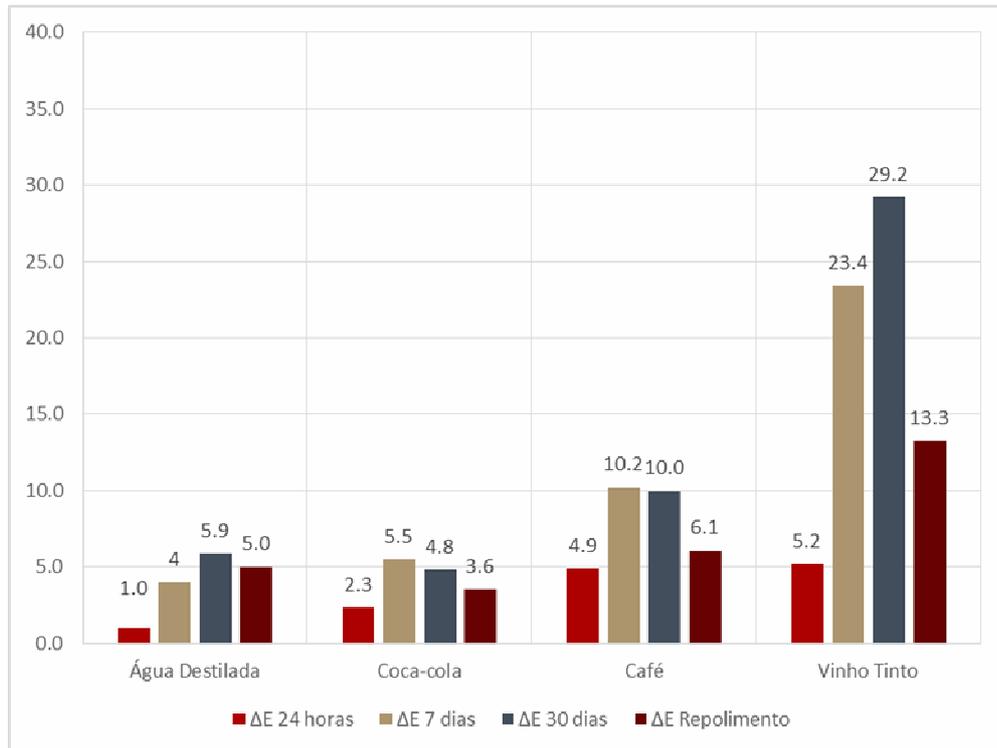


Figura 11 – Valores médios do ΔE da resina Opallis ao longo do experimento.

5.1.2 Potencial de Manchamento das Soluções

Após 24 horas, o café e o vinho tinto apresentaram maior potencial de manchamento, sem diferença significativa entre eles. No mesmo período, a Coca-Cola apresentou valores de ΔE maiores do que os do grupo controle.

Após 7 e 30 dias, o vinho tinto mostrou maior potencial de manchamento, seguido pelo café. Não houve diferença significativa entre a Coca-Cola e a água destilada após 7 dias e até o fim do experimento.

As figuras 12-15 ilustram a alteração de cor dos espécimes após a imersão em vinho tinto, café, Coca-Cola e água destilada respectivamente.

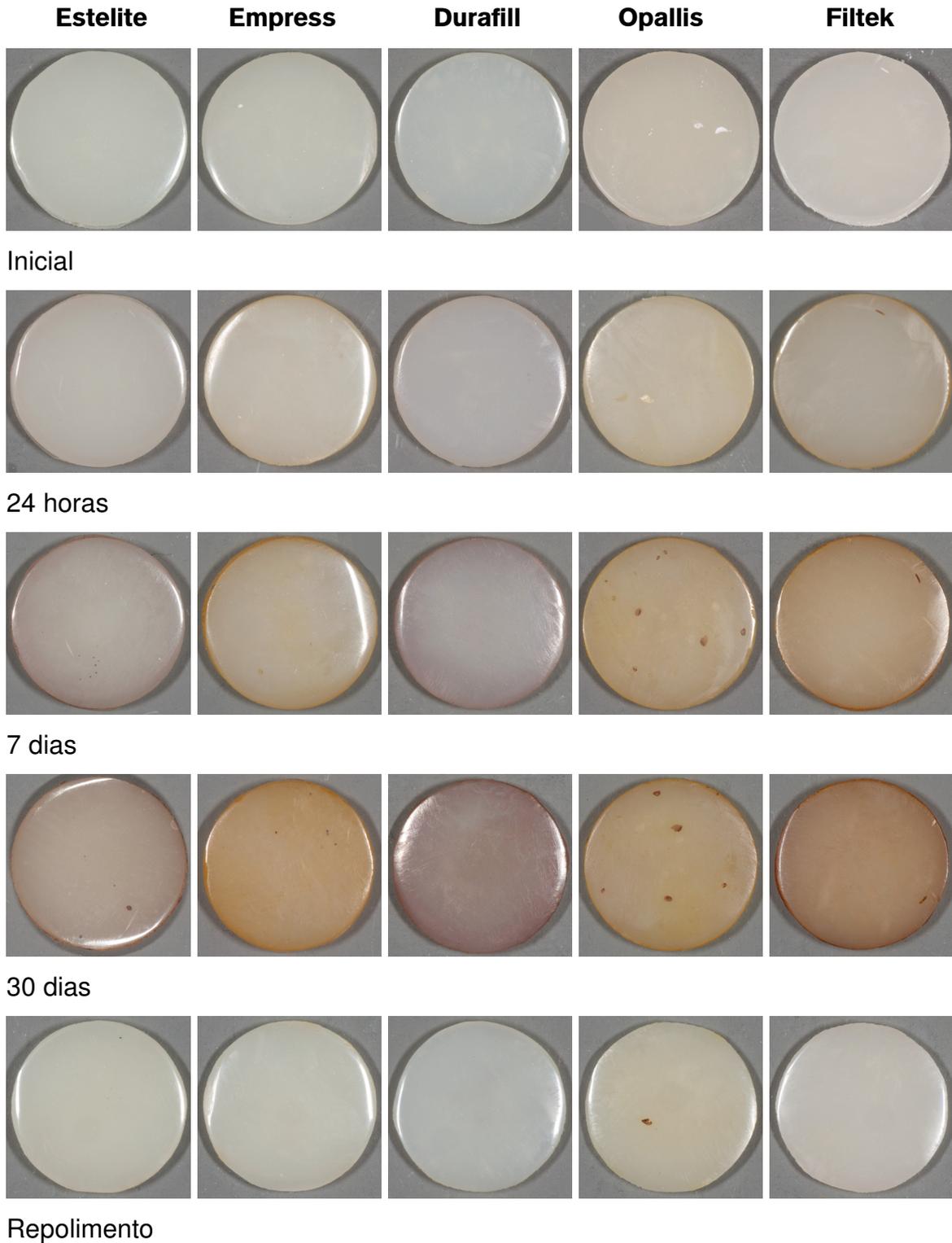


Figura 12: Fotos da evolução do manchamento dos discos de resina após a imersão em vinho tinto

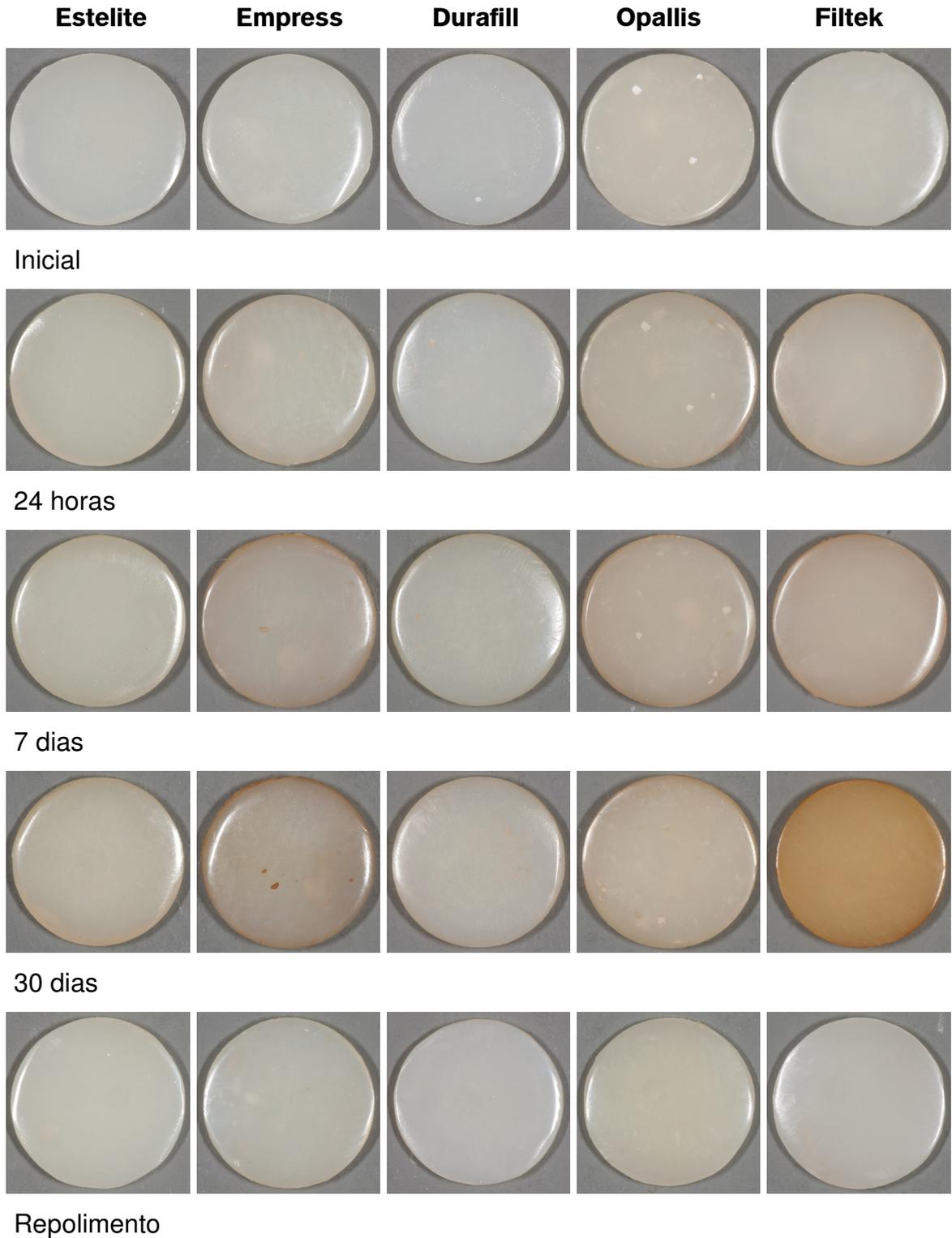


Figura 13: Fotos da evolução do manchamento dos discos de resina após a imersão em café

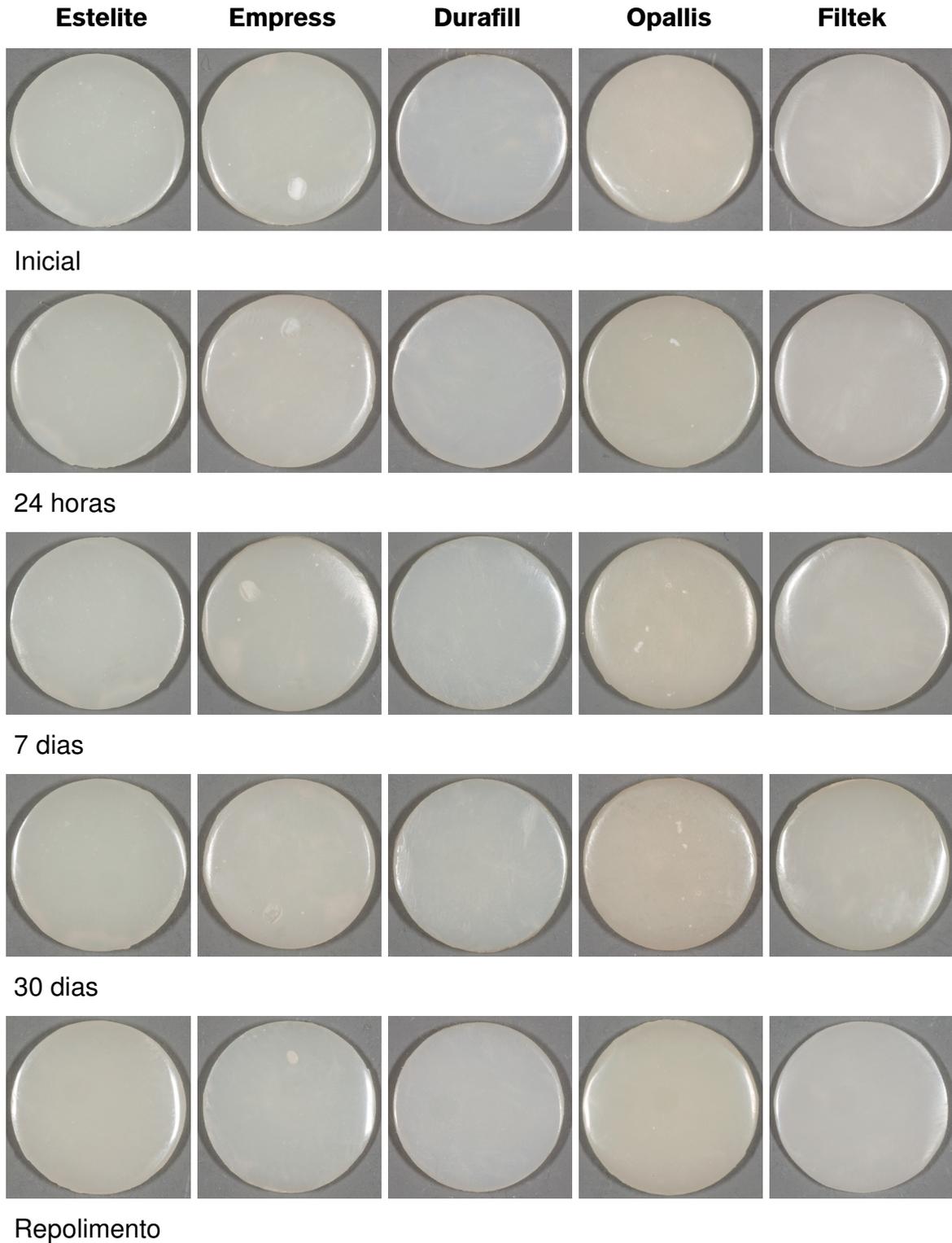


Figura 14: Fotos da evolução do manchamento dos discos de resina após a imersão em Coca-Cola

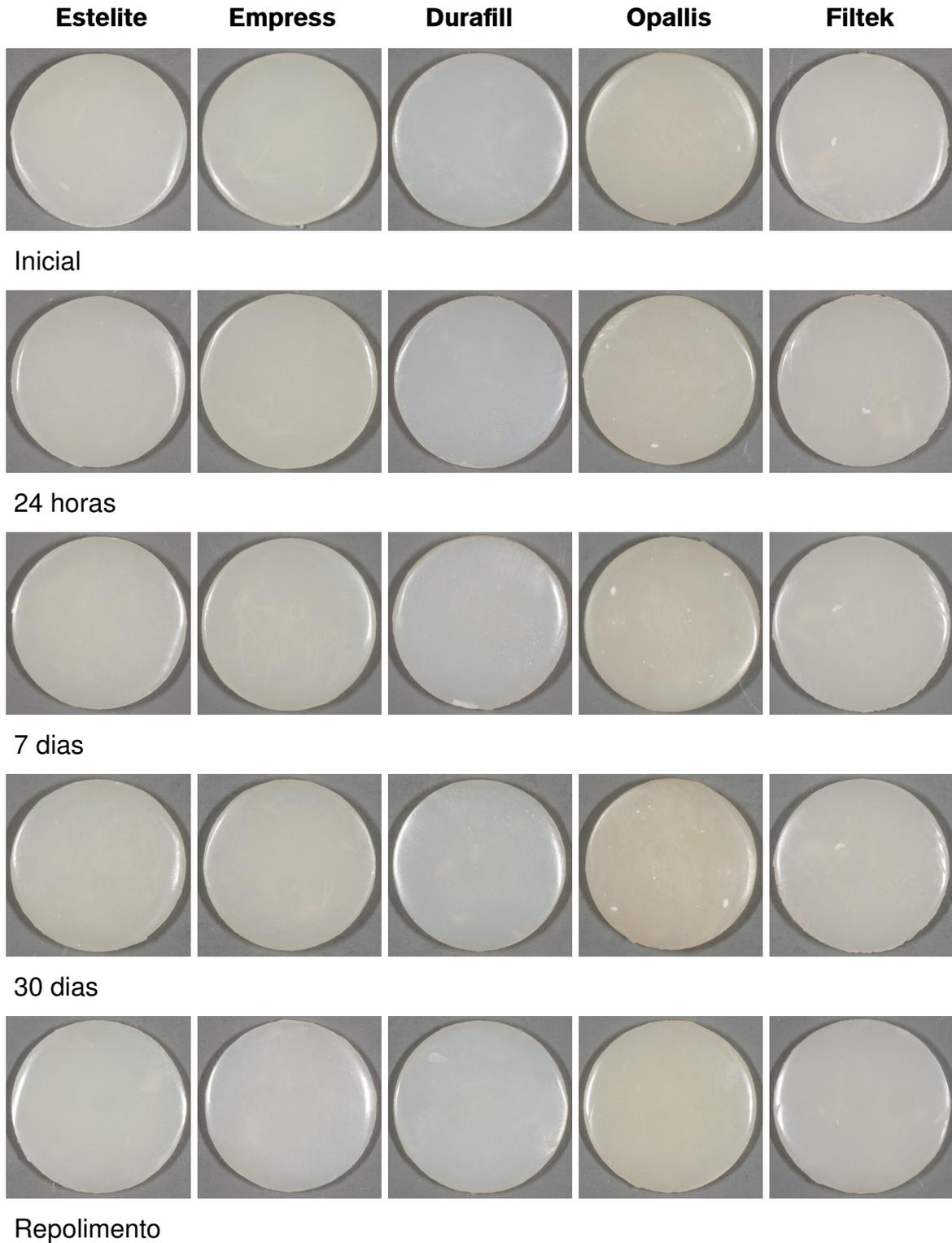


Figura 15: Fotos da evolução do manchamento dos discos de resina após a imersão em água destilada

Tabela 3: Valores de ΔE após manchamento artificial.

	ΔE (DP)														
	24h					7d					30d				
	Água	Coca	Café	Vinho	Todos Pigmen.	Água	Coca	Café	Vinho	Todos Pigmen.	Água	Coca	Café	Vinho	Todos Pigmen.
Estelite Σ Quick	2,61 Ca ¹ (0,10)	2,73 ABa ² (0,11)	5,83 Bc ¹ (0,52)	4,72 ABb ¹ (0,47)	3,97 B ¹ (1,43)	2,36 Ba ¹ (0,29)	2,18 Aa ¹ (0,10)	7,89 Bb ² (1,01)	12,36 Ac ² (2,39)	6,20 A ² (4,51)	2,94 Ba ¹ (0,45)	2,64 Aa ² (0,17)	9,85 ABb ³ (0,81)	25,26 Ac ³ (4,13)	10,17 A ³ (9,61)
Durafill VS	1,75 Ba ² (0,06)	2,09 ABa ¹ (0,05)	4,11 Ab ¹ (0,35)	3,98 Ab ¹ (0,25)	2,98 A ¹ (1,12)	1,00 Aa ¹ (0,35)	2,18 Aab ¹ (0,41)	5,83 Ab ² (0,61)	13,14 Ac ² (4,79)	5,54 A ² (5,35)	1,60 Aa ² (0,13)	3,10 ABa ² (0,81)	7,28 Ab ² (1,50)	34,62Bc ³ (2,43)	11,65 A ³ (13,83)
Empress Direct	1,11 Aa ¹ (0,55)	1,83 Aa ¹ (0,67)	5,40 Bb ¹ (0,47)	5,62 Bb ¹ (1,00)	3,49 AB ¹ (2,19)	3,11 BCa ² (0,63)	3,56 Ba ² (0,57)	10,76 Cb ² (1,05)	21,81 Bc ² (4,56)	9,81 B ² (8,06)	1,57 Aa ¹ (1,06)	2,89 ABa ^{1,2} (1,30)	13,00 BCb ³ (2,75)	33,64 Bc ³ (4,77)	12,78 AB ³ (13,43)
Filtek Z350XT	2,32 BCa ² (0,08)	2,76 Ba ¹ (0,44)	7,34 Cb ¹ (0,86)	9,47 Cc ¹ (1,38)	5,47 C ¹ (3,21)	0,95 Aa ¹ (0,39)	2,23 Aa ¹ (0,98)	12,82 Db ² (1,07)	24,16Bc ² (3,01)	10,04 B ² (9,73)	1,02 Aa ¹ (0,36)	3,11 ABa ¹ (1,62)	15,56 Cb ² (3,92)	34,03 Bc ³ (3,34)	13,43 B ³ (13,70)
Opallis	0,98 Aa ¹ (0,44)	2,32 ABb ¹ (0,70)	4,92ABC ¹ (0,82)	5,22 ABC ¹ (0,46)	3,36 A ¹ (1,91)	4,01 Ca ² (0,66)	5,48 Ca ³ (0,91)	10,17 Cb ² (0,56)	23,38 Bc ² (3,62)	10,76 B ² (8,03)	5,93 Ba ³ (0,84)	4,81 Ba ² (0,94)	9,98 ABb ² (1,49)	29,20 ABC ³ (3,46)	12,48 AB ³ (10,26)
Todas Resinas	1,75 a ¹ (0,72)	2,35 b ¹ (0,57)	5,52 c ¹ (1,24)	5,80 c ¹ (2,09)	3,86 ¹ (2,23)	2,28 a ¹ (1,29)	3,13 a ² (1,45)	9,49 b ² (2,59)	18,97 c ² (6,28)	8,47 ² (7,65)	2,61 a ¹ (1,91)	3,31 a ² (1,27)	11,13 b ³ (3,63)	31,35 c ³ (5,00)	12,10 ³ (12,11)

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas dentro da coluna (entre os compósitos). ANOVA, Tukey, p<0,05
 Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas dentro da linha para o mesmo período de tempo (entre os pigmentos). ANOVA, Tukey, p<0,05
 Números sobrescrito diferentes indicam diferenças significativas entre os períodos de tempo (para o mesmo compósito e pigmento). ANOVA medições repetidas, p<0,05

5.1.3 Fator Tempo

Os valores de ΔE das resinas compostas imersas em água destilada não mostraram aumento da alteração de cor após 7 e 30 dias. Já os espécimes imersos em Coca-Cola apresentaram aumento do manchamento apenas após 7 dias. De forma contrária, para os grupos de café e vinho tinto, a alteração de cor tornou-se mais evidente durante todo o período experimental.

5.2 REPOLIMENTO

De modo geral, após o repolimento todas as resinas compostas apresentaram redução significativa da alteração de cor. Os valores médios de ΔE e os respectivos desvios-padrão estão descritos na tabela 4.

Para os espécimes manchados por vinho tinto e café, o repolimento foi capaz de reduzir os valores de ΔE para menores do que os registrados após 24h imersos em tais substâncias (Figuras 7-11).

Ao considerar todos os pigmentos, a resina Opallis apresentou resultados significativamente inferiores, seguido pela resina Empress. Não houve diferença significativa na redução do manchamento das resinas Estelite, Durafill e Filtek. Entretanto a resina Filtek apresentou valores menores de ΔE após o repolimento dos espécimes que foram imersos em vinho tinto e café.

Tabela 4: Valores de ΔE após o repolimento.

		ΔE (DP)									
		30d					Após o repolimento				
		Água	Coca	Café	Vinho	TodosPigm en.	Água	Coca	Café	Vinho	TodosPigm en.
Estelite	Σ Quick	2,94 Ba* (0,45)	2,64 Aa* (0,17)	9,85 ABb* (0,81)	25,26 Ac* (4,13)	10,17 A* (9,61)	0,90 Aa** (0,14)	1,43 Aa** (0,34)	3,46 Bb** (0,84)	5,06 ABC** (1,46)	2,71 A** (1,88)
Durafill	VS	1,60 Aa* (0,13)	3,10 ABa* (0,81)	7,28 Ab* (1,50)	34,62Bc* (2,43)	11,65 A* (13,83)	1,28 Aa* (0,54)	2,27ABab* (0,69)	3,23 ABbc** (1,24)	4,16 Ac** (1,37)	2,74 A** (1,45)
Empress	Direct	1,57 Aa* (1,06)	2,89 ABa* (1,30)	13,00 BCb* (2,75)	33,64 Bc* (4,77)	12,78 AB* (13,43)	2,06 Aa* (0,96)	2,43 ABa* (0,84)	3,19 ABa** (1,31)	9,57 BCb** (3,84)	4,32 B** (3,70)
Filtek	Z350XT	1,02 Aa* (0,36)	3,11 ABa* (1,62)	15,56 Cb* (3,92)	34,03 Bc* (3,34)	13,43 B* (13,70)	1,28 Aa* (0,39)	2,03 ABa* (1,21)	1,48 Aa** (0,89)	1,54 Aa** (0,31)	1,58 A** (0,78)
Opallis		5,93 Ba* (0,84)	4,81 Ba* (0,94)	9,98 ABb* (1,49)	29,20 ABC* (3,46)	12,48 AB* (10,26)	5,01 Ba* (1,10)	3,56 Ba** (0,89)	6,06 Ca** (0,38)	13,27 Cb** (3,21)	6,98 C** (4,17)
Todas	Resinas	2,61 a* (1,91)	3,31 a* (1,27)	11,13 b* (3,63)	31,35 c* (5,00)	12,10* (12,11)	2,11 a* (1,67)	2,35 a* (1,05)	3,48 b** (1,75)	6,72 c** (4,80)	3,66** (3,27)

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas dentro da coluna (entre os compósitos). ANOVA, Tukey, $p < 0,05$
 Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas dentro da linha para o mesmo período de tempo (entre os pigmentos). ANOVA, Tukey, $p < 0,05$
 Números diferentes de asteriscos (*) indicam diferença significativa entre os períodos de tempo (para o mesmo compósito e pigmento). ANOVA medições repetidas, $p < 0,05$

5.3 ANÁLISE EM MEV

As figuras 16-29 representam as fotomicrografias das resinas compostas no período inicial e após 30 dias de imersão em Coca-Cola e vinho tinto. As figuras 30-33 representam as imagens obtidas da morfologia das partículas de carga das resinas compostas utilizadas no estudo.

5.3.1 Análise da Morfologia Superficial da Resina Filtek Z350 XT

No período inicial (Fig. 16) é possível observar a superfície homogênea, com a matriz resinosa cobrindo as partículas de carga.

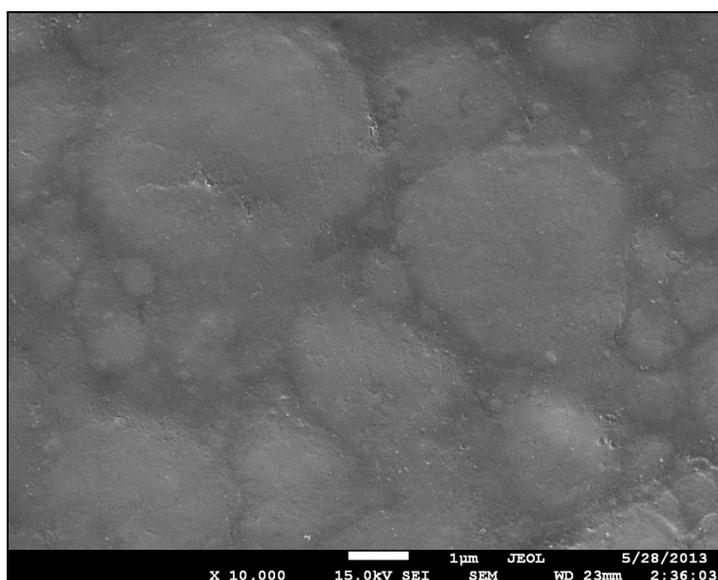


Figura 16: Fotomicrografia da resina Filtek Z350 XT no período inicial

Após 30 dias de imersão em Coca-Cola (Fig. 17), observa-se perda acentuada da matriz orgânica (setas vermelhas), com regiões onde é possível observar a formação de uma superfície mais disforme (seta branca) e com exposição das partículas de carga (seta azul).

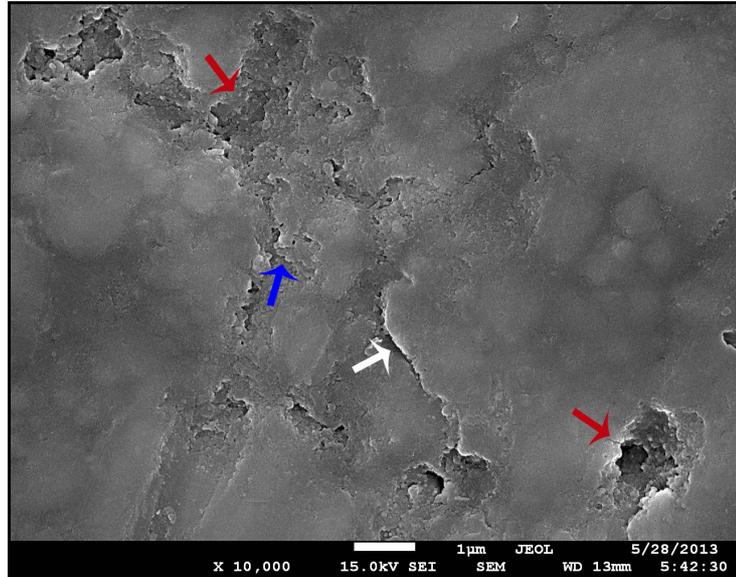


Figura 17: Fotomicrografia da resina Filtek Z350 XT após 30 dias em Coca-Cola

Após a imersão em vinho tinto (Fig. 18), observa-se que não há perda acentuada de matriz orgânica, ao contrário do que foi observado após a imersão em Coca-Cola, entretanto é possível perceber a formação de microtrincas na superfície do compósito (setas vermelhas).

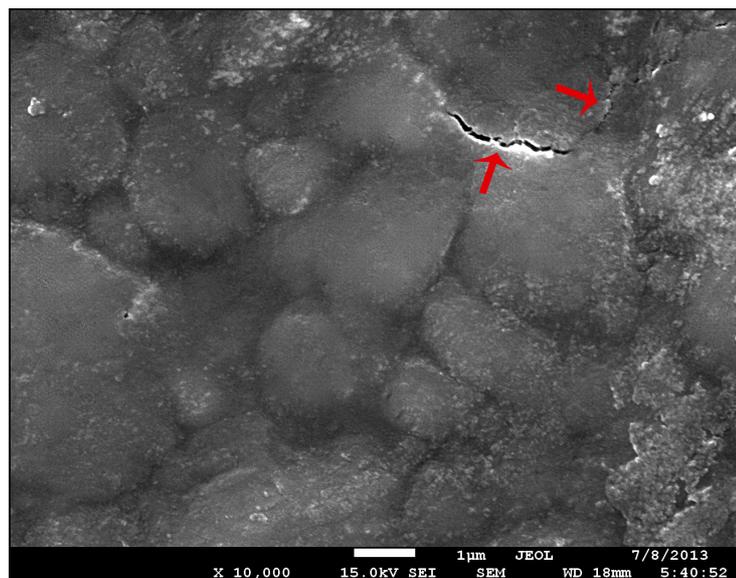


Figura 18: Fotomicrografia da resina Filtek Z350 XT após 30 dias em vinho

5.3.2 Análise da Morfologia Superficial da Resina Durafill VS

No período inicial (Fig. 19) é possível observar a superfície mais coesa, com as partículas de carga cobertas pela matriz orgânica.

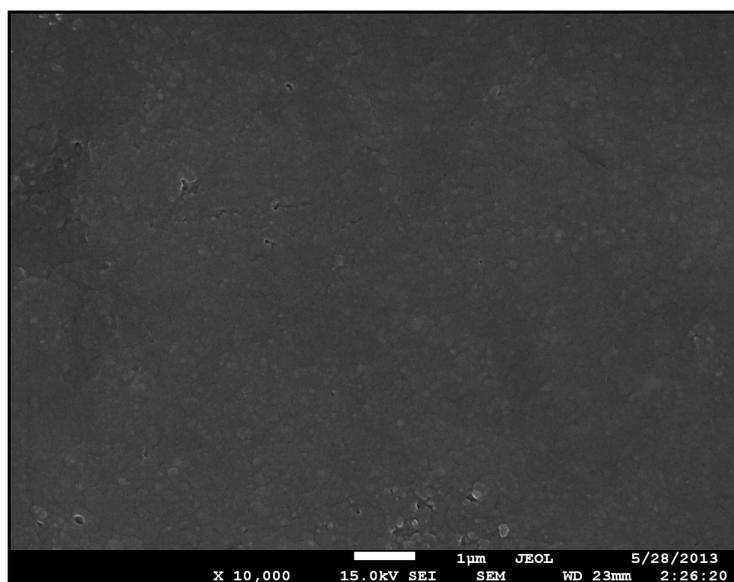


Figura 19: Fotomicrografia da resina Durafill VS no período inicial

Após 30 dias de imersão em Coca-Cola (Fig. 20), a superfície encontra-se mais heterogênea, onde se observa a presença de porosidades (seta vermelha) e partículas de carga expostas (setas azul e branca).

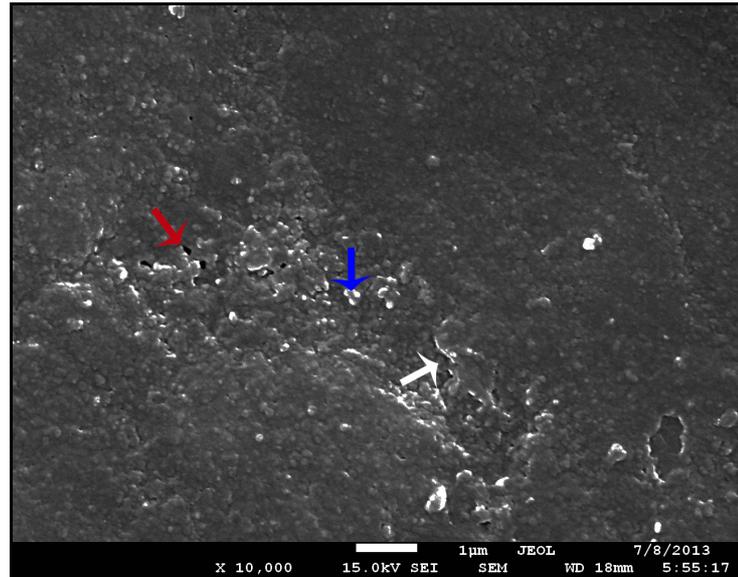


Figura 20: Fotomicrografia da resina Durafill VS após 30 dias em Coca-Cola

Após a imersão em vinho tinto (Fig. 21), a análise em MEV da resina Durafill VS mostrou alterações na morfologia da superfície (setas vermelhas e brancas). Entretanto, não houve a exposição evidente de partículas inorgânicas.

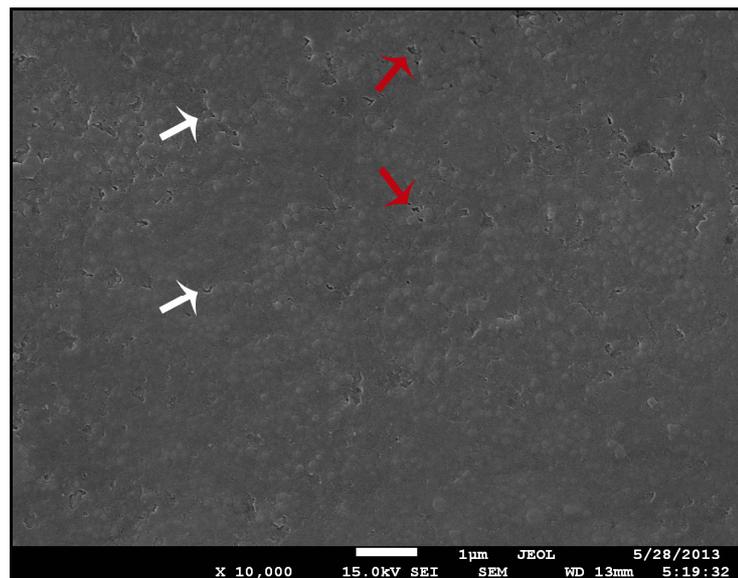


Figura 21: Fotomicrografia da resina Durafill VS após 30 dias em vinho

5.3.3 Análise da Morfologia Superficial da Resina Empress Direct

Da mesma forma que observado nas outras resinas, a análise superficial da resina Empress Direct no período inicial apresenta característica mais homogênea.

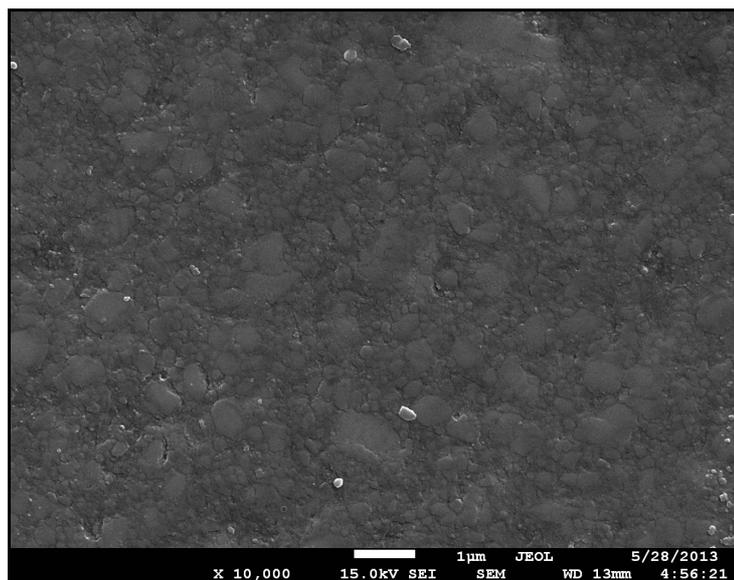


Figura 22: Fotomicrografia da resina Empress Direct no período inicial

Após 30 dias de imersão em Coca-Cola (Fig. 23) é possível observar alterações evidentes na superfície da resina, com aparência disforme e a formação de rupturas na matriz orgânica (setas brancas). As setas vermelhas apontam regiões onde se observa pequenas crateras, possivelmente em virtude do deslocamento de partículas de carga. A seta azul mostra partículas inorgânicas descobertas e expostas na superfície.

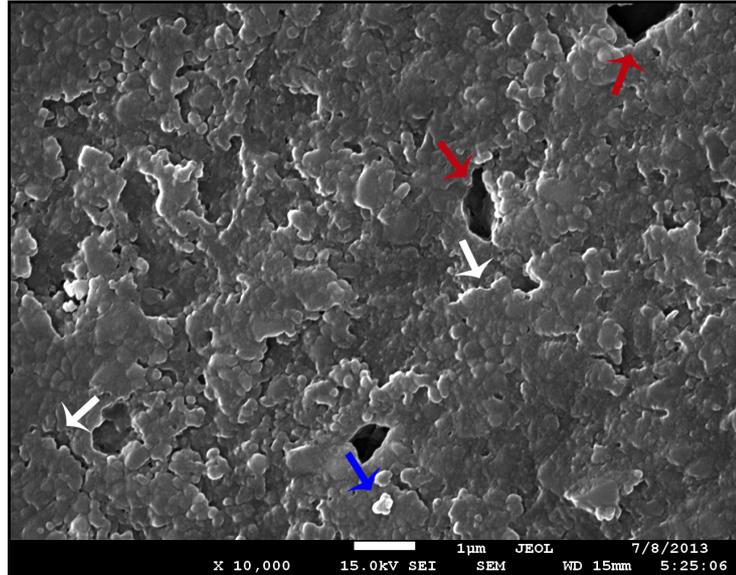


Figura 23: Fotomicrografia da resina Empress Direct após 30 dias em Coca-Cola

Por outro lado, após a imersão em vinho tinto (Fig. 24), a superfície apresentou-se menos heterogênea, porém com aumento da porosidade (setas vermelhas) e início de descontinuidade da matriz resinosa (seta branca).

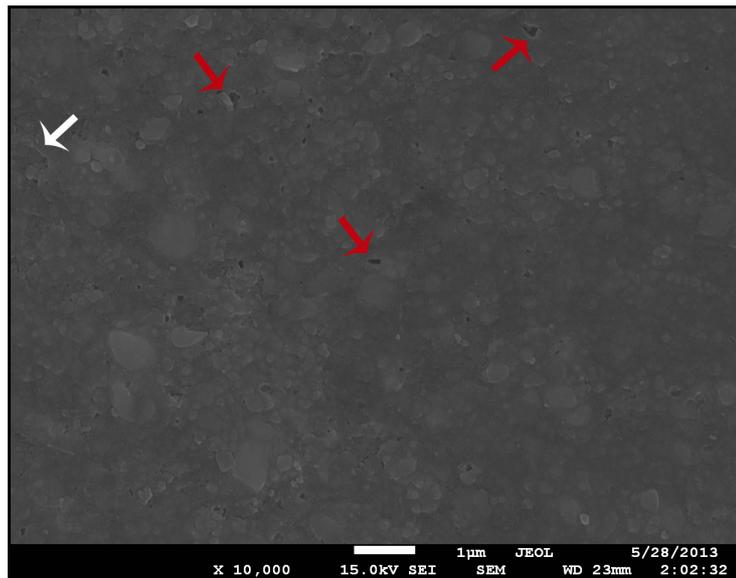


Figura 24: Fotomicrografia da resina Empress Direct após 30 dias em vinho

5.3.4 Análise da Morfologia Superficial da Resina Estelite Σ Quick

A figura 25 representa a fotomicrografia da resina Estelite Σ Quick no período inicial.

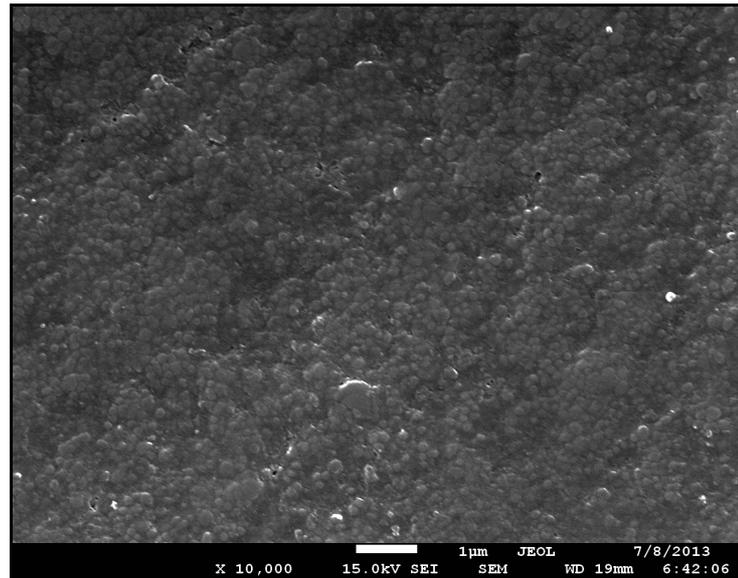


Figura 25: Fotomicrografia da resina Estelite Σ Quick no período inicial

Após a imersão em Coca-Cola (Fig. 26), observam-se irregularidades na matriz resinosa (seta branca), regiões de porosidade (setas vermelhas) e a presença de partículas inorgânicas parcialmente descobertas (seta azul).

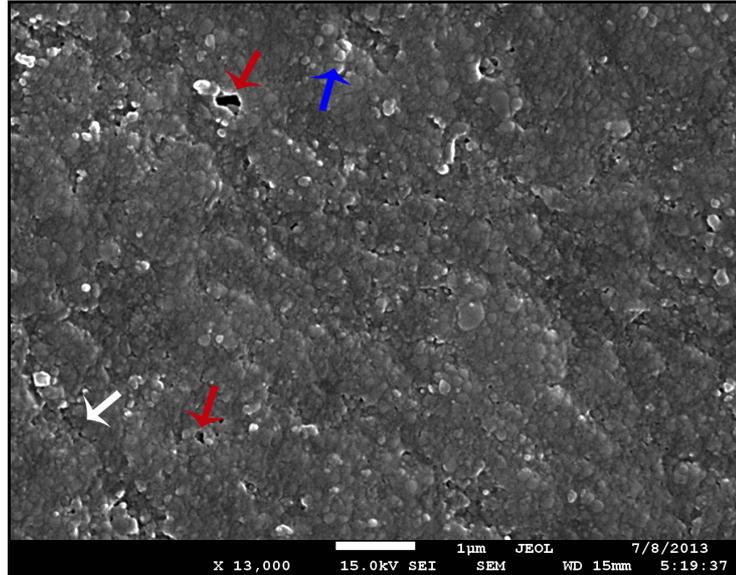


Figura 26: Fotomicrografia da resina Estelite Σ Quick após 30 dias em Coca-Cola

Após a imersão em vinho tinto (Fig. 27), as partículas de carga expostas estão mais evidentes (seta azul). É possível observar ainda o rompimento da matriz orgânica (seta branca) e a presença de porosidades na superfície da resina composta (setas vermelhas).

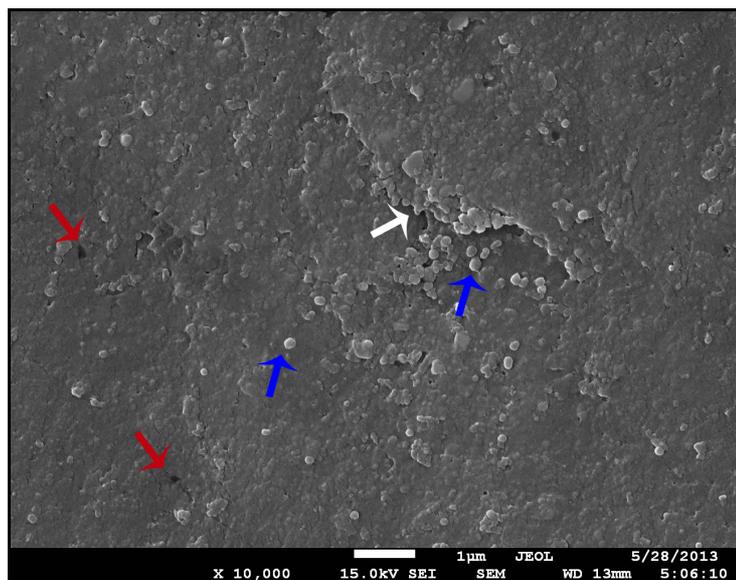


Figura 27: Fotomicrografia da resina Estelite Σ Quick após 30 dias em vinho

5.3.5 Análise da Morfologia Superficial da Resina Opallis

Na figura 28 observa-se a superfície da resina Opallis no período inicial.

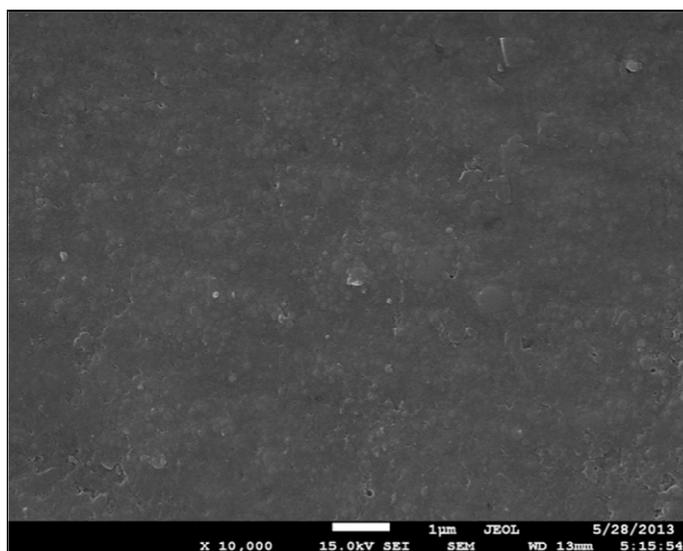


Figura 28: Fotomicrografia da resina Opallis no período inicial

A figura 29 apresenta a resina Opallis após 30 dias de imersão em Coca-Cola. A superfície apresentou-se mais heterogênea, com regiões onde se observa o rompimento da matriz orgânica (seta branca) e possivelmente aumento da rugosidade. As setas vermelhas representam algumas regiões onde houve perda de matriz resinosa.

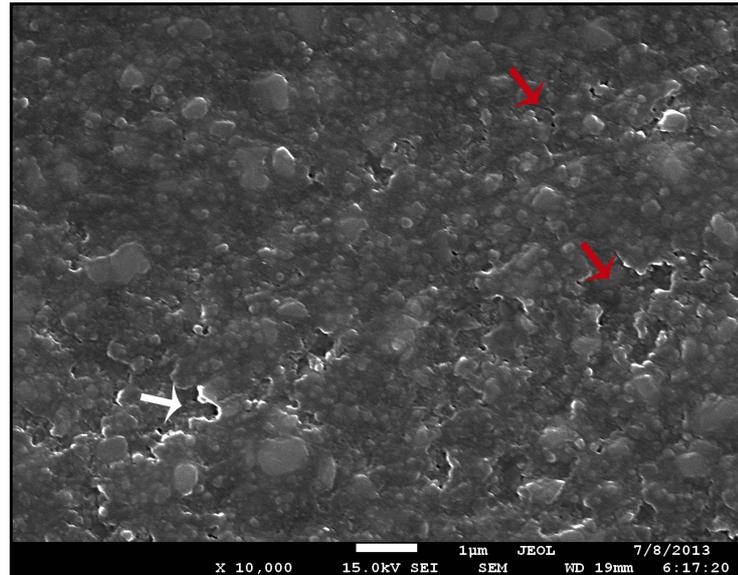


Figura 29: Fotomicrografia da resina Opallis após 30 dias de imersão em Coca-Cola

Após a imersão em vinho (Fig. 30), é perceptível a degradação da matriz orgânica (setas vermelhas). É possível observar ainda, regiões com partículas de carga parcialmente descobertas (seta azul) e ruptura da matriz (seta branca).

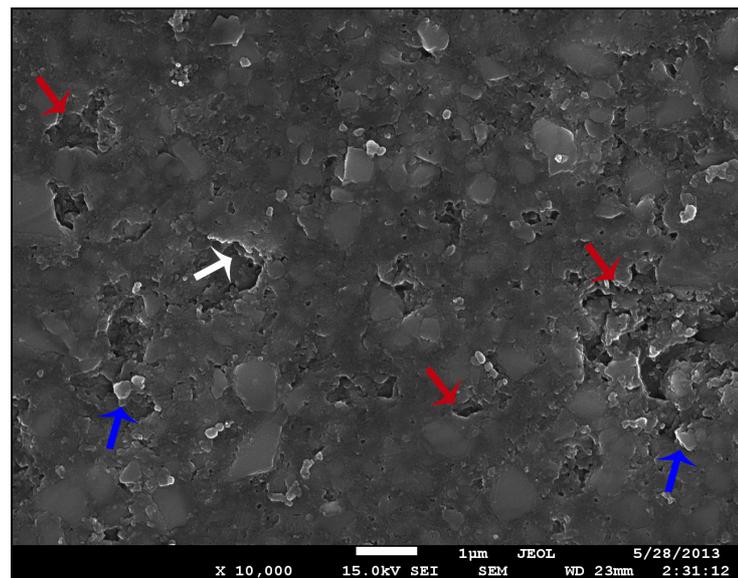


Figura 30: Fotomicrografia da resina Opallis após 30 dias de imersão em vinho

5.3.5 Análise das Partículas de Carga das Resinas Compostas

As figuras 31-35 representam as imagens obtidas da morfologia das partículas de carga das diferentes resinas compostas

Observou-se a característica de partículas nanométricas aglomeradas (*clusters*) na resina composta Filtek Z350 XT (Fig. 31). Além disso, é possível observar nas resinas Durafill VS (Fig. 32) e Estelite Σ Quick que as partículas inorgânicas são mais arredondadas, com formato tipicamente esférico na Estelite Σ Quick (Fig. 33). Por outro lado, as partículas de carga das resinas Empress Direct (Fig. 34) e Opallis (Fig. 35) apresentam padrão mais irregular, com partículas de diferentes formas e tamanhos.

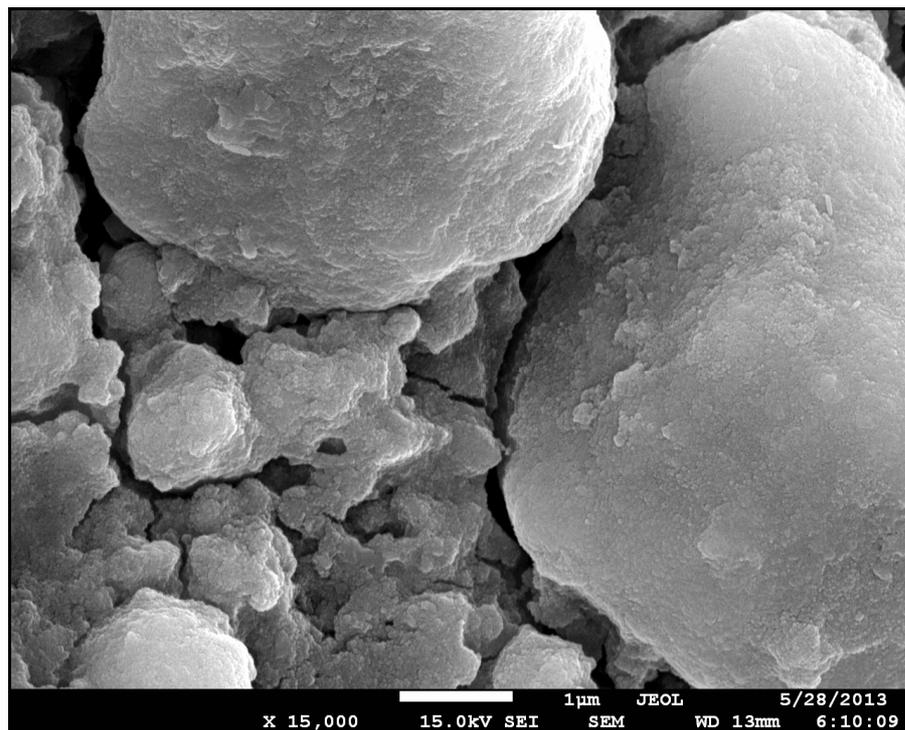


Figura 31: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Filtek Z350 XT

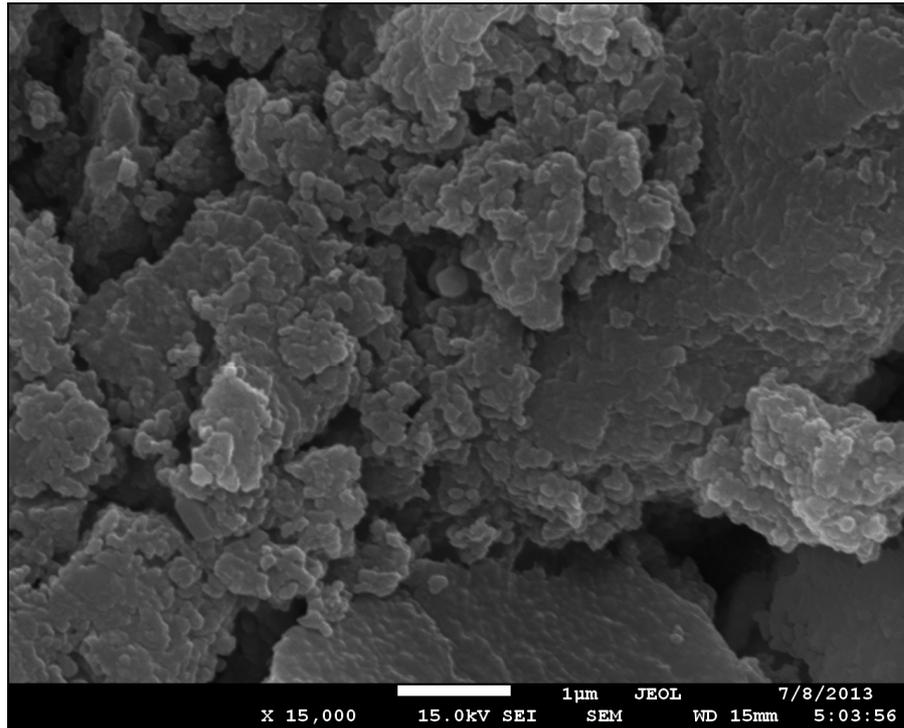


Figura 32: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Durafill VS

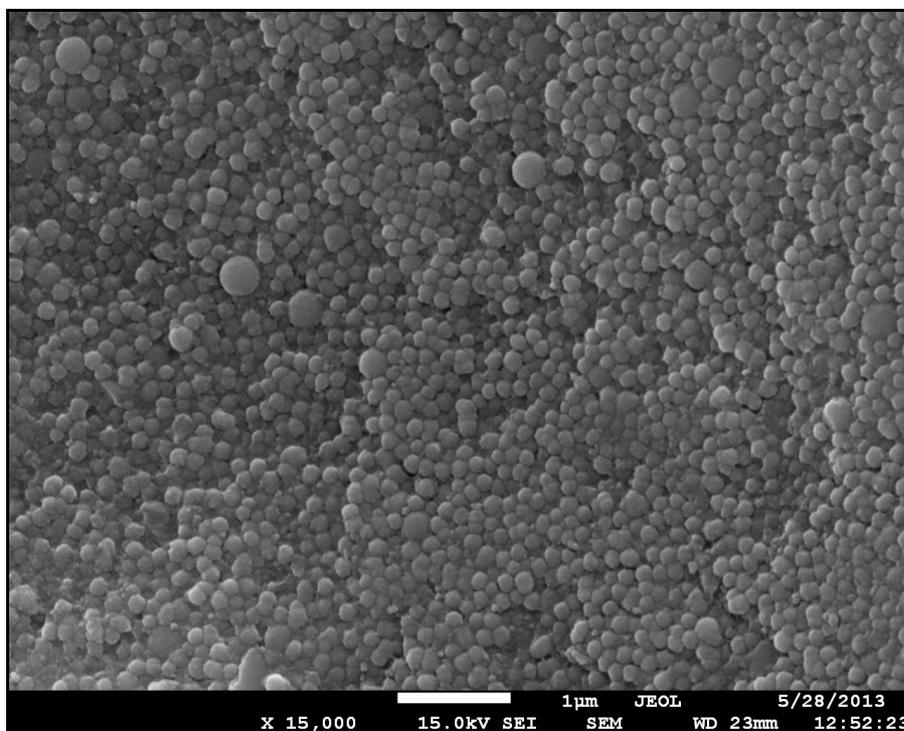


Figura 33: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Estelite Quick

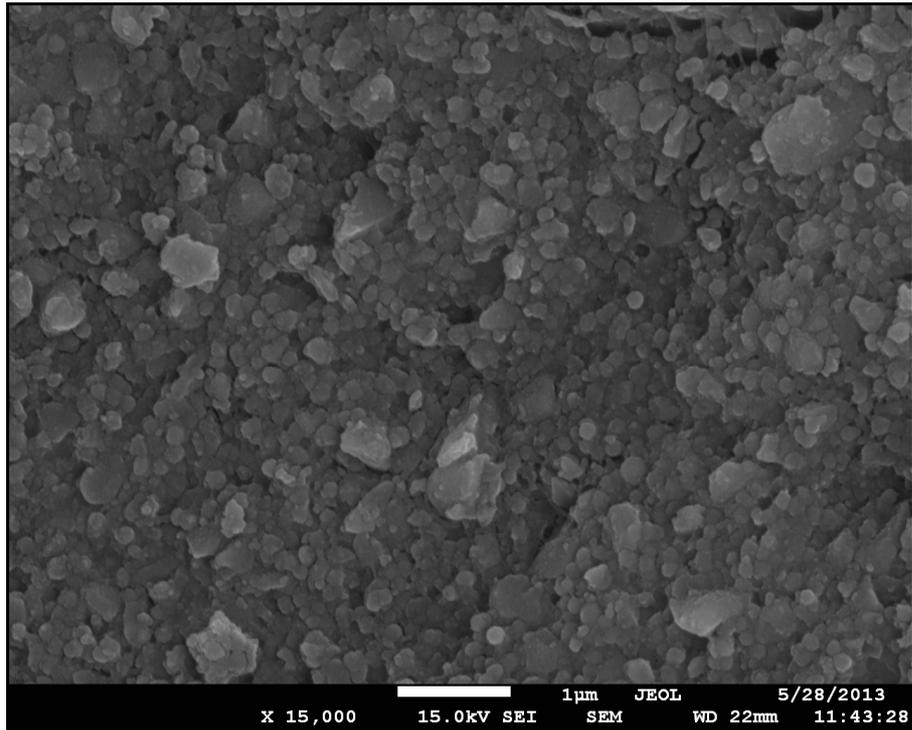


Figura 34: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Empress Direct

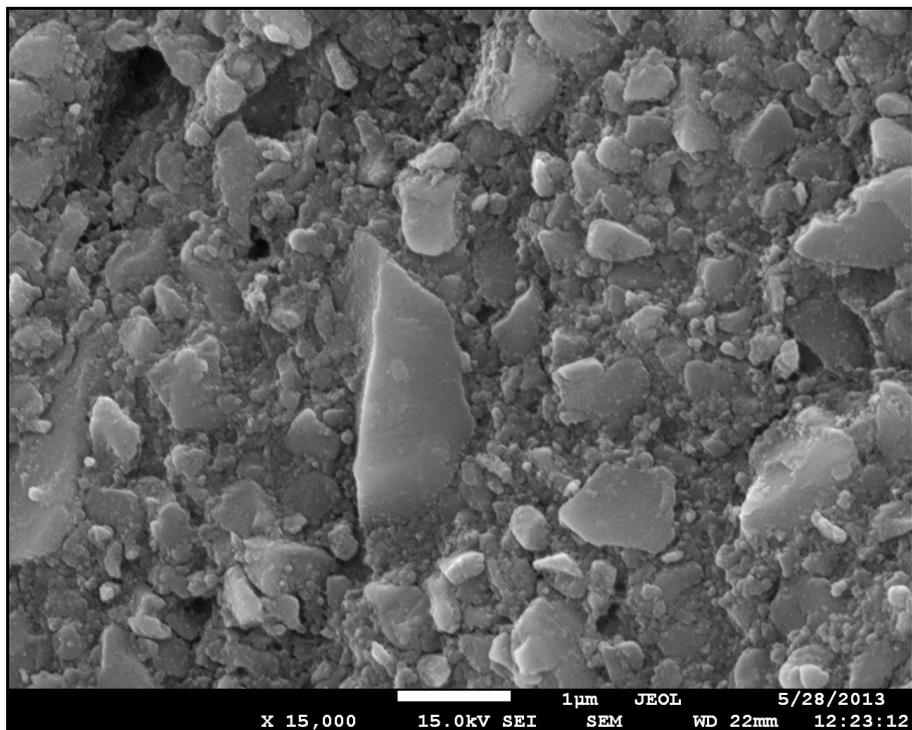


Figura 35: Fotomicrografia das partículas de carga da resina Opallis

Discussão

6 DISCUSSÃO

A estabilidade de cor é um dos fatores mais importantes no que concerne ao sucesso de uma restauração estética. Portanto, é de extrema importância que o profissional tenha conhecimento dos fatores envolvidos nas alterações de cor das resinas compostas a fim de selecionar o material mais apropriado para cada situação e evitar a substituição prematura de um material que ainda mantém sua função.

Diante do exposto, o presente estudo procurou analisar a suscetibilidade ao manchamento de diferentes resinas compostas por algumas bebidas de consumo frequente, bem como a possibilidade de remoção do manchamento instalado pelo repolimento com discos abrasivos.

Antes de discutir os resultados encontrados, torna-se importante destacar que quando se lida com mensuração instrumental de cor é fundamental fazer a distinção entre as diferenças estatísticas constatadas e as alterações de cor que são relevantes clinicamente. Apesar das controvérsias existentes na literatura em relação aos valores de aceitação clínica para a alteração de cor (ΔE), vários trabalhos utilizam o $\Delta E \leq 3,3$ como limite de aceitabilidade (30,31,34,51,69,77). Por este motivo, para efeito desta discussão, valores maiores que 3,3 foram considerados inaceitáveis.

As principais razões que explicam o motivo pelo qual as resinas compostas, de um modo geral, apresentam notável sensibilidade ao manchamento, estão associadas à sua natureza e composição. Pode-se afirmar que os fatores extrínsecos apresentam um papel determinante na magnitude da descoloração, porém, tais fatores são modulados pelas características inerentes ao material (92).

Os resultados deste estudo demonstram claramente que todas as resinas compostas testadas apresentaram alteração significativa de cor após o manchamento artificial. Corroborando com o que foi mostrado em um estudo prévio (30), houve correlação entre o tipo de resina composta e a sensibilidade ao manchamento.

Por outro lado, a literatura demonstra que não há um consenso entre os autores no que diz respeito ao tipo de resina composta mais inclinada ao

manchamento. Enquanto alguns estudos observaram maior manchamento em resinas compostas microparticuladas (98), outros relataram maiores valores de ΔE para os compósitos micro-híbridos (6,93) ou nanoparticulados (31,63,67,77).

O motivo para tal inconsistência provavelmente está relacionado às diferentes formulações dos materiais utilizados quanto à qualidade da silanização matriz/carga, matriz orgânica utilizada, tipo e concentração de ativadores, iniciadores e inibidores, além de partículas inorgânicas com diferentes tamanhos, composição, distribuição e quantidade. Tais características podem influenciar diretamente as propriedades das resinas compostas, incluindo a estabilidade de cor. Por esse motivo, cinco marcas comerciais de resinas compostas foram utilizadas neste trabalho na tentativa de avaliar as diferentes características que podem favorecer o maior ou menor grau de manchamento do material.

Após 24 horas de imersão nas soluções corantes, a resina Filtek Z350 XT apresentou manchamento significativamente maior do que as outras resinas testadas. Este resultado corrobora com estudos prévios que mostraram maior sensibilidade ao manchamento pelas resinas da série Filtek Supreme (7,38,76,78). As partículas da resina Filtek são descritas como agregados (*clusters*) nanométricos formados a partir de partículas nanométricas de zircônia e sílica. Tal estrutura, segundo alguns autores, parece apresentar maior porosidade, o que favoreceria a adsorção de pigmentos (78).

No entanto, após 7 e 30 dias de armazenamento, nenhuma diferença significativa foi observada entre os valores de ΔE da resina Filtek quando comparados com a Empress Direct e a Opallis. Dessa forma, especula-se que a resina Filtek apresente alteração de cor de forma mais rápida, porém não necessariamente em maior extensão do que outras resinas. Como diversos estudos avaliam o manchamento artificial dos materiais restauradores por um período de até 7 dias, nem sempre é possível observar o comportamento do material a longo prazo.

As resinas Durafill VS e Estelite Σ Quick apresentaram os melhores resultados após 30 dias. De forma semelhante, Bagheri et al. (35), mostraram que a resina Durafill VS apresentou menor suscetibilidade ao manchamento do que as outras resinas que apresentavam o Bis-GMA como monômero predominante da matriz resinosa.

Há relatos de que as primeiras versões das resinas compostas microparticuladas eram mais limitadas em relação à quantidade de partículas de

carga incorporadas à matriz orgânica. Tais resinas apresentavam geralmente de 20 à 59% de volume de partículas inorgânicas, o que favorecia uma maior sorção de água e por consequência maior absorção de soluções corantes. Uma estratégia encontrada para aumentar o volume de carga foi a incorporação de partículas pré-polimerizadas. Ainda assim, acredita-se que estas partículas apresentam pior união com a matriz resinosa, o que poderia contribuir para falhas prematuras do material (99). É possível que tais aspectos ajudem a explicar porque outros autores constataram que as resinas microparticuladas apresentam maior alteração de cor (98).

Acredita-se que a matriz orgânica é a parte da resina composta mais relacionada às alterações de cor intrínsecas (7). Dessa forma, a composição e quantidade dos oligômeros presentes na matriz orgânica apresentam estreita correlação com tal aspecto. O Bis-GMA e o UDMA são frequentemente empregados como base da matriz orgânica. Foi sugerido que as resinas compostas que apresentam maior quantidade de UDMA são mais resistentes às alterações de cores em virtude de sua característica mais hidrofóbica (61). Além disso, cabe ressaltar que o Bis-GMA e o UDMA apresentam certa viscosidade, o que limita a quantidade de partículas de carga que podem ser incorporadas à matriz resinosa. Dessa forma, estes oligômeros são geralmente diluídos com outros mais fluidos, como o TEGDMA. Não obstante, a maior incorporação de TEGDMA favorece a alteração de cor dos materiais, como relatado por Alawjali e Lui (48).

Diante do exposto, a composição orgânica parece constituir, por si só, uma variável de extrema importância sobre os resultados obtidos no presente estudo. Tais aspectos podem ajudar a explicar os resultados inferiores da resina Opallis em relação aos valores de ΔE obtidos após a imersão em água destilada, o que provavelmente ocorreu como consequência de alterações intrínsecas. Com exceção da Opallis, todas as resinas imersas em água apresentaram descoloração pouco perceptível e dentro de um nível de aceitabilidade clínico. Estes resultados mostram que a sorção de água, isoladamente, não foi capaz de alterar a coloração da maioria das resinas compostas a uma extensão considerável, assim como foi relatado por outros autores (49,69).

Outro aspecto que apresenta estreita relação com a descoloração intrínseca é o grau de conversão. Apesar de tal aspecto não ter sido uma variável avaliada no presente estudo, para assegurar adequada polimerização, os espécimes foram

confeccionados com espessura controlada de 2 mm e ambos os lados foram polimerizados por 30 segundos.

Além do que já foi apresentado, é importante salientar que as resinas compostas estão constantemente sujeitas a diversos desafios físico-químicos e ao contato intermitente com alimentos e bebidas que podem favorecer a degradação química da matriz orgânica e assim facilitar o manchamento precoce do material (37).

Neste contexto, foi observado que após 24 horas de armazenamento, todos os materiais imersos em vinho tinto e café apresentaram descoloração muito acima do valor considerado aceitável clinicamente.

A maioria dos autores cita o café ou o vinho tinto como os responsáveis pelas alterações de cor mais evidentes, embora não haja uma consistência em relação à qual das duas substâncias apresenta maior potencial de manchamento (6,7,31,34,36,37,63,67,74,75,76,79,82). Uma das razões que pode explicar esta diversidade encontrada na literatura são os diferentes tipos de café e vinho utilizados em cada estudo, o que certamente dificulta uma comparação direta entre os trabalhos. No presente estudo, a substância responsável pelos maiores valores de ΔE ao final do período experimental foi o vinho tinto.

De acordo com Sarret et al. (100), o álcool parece atuar como um plastificador da matriz polimérica. Porém os autores afirmam que, apesar do amolecimento da matriz orgânica ser o mecanismo mais provável para o aumento da rugosidade superficial observada após a imersão em vinho, não se pode eliminar o efeito degradativo do álcool sobre a interface matriz/carga. No presente estudo, a partir da análise em MEV dos espécimes imersos em vinho, foi possível observar pequenas falhas na continuidade da matriz orgânica e o deslocamento de partículas de carga da matriz, deixando a superfície mais porosa (Figs. 18, 21, 24, 27 e 29). Tal aspecto foi relatado também por outros autores (101).

Os principais fatores encontrados na literatura que ajudam a explicar o maior manchamento pelo vinho são o baixo pH e a presença de álcool. Todavia, um estudo recente avaliou a rugosidade superficial e a alteração de cor de resinas compostas após a imersão em vinho tinto (10,7% de álcool) e cachaça (30% de álcool) e constatou-se que, apesar da quantidade de álcool presente na cachaça ser consideravelmente maior que a do vinho, a alteração de cor ocasionada por esta bebida foi significativamente maior. Sendo assim, é possível que os pigmentos

presentes no vinho sejam os maiores responsáveis pelos extensos manchamentos observados na literatura. Não obstante, a degradação da superfície resinosa pelo álcool facilita sobremaneira a penetração desses pigmentos.

Ainda que o vinho tenha apresentado maior manchamento neste estudo, o café apresentou valores de ΔE expressivos para todas as resinas estudadas. De acordo com Um e Ruyter (72), o manchamento provocado por esta solução ocorre tanto por adsorção quanto por absorção de pigmentos em consequência da maior compatibilidade entre os polímeros da resina composta e os corantes menos polares do café, o que favorece uma maior interação com a superfície do material.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que as resinas Filtek e Empress apresentaram valores de ΔE significativamente maiores do que as outras resinas após a imersão em café. Outros estudos relataram que a resina Filtek Supreme é particularmente mais suscetível ao manchamento pelo café. Os autores observaram que houve um aumento mais expressivo dos valores relacionados à coloração amarela no sistema CIELAB para tal resina composta, o que pode ser atribuído à maior afinidade de sua matriz resinosa com os pigmentos amarelos presentes no café. Foi relatado ainda que as diferentes resinas compostas apresentam afinidades distintas para cada tipo de pigmento (78). Neste sentido, alguns estudos mostraram que a resina Durafill VS apresentou maior suscetibilidade ao manchamento pelo vinho tinto (34,35), corroborando com os resultados do presente estudo que mostrou alteração de cor da resina Durafill significativamente maior para o vinho ($\Delta E=34,6$), em comparação com o café ($\Delta E=7,3$).

Foi relatado que os refrigerantes apresentam diversos tipos de ácidos que contribuem para os baixos valores de pH observados nestas bebidas. Afirma-se ainda que, mesmo quando o dióxido de carbono é evaporado e o refrigerante fica sem gás, o pH permanece baixo em virtude do ácido carbônico formado a partir do CO_2 presente na solução (91). Tal constatação pode explicar a razão pela qual na análise do pH das substâncias utilizadas no presente estudo, a Coca-Cola não apresentou alteração representativa em seus valores após 7 dias de armazenamento.

Os resultados mostraram que apesar da Coca-Cola ter apresentado os menores valores de pH, as alterações de cor para esta bebida não foram significativas em relação ao grupo controle. Tal resultado possivelmente está relacionado ao tipo de pigmento utilizado nesta bebida. Entretanto cabe ressaltar

que o ácido pode atacar as partículas de carga e como consequência induzir a dispersão e reflexão de luz, aumentando assim a luminosidade (4). As Figuras 17, 20, 23, 26 e 28 ilustram que o baixo pH da Coca-Cola favoreceu a degradação da matriz orgânica, com exposição e deslocamento das partículas de carga, deixando a superfície irregular e mais porosa.

Corroborando com estes resultados, outro estudo relatou que o refrigerante à base de cola parece não apresentar forte correlação com a alteração de cor em resinas compostas. Os autores não encontraram diferenças significativas entre os espécimes imersos em Coca-Cola e água, ao passo que foi observado manchamento substancial pelo café (93).

Ao final do período experimental, a única resina composta que apresentou alteração de cor inaceitável após armazenamento em Coca-Cola e água destilada foi a Opallis ($\Delta E = 4,8$ e $5,9$ respectivamente). O menor volume de carga da resina Opallis (58%) pode ajudar a explicar tais resultados, uma vez que tal aspecto favorece a maior incorporação de água e degradação da superfície (34).

Os resultados mostraram ainda que a Durafill e a Filtek apresentaram diminuição dos valores de ΔE após 7 dias de armazenamento em comparação com os valores encontrados após 24 horas, o que pode ser resultado de uma possível polimerização tardia. Foi relatado que a conversão adicional da canforoquinona parece aumentar os valores da coordenada L^* , tornando assim a restauração mais clara (34). Além disso, especula-se que as propriedades das partículas de carga alterem a transmitância de luz e a cor das resinas compostas (26).

Outra variável analisada foi o tempo de armazenamento dos espécimes. Ao contrário de alguns estudos que relatam que as alterações de cor mais representativas ocorreram apenas na primeira semana (6), no presente estudo, para o vinho e o café, houve um aumento significativo nos valores de ΔE durante todo o período experimental. Outros estudos que obtiveram resultados semelhantes sugeriram que o tempo de interação entre as soluções e o material favorece a maior precipitação e penetração dos pigmentos na superfície (30,37,67).

Como a degradação das resinas compostas é clinicamente imprevisível ao longo do tempo, a simulação laboratorial possibilita trazer evidências a respeito do comportamento dos materiais, que, do ponto de vista clínico, necessitaria de muitos anos para apresentar resultados (98). Ainda assim, a avaliação por um curto período apenas pode não ser suficiente para prever alguns resultados observados. Por

esse motivo, optou-se por armazenar os espécimes nas soluções corantes por até 30 dias. De acordo com Ertas et al. (76), 24 horas de manchamento *in vitro* corresponde à aproximadamente 30 dias *in vivo*. Entretanto, deve-se levar em consideração que a dieta e os hábitos de higiene oral são pertinentes neste contexto. Dessa forma, em termos práticos, 24 horas de armazenamento provavelmente equivale a um tempo maior e difícil de ser previsto.

Para evitar a subjetividade na avaliação de cor, optou-se por utilizar um aparelho espectrofotométrico. Nos últimos anos observou-se um grande desenvolvimento dos aparelhos disponíveis para análise de cor instrumental. O Vita Easyshade Compact é um aparelho espectrofotométrico simplificado e acessível para a utilização clínica. A tecnologia fotoespectrométrica mede seções precisas do espectro de luz visível entre 400 e 700nm (49). Como estes aparelhos utilizam uma câmara escura e condições de iluminação padronizadas, apresentam resultados mais reprodutíveis (16).

Quando superfícies translúcidas estão envolvidas na análise de cor, as propriedades do fundo podem influenciar os resultados. Por esse motivo, as leituras de cor neste estudo foram realizadas sobre um fundo cinza neutro. Foi observado que as amostras analisadas sobre fundo escuro apresentaram valores menores de refletância luminosa do que as amostras observadas sobre fundo claro (102). Independente do tipo de fundo utilizado, o valor da diferença de cor ΔE será consistente quando a cor for mensurada sobre o mesmo substrato.

A grande maioria dos estudos encontrados avalia a descoloração de compósitos com matizes A2 e A3. No presente estudo a cor B1 foi utilizada para todos os materiais, em razão da grande demanda por restaurações mais claras atualmente. Acredita-se que as cores de uma mesma resina composta podem apresentar comportamentos distintos em relação ao manchamento, visto que, as cores mais claras resultam em maior alteração de cor (71).

Um estudo recente sugeriu a efetiva limpeza dos espécimes, pela escovação com pastas dentais, para remoção dos pigmentos adsorvidos na superfície antes da mensuração de cor. Segundo os autores, quando este procedimento não é realizado a alteração de cor estará, na prática, representando os pigmentos precipitados e adsorvidos na superfície dos materiais (78). Entretanto, no presente estudo optou-se por lavar os espécimes no ultrassom antes da leitura de cor com o objetivo de simular uma condição severa de manchamento, mas que ainda é relevante

cl clinicamente. Além disso, o repolimento realizado posteriormente ajuda a elucidar até que ponto os materiais sofreram alteração de cor em virtude do manchamento superficial ou por descoloração permanente relacionada às alterações estruturais.

De modo geral, as alterações de cor das resinas compostas foram clinicamente inaceitáveis, o que, em termos práticos, poderia indicar a substituição de restaurações por motivos estéticos. Desde que a filosofia da odontologia restauradora atual busca a realização de procedimentos minimamente invasivos, é vantajoso buscar alternativas mais conservadoras para a recuperação da cor de resinas compostas manchadas, antes da decisão pela substituição de uma restauração que ainda mantém sua função.

O grau de descoloração extrínseca dos materiais restauradores varia, entre outros fatores, de acordo com a higiene oral, alimentação e hábitos individuais do paciente, incluindo cigarro e ingestão de bebidas alcoólicas. Tais pigmentações podem ser eliminadas pelo subsequente acabamento e polimento da superfície, desde que não haja o envolvimento das camadas mais profundas do material.

Corroborando com os resultados encontrados por outros autores (8,37,90), observou-se que, ainda que o repolimento não tenha recuperado a cor das resinas compostas para os valores iniciais, o manchamento foi reduzido de forma expressiva. Tais resultados mostram que a descoloração observada neste estudo ocorreu tanto por absorção quanto por adsorção de pigmentos.

As resinas compostas Filtek, Estelite e Durafill apresentaram valores de ΔE clinicamente aceitáveis após o repolimento e significativamente menores do que a Opallis e a Empress. Dentre as hipóteses que possam justificar tais diferenças estão a quantidade de desgaste produzido pelo sistema de polimento e a possibilidade de ter ocorrido o manchamento intrínseco de forma mais expressiva nas resinas Opallis e Empress.

Foi relatado que o tamanho e a composição das partículas de carga definem a habilidade dos compósitos em serem polidos efetivamente por determinado sistema. Em termos práticos, o repolimento é mais efetivo em resinas mais suscetíveis ao desgaste (103).

A resina Filtek contém tanto partículas quanto *clusters* nanométricos, e por essa razão é considerado um material verdadeiramente nanoparticulado (Fig. 31). Os *clusters* consistem em aglomerados de nanopartículas frouxamente unidas.

Dessa forma, durante o polimento, tais partículas podem ser deslocadas mais facilmente (38). Este aspecto ajuda a explicar os menores valores de ΔE observados após o repolimento com a Filtek para os espécimes manchados pelo vinho e pelo café ($\Delta E = 1,54$ e $1,48$ respectivamente). Entretanto não se pode desconsiderar a relação de tais resultados com a tendência ao manchamento, sobretudo extrínseco, como foi relatado por outros autores (67).

Ainda neste contexto, foi atestado que os compósitos que apresentam partículas de carga esféricas exibem maior capacidade de desgaste (104). Como as resinas Estelite e Durafill apresentam partículas mais esféricas (Figs. 32 e 33) em comparação com a Empress e a Opallis (Figs. 34 e 35), tal aspecto pode ter favorecido o maior desgaste naquelas resinas e, conseqüentemente, uma maior remoção do manchamento. Não obstante, como relatado anteriormente, as partículas pré-polimerizadas presentes na resina Durafill apresentam união mais fraca com a matriz resinosa, o que também pode ter favorecido o maior desgaste de sua superfície.

Diante do exposto, para se pressupor de forma confiável que as resinas Opallis e Empress apresentaram manchamento intrínseco mais evidente, seria necessário padronizar a quantidade de desgaste pela mensuração da espessura do disco. Como tal aspecto não foi o objetivo inicial do presente estudo, optou-se por realizar o repolimento com a sequência decrescente de discos Sof-Lex durante 15 segundos cada um, baseado no que foi realizado no estudo de Türkün e Türkün (90). Ainda assim, pode-se presumir que o que levou a resina Opallis a apresentar os piores resultados após o repolimento, certamente deve-se à alterações intrínsecas já que, como citado anteriormente, esta resina exibiu significativa descoloração após a imersão em água destilada por 30 dias ($\Delta E = 5,93$).

Sabe-se que o repolimento remove camadas superficiais da resina composta e tal aspecto pode favorecer a rugosidade superficial (91). A escolha pela utilização do Sof-Lex neste estudo justifica-se pelo fato de que, embora alguns autores relatem que as resinas compostas apresentam comportamentos distintos frente a cada sistema de polimento, há relatos de que os discos de óxido de alumínio reduzem as partículas de carga e a matriz de forma mais uniforme, independentemente do tipo de resina composta utilizada (24).

Por fim, como em qualquer estudo *in vitro*, o presente trabalho apresenta suas limitações. Entre elas destaca-se o fato de que, clinicamente, os materiais

restauradores nunca estão sujeitos ao contato tão longo com tais soluções corantes. Todavia, os resultados apresentados ajudam a elucidar de que maneira as diferentes resinas compostas estudadas se comportam quando expostas à determinadas bebidas, de maneira a contribuir para a escolha do material mais condizente com os hábitos individuais do paciente.

Conclusão

7 CONCLUSÃO

A partir da metodologia utilizada no presente trabalho pode-se alcançar as seguintes conclusões:

- 1- A resina Filtek Z350 XT apresentou maior suscetibilidade ao manchamento do que as resinas Durafill VS e Estelite Σ Quick;
- 2- O vinho tinto apresentou o maior potencial de manchamento, seguido pelo café. A Coca-Cola não apresentou diferença significativa em relação ao grupo controle;
- 3- A alteração de cor tornou-se mais expressiva ao longo do período experimental;
- 4- A análise em MEV mostrou alteração na morfologia superficial após a imersão em Coca-Cola e vinho tinto;
- 5- A resina Opallis apresentou os piores resultados de redução da alteração de cor após o repolimento;
- 6- O repolimento foi capaz de reduzir significativamente o manchamento de todas as resinas compostas após 30 dias de imersão em vinho tinto e café.

REFERÊNCIAS

1. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composites vs. amalgam restorations. *J Dent Res* 2010;89:1063-7.
2. Chrysanthakopoulos NA. Reasons for placement and replacement of resin-based composite restorations in Greece. *JODDD* 2011;5(3):87-93.
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. Dietschi D, Campanile G, Holtz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: An *in vitro* study. *Dent Mater* 1994;10:353-62.
5. Brauer GM. Color changes of composites on exposure to various energy sources. *Dent Mater* 1988;4(2):55-9.
6. Khatri A, Nandlal B. Staining of a conventional and a nanofilled composite resin exposed *in vitro* to liquid ingested by children. *Inter J Clin Pediatr Dent* 2010;3(3):183-188.
7. Barutcigil C, Yildiz M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *J Dent* 2012;40:57-63.
8. Mathias P, Costa L, Saraiva LO, Rossi TA, Cavalcanti AN, Nogueira-Filho GR. Morphologic texture characterization allied to cigarette smoke increase pigmentation in composite resin restorations. *J Esthet Restor Dent* 2010;22:252-9.
9. Gordan VV, Shen C, Riley J, Mjor IA. Two-year clinical evaluation of repair versus replacement of composite restorations. *J Esthet Restor Dent* 2006;18(3):144-53.

10. Anfe TE, Angra CM, Vieira GF. Evaluation of the possibility of removing staining by repolishing composite resins submitted to artificial aging. *J Esthet Restor Dent* 2011;23(4):260-7.
11. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtmann I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *J Dent* 2010;38:65-70.
12. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *J Prosthet Dent* 1970;24:166-73.
13. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68(5):819-22.
14. Joiner A. Tooth color: a review of the literature. *J Dent* 2004;32: Suppl 1:S3-12.
15. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010;38:2-16.
16. Okubo SR, Kanawatti A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80(6):642-8.
17. Kuehni RG. The early development of the Munsell system. *Color Res Applic* 2002;27:20-7.
18. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent* 2001;86(5):453-7.
19. Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. Shade compatibility of esthetic restorative materials – a review. *Dent Mater* 2010;26:119-26.

20. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu Xinhua, Lu E. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence Int* 2012;43(8):649-59.
21. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent* 2009;101:193-9.
22. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater* 1997;13:179-85.
23. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent* 2009;37:2-6.
24. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005;94:118-24.
25. Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *J Dent* 2012;40:10-7.
26. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. *Dent Mater J* 2007;26(1):38-44.
27. Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of direct restorative resins. *J Dent Res* 1978;57(9):876-80.
28. Dennison JB, Powers JM, Koran A. Color of dental restorative resins. *J Dent Res* 1978;57(4):577-62.
29. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color difference. *Color Res Appl* 1979;4:83-91.

30. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins – An in vitro study. *J Dent* 2010;38:37-42.
31. Al Kheraif AA, Qasim SS, Ramakrishnaiah R, Rehman I. 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.
32. Lee YK, Yu B, Lim HN, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *J Appl Oral Sci* 2011;19(2):154-60.
33. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater* 2003;19:12-8.
34. Ardu S, Gutemberg D, Krejci I, Feilzer AJ, Bella ED, 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;39:37-44.
35. 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;33:389-98.
36. Barutcigil C, Yildiz M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *J Dent* 2012;40:57-63.
37. 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.
38. Ergücü Z, Türkün LS. Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Oper Dent* 2007;32(2):185-92.

39. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of polishing systems on surface roughness and stain resistance of dental composite resins. *J Esthet Restor Dent* 2005;17(2):102-8.
40. Türkun LS, Leblebicioglu EA. Stain retention and surface characteristics of posterior composites polished by one-step systems. *Am J Dent* 2006;19:343-7.
41. 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.
42. Schimitt VL, Puppini-Rontani RM, Naufel FS, Nahsan FP, Sinhoreti MA, Baseggio W. Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *ISRN Dentistry* 2011;1-6.
43. Lui JL, Low T. The surface finish of the new microfill restorative materials. *J Oral Rehabil* 1982;9:67-82.
44. Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C, Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent* 2006;96:33-40
45. Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *J Mater Sci Mater Med* 2005;16:347-53.
46. Hachiya Y, Iwaku M, Hosoda H, Fusayama T. Relation of finish to discoloration of composite resins. *J Prosthet Dent* 1984;52:811-4.
47. 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.

48. Alawjali SS, Lui JL. Effect of one-step polishing system on the color stability of nanocomposites. *J Dent* [periódico na internet]. 2012 Aug [acesso em 14 Mai 2013];41 Suppl 3:[aproximadamente 9 p.]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2012.10.008>
49. Ergücü Z, Türkun LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Oper Dent* 2008;33:413-20.
50. Stoddard JW, Johnson GH. An evaluation of polishing agents for composite resin. *J Prosthet Dent* 1991;65:491-5.
51. Sarkis E. Color change of some aesthetic dental materials: Effect of immersion solutions and finishing of their surfaces. *Saudi Dent J* 2012;24:85-9.
52. Tjan AH, Chan CA. The polishability of posterior composites 1989;61(2):138-46.
53. Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: A state-of-the-art review. *Dent Clin N Am* 2007;51:379-97.
54. Lu H, Roeder LB, Powers JM. Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *J Esthet Restor Dent* 2003;15(5):297-303.
55. Venturini D, Cenci MS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Effect of the polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent* 2006;31(1):11-7.
56. Yazizi AR, Tuncer D, Antonson S, Onen A, Kilinc E. Effects of delayed finishing/polishing on surface roughness, hardness and gloss of tooth-colored restorative materials. *Eur J Dent* 2010;4:50-6.
57. Braden M, Causton EE, Clarke RL. Diffusion of water in composite filling materials. *J Dent Res* 1976 Sep-Oct;55(5):730-2.

58. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006 Mar;22(3):211-22.
59. Moszner N, Ficher UK, Angermann J, Rheinberger V. Bis-(acrylamide)s as new cross-linkers for resin-based composite restoratives. *Dent Mater* 2006;22(12):1157-62.
60. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *J Dent Res* 1985;64(11):1326-31.
61. Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence Int* 1991;22(9):733-7.
62. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003;24:655-65.
63. Yazici AR, Çelik Ç, Dayangaç B, Özgünaltay G. The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. *Oper Dent* 2007;32(6):616-22.
64. Landuyt KL, Nawrot T, Geebelen B, De Munck J, Snauwaert K, Yoshihara K, et al. How much do resin-based dental materials release? A meta-analytical approach. *Dent Mater* 2011;27:723-47.
65. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci* 2004;112:280-5.
66. Rüttermann S, Suyoun K, Wolfgang R, Janda R. Effect of exposure time on the color stability of resin-based restorative materials when polymerized with quartz-tungsten halogen and LED light. *Clin Oral Invest* 2010;14:599-605.

67. Domingos PA, Garcia PP, Oliveira AL, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: Influence of light sources and immersion media. *J Appl Oral Sci* 2011;19(3):204-11.
68. Imazato S, Tarumi H, Kobayashi K, Hiraguri H, Oda K, Tsuchitani Y. Relationship between the degree of conversion and internal discoloration of light-activated composite. *Dent Mater J* 1995;14(1):23-30.
69. Sabatini C, Campillo M, Aref J. Color stability of ten resin-based restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2012;24(3):185-99.
70. Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC. Color-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging. *J Dent* 2008;36:945-52.
71. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent* 1998;79(4):372-7.
72. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int* 1991;22(5):377-86.
73. Awliya WY, Al-Alwani DJ, Gashmer ES, Al-Mandil HB. The effect of commonly used types of coffee on surface microhardness and color stability of resin-based composite restorations. *Saudi Dent J* 2010;22:177-81.
74. Stober T, Lenz HG. Color stability of highly filled composite resins materials for facings. *Dent Mater* 2001;17:87-94.
75. Omata Y, Uno S, Nakaoki Y, Tanaka T, Sano H, Yoshida S, Sidhu K. Staining of hybrid composites with coffee, oolong tea or red wine. *Dent Mater J* 2006;25(1):125-31.
76. Ertas E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* 2006;25(2):371-6.

77. Bansal K, Acharya SR, Saraswathi V. Effect of alcoholic and non-alcoholic beverages on color stability and surface roughness of resin composites: An *in vitro* study. *J Conserv Dent* 2012;15(3):283-8.
78. Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: The utility of a thermocycling stain challenge model *in vitro*. *J Dent* 2012;40:48-56.
79. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the color stability of dental resin composites. *Eur J Dent* 2009;3:50-6.
80. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. *J Dent* 2012;40:55-63.
81. Aguiar FH, Georgetto MH, Soares GP, Catelan A, Santos PH, Ambrosano GM, et al. Effect of different light-curing modes on degree of conversion, staining susceptibility and stain's retention using different beverages in nanofilled composite resin. *J Esthet Rest Dent* 2011;23:106-15.
82. Yu H, Pan X, Lin Y, Li Q, Hussain M, Wang Y. Effects of carbamide peroxide on the staining susceptibility of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 2009;34(1):78-92.
83. Fontes ST, Fernandez MR, Moura CM, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: Effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci* 2009;17(5):388-91.
84. Mutlu-Sagesen L, Ergun G, Ozkan Y, Semiz M. Color stability of a dental composite after immersion in various media. *Dent Mater J* 2005;24(3):382-90.
85. Aladia-Roman CC, Cruvinel DR, Sousa AB, Pires-de-Souza FC, Panzeri H. Effect of cigarette smoke on color stability and surface roughness of dental

composites. J Dent [periódico na internet] 2013 janeiro [acesso em 2013 Jun 1];41 Suppl 3:[aproximadamente 7 p.]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2012.12.004>

86. Mathias P, Rossi TA, Cavalcanti AN, Lima MJ, Fontes CM, Nogueira-Filho GR. Cigarette smoke combined with staining beverages decreases luminosity and increases pigmentation in composite resin restorations. *Compendium* 2011;32(2):66-70.
87. Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dent Mater* 1989;5:384-7.
88. Prakki A, Cilli R, Mondelli RL, Kalachandra S, Pereira JC. Influence of pH environment on polymer based dental material properties. *J Dent* 2005;33(91-8).
89. Santerre JP, Shajii L, Leung BW. Relation of dental composite formulation to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Crit Rev Oral Biol Med* 2001;12(2):136-51.
90. Türkün LS, Türkün M. Effect of bleaching and repolishing procedures on coffee and tea stain removal from three anterior composite veneering materials. *J Esthet Restor Dent* 2004;16:290-302.
91. Elhamid MA, Mosallam R. Effect of bleaching versus repolishing on colour and surface topography of stained resin composite. *Aus Dent J* 2010;55:390-8.
92. Mendes AP, Barceleiro MO, Reis RS, Bonato LL, Dias KR. Changes in surface roughness and color stability of two composites caused by different bleaching agents. *Braz Dent J* 2012;23(6):659-66.
93. Mundim FM, Garcia LF, Pires-de-Souza FC. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *J Appl Oral Sci* 2010;18(3):249-54.

94. Garoushi S, Lassila L, Hatem M, Shembesh M, Baady L, Salim Z, et al. Influence of staining solutions and whitening procedures on discoloration of hybrid composites [resumo]. *Acta Odontol Scand* 2013;71(1):144-50.
95. Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations – a systematic review. *Dent Mater* 2004;20:852-61.
96. Mourouzis P, Koulaouzidou EA, Helvatjoglu-Antoniades M. Effect of in-office bleaching agents on physical properties of dental composite resins. *Quintessence Int* 2013;44(4):295-302.
97. Bengel WM. Digital photography and the assessment of therapeutic results after bleaching procedures. *J Esthet Restor Dent* 2003;15 Suppl 1:S21-31.
98. Ardu S, Braut V, Gutember D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer A. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence Int* 2010;41(8):695-702.
99. Puckett AD, Fitchie JG, Kirk PC, Gamblin J. Direct composite restorative materials. *Dent Clin N Am* 2007;51:659-75.
100. Sarret DC, Coletti DP, Peluso AR. The effects of alcoholic beverages on composite wear. *Dent Mater* 2000;16:62-7.
101. Camilotti V. Efeito de substâncias ácidas e alcoólica sobre a rugosidade de superfície de resinas compostas [tese]. Piracicaba: Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia. Departamento de Materiais Dentários, 2010.
102. Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effect of surface conditions on the color of dental resin composites. *J Bio Mater Res, Appl Biomater* 2002;63:657-63.
103. Ferracane J. Resin composite – state of the art. *Dent Mater* 2011;27:29-38.

104. Ilie N, R Hickel. Resin composite restorative materials. *Aus Dent J* 2011;56:(1 Suppl):S59-66.