

TACIANA EMÍLIA DE ALMEIDA ANFE

**AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE REMOÇÃO DO
MANCHAMENTO DE RESINAS COMPOSTAS SUBMETIDAS
AO ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL ATRAVÉS
DO RE-POLIMENTO**

São Paulo

2009

Taciana Emília de Almeida Anfe

**Avaliação da possibilidade de remoção do manchamento de
resinas compostas submetidas ao envelhecimento artificial
através do re-polimento**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obter o título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Área de concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. Glauco Fioranelli Vieira

São Paulo

2009

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Anfe, Taciana Emília de Almeida

Avaliação da possibilidade de remoção do manchamento de resinas compostas submetidas ao envelhecimento artificial através do re-polimento / Taciana Emília de Almeida Anfe; orientador Glauco Fioranelli Vieira. -- São Paulo, 2009.
89p. : tab., fig.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística) -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

1. Resinas compostas – Manchas – Remoção 2. Dentística

CDD 617.675
BLACK D226

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE E COMUNICADA AO AUTOR A REFERÊNCIA DA CITAÇÃO.

São Paulo, ____/____/____

Assinatura:

E-mail:

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANFE TEA. Avaliação da possibilidade de remoção do manchamento de resinas compostas submetidas ao envelhecimento artificial através do re-polimento [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2009.

São Paulo, ___/___/___

Banca Examinadora

1) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

2) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

3) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

*Aos meus queridos pais, **Miguel e Ana Lúcia**, por todo o amor e dedicação com que conduziram nossa educação. Meu pai, meu grande mestre, exemplo de grande profissional e pessoa, que sempre acreditou em mim e me deu apoio, permitindo que eu buscasse meu crescimento. Minha mãe, minha querida mãe, exemplo de ser humano, que em todos os momentos teve uma palavra doce, segura, não permitindo que eu desanimasse. A vocês, não tenho palavras para demonstrar minha gratidão e amor por toda a minha vida.*

*Às minhas irmãs, **Mali e Nana**, que em todos os momentos foram minhas parceiras, me incentivando e acreditando em mim. Agradeço por tornarem minha vida mais feliz.*

*Aos meus avós, **Áurea, Michel, Nida e Benê** (in memorian) por todo o amor e exemplo de vida que sempre me deram. Obrigada.*

*Ao **Gines**, meu grande amor, companheiro, amigo que sempre me incentivou a buscar meus sonhos. Você traz alegria para a minha vida. Obrigada por toda paciência e amor nos momentos mais difíceis.*

*Ao meu orientador, **Professor Glauco Fioranelli Vieira**, por todo o apoio, incentivo e amizade. Acreditou em mim quando nem eu mesma acreditava. Agradeço por todas as oportunidades e por permitir meu crescimento profissional*

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, na pessoa de seu diretor, **Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo**.

À **Prof. Dra. Miriam Turbino**, coordenadora do curso de Pós-Graduação em Dentística, que apoiou e incentivou meu desenvolvimento.

A todos os **professores do Departamento de Dentística** que orientaram e trouxeram conhecimento durante todo o curso.

Ao **Prof. Dr. Edison Bittencourt**, da Unicamp, que me recebeu tão bem e esteve sempre disposto a orientar. Obrigada por sua preciosa colaboração.

Ao **Prof. Dr. Carlos Martins Agra**, que admiro desde a especialização, por toda a sua ajuda, paciência e amizade. Este trabalho não teria sido concluído sem a sua colaboração. Obrigada.

À **Profa. Andrea Trajano de Mello Ferreira**, uma pessoa doce, que me ensinou a trabalhar de uma maneira muito agradável. Obrigada pelas oportunidades e pela amizade.

À **Taciana Caneppele**, minha amiga, que em todos os momentos me incentivou a seguir em frente e acreditou em mim. Muito obrigada pelas oportunidades e pela sua amizade.

À **Prof. Dra. Ana Cecília**, que me recebeu tão bem na disciplina de Restauradora II e tanto me ensinou. Obrigada pela confiança e amizade.

À **Déa**, minha querida amiga, que desde o início foi parceira e não permitiu que eu desanimasse. Sua amizade é muito importante para mim.

Às amigas **Taís, Marina, Ellen, Camila, Ju e Leila** que tornaram a rotina da faculdade muito mais agradável. Obrigada pela amizade.

Ao **Washington**, que desde o início foi prestativo comigo, me ensinando quase tudo o que sei do laboratório. Obrigada pela ajuda e pela paciência.

A todos os **colegas** de pós-graduação pela agradável convivência.

À **Soninha**, que sempre me ajudou e ensinou a trabalhar no laboratório. Obrigada por tudo.

Aos funcionários do Departamento de Dentística, **Davi, Ana, Selma, Leandro, Aldo** e **Arnaldo**, por todo auxílio e colaboração.

Às funcionárias da Pós-Graduação, **Cátia, Alessandra, Nair e Donata** pela maneira carinhosa com que conduzem o trabalho.

Aos funcionários da biblioteca, principalmente à **Vânia e Cláudia**, pela preciosa ajuda e atenção.

Ao **CNPq** pela bolsa concedida, viabilizando a realização deste trabalho.

Às empresas **3M ESPE, Ivoclar Vivadent e Voco**, pela doação do material utilizado nesta pesquisa.

Às minhas amigas de São João, **Bia, Titi, Cintia, Cris, Cláudia e Fer** que tiveram tanta paciência durante este período que estive um pouco ausente. Obrigada pela preciosa amizade de vocês.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para que este trabalho acontecesse, meus sinceros agradecimentos.

ANFE TEA. Avaliação da possibilidade de remoção do manchamento de resinas compostas submetidas ao envelhecimento artificial através do re-polimento [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2009.

RESUMO

Nesta pesquisa *in vitro* verificou-se a possibilidade de remoção do manchamento causado por café ou vinho tinto em cinco resinas compostas disponíveis comercialmente, após serem submetidas ao processo de envelhecimento. Trinta e seis espécimes de cada resina composta foram confeccionados em uma matriz de teflon, com 10 mm de diâmetro e 1,5 mm de espessura. Os espécimes foram mantidos em água destilada a 37°C por 24 horas e, em seguida, polidos com irrigação na politriz (Ecomet – Buehler – USA) nas duas superfícies, com lixa de carbureto de silício com granulação de número 600, até atingirem a espessura de $1,3 \pm 0,01$ mm. Após o polimento, a cor dos espécimes foi aferida com espectrofotômetro Cintra 10 UV (Visible Spectrometer, GBC, Austrália). Todos os espécimes foram submetidos à ciclagem térmica com temperaturas de 5 e 55°C, com tempo de imersão de 1 minuto, por 1000 ciclos em solução de 75% álcool-água. Após a ciclagem térmica, os espécimes foram mantidos imersos em água destilada a 37°C até completar o período de 7 dias da confecção das amostras. Após esse período, todos os espécimes foram levados ao espectrofotômetro para leitura da cor. Os espécimes foram divididos em três grupos, cada um com n=12, de acordo com as soluções em que foram imersos: água destilada (controle), café e vinho tinto. Para que o processo de manchamento acontecesse em uma única superfície do espécime, uma das faces e a superfície lateral do espécime foram isoladas com cera branca. Os espécimes foram imersos nas diferentes soluções e mantidos a 37°C por

14 dias. Após o período de manchamento, a cera foi removida e a superfície submetida ao manchamento passou por escovação com escova elétrica (Escova Elétrica Braun Oral-B – Procter & Gamble do Brasil S.A., Manaus, Brasil) por 30 segundos com pressão leve. Os espécimes foram secos com papel absorvente e novamente levados ao espectrofotômetro para medição da cor. Em seguida, os espécimes foram submetidos a três desgastes de 20 μm e a cor foi aferida após cada um dos desgastes. O cálculo da diferença de cor foi realizado através da fórmula CIEDE2000. De acordo com a metodologia utilizada neste estudo, concluiu-se que o manchamento provocado por café e vinho tinto nos compósitos avaliados foi superficial e um desgaste de 20 μm foi suficiente para remoção de tal manchamento.

Palavras-chave: Resina composta – Manchamento – Re-polimento

ANFE TEA. Evaluation of the remove possibility of composite resin staining submitted to artificial aging through repolishing [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2009.

ABSTRACT

This *in vitro* research verified the possible elimination of staining caused by coffee and red wine in five commercial composite resins, after being submitted to thermal cycling. Thirty six specimens were prepared in a teflon mold with 10 mm in diameter and 1.5 mm thick. The specimens were immersed in water at 37°C for 24 h and polished (Ecomet – Buehler - USA) in both surfaces with a # 600 grit silicon carbide paper until achieve 1.3 ± 0.01 mm thickness. After polishing, specimens' color was measured in a spectrophotometer Cintra 10 UV (Visible Spectrometer, GBC, Austrália). All specimens were submitted to thermal cycling with temperatures of 5 and 55°C with a dwell time of 1 minute, for 1000 cycles in a 75% ethanol/water solution. After thermal cycling the specimens were immersed in water at 37°C until complete 7 days from the preparation of the specimens. All the specimens were then taken into spectrophotometer for measuring the color. The specimens were divided into 3 groups (n=12): distilled water (control), coffee and red wine. For the purpose of the staining process to occur in only one surface, all the side and one of the surfaces were isolated with white wax. The specimens were immersed in one of the solutions at 37°C for 14 days. After the staining period, the wax was removed and the specimens were brushed with electric toothbrush (Braun Oral-B, Procter & Gamble do Brasil S.A., Manaus, Brasil) for 30 seconds with a slight pressure. The specimens were dry with a tissue paper and were taken to spectrophotometer for measuring the color. Following, the specimens were submitted to three wears of 20 μ m and the

color was measured after each one of the wears. The calculation of the color difference was made through CIEDE2000 formula. According to the methodology used in this research, it was concluded that the staining caused by coffee and red wine was superficial and one wear of 20 μm was enough for removing the discoloration.

Keywords: Composite resin – Staining - Repolishing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 4.1 -	Composição das resinas compostas testadas.....	55
Quadro 4.2 -	Divisão dos grupos estudados.....	58
Figura 4.1 -	Resinas compostas utilizadas neste estudo.....	54
Figura 4.2 -	Matriz de teflon.....	54
Figura 4.3 -	Esquema de fotoativação nas faces superior e inferior da matriz de teflon.....	54
Figura 4.4 -	Dispositivo utilizado no polimento dos espécimes.....	56
Gráfico 5.1 -	Ilustração dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura dos compósitos manchados com café.....	67
Gráfico 5.2 -	Ilustração dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura dos compósitos manchados com vinho tinto.....	68
Gráfico 5.3 -	Comparação dos valores de ΔE_{00} (inicial x ciclagem térmica) entre os compósitos testados.....	69
Gráfico 5.4 -	Comparação dos valores de ΔE_{00} dos compósitos manchados com café.....	70
Gráfico 5.5 -	Comparação dos valores de ΔE_{00} dos compósitos manchados com vinho tinto.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 -	Resultado da ANOVA na comparação dos valores de ΔE_{00}	64
Tabela 5.2 -	Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta 4 Seasons.....	65
Tabela 5.3 -	Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta Esthet X.....	65
Tabela 5.4 -	Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta Grandio.....	66
Tabela 5.5 -	Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta Filtek Supreme.....	66
Tabela 5.6 -	Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta Venus.....	67
Tabela 5.7 -	Resultado da ANOVA da comparação de cor entre a leitura inicial e a leitura após a ciclagem térmica.....	68
Tabela 5.8 -	Resultado do teste de Scheffé na comparação dos valores de ΔE_{00} obtidos da comparação da inicial e após ciclagem térmica..	69
Tabela 5.9 -	Resultado do teste de Mann-Whitney na comparação dos valores de ΔE_{00} do manchamento com café e vinho tinto.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μm	Micrômetro
ANOVA	Análise de variância
BisEMA	Bisfenol A dimetacrilato etoxilado
BisGMA	Bisfenol A glicidilmetacrilato
CIE	Comission Internacionale de l'Eclairage
CIEDE2000	Fórmula de diferença de cor
CIELab	Sistema matemático que descreve as três dimensões da cor
FDA	Food and Drug Admnistration
ISO	International Standard Organization
LED	Diodo emissor de luz
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mW/cm^2	Miliwat por centímetro quadrado
N	Newton
QTH	Luz halógena quartzo-tungstênio
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
vol	Volume
UDMA	Uretano dimetacrilato

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
ΔE	Diferença de cor

SUMÁRIO

	p.
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 Armazenamento e Envelhecimento Artificial das Resinas Compostas.....	16
2.2 Cor e Mensuração da Cor.....	24
2.3 Manchamento Artificial das Resinas Compostas.....	29
3 PROPOSIÇÃO.....	52
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.1 Preparo dos espécimes.....	53
4.2 Mensuração da cor.....	56
4.3 Ciclagem térmica.....	57
4.4 Manchamento dos espécimes.....	58
4.5 Re-polimento dos espécimes.....	60
4.6 Análise estatística.....	62
5 RESULTADOS.....	63
6 DISCUSSÃO.....	72
7 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

O sucesso de um material restaurador depende de suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. As propriedades de uma resina composta dependem da natureza da matriz orgânica, tipo e volume de carga e interface adesiva matriz/carga. As propriedades mecânicas dos compósitos são significativamente influenciadas por três variáveis: grau de conversão, volume de carga inorgânica e porcentagem de carga tratada com silano¹.

Resinas compostas falham mecanicamente quando a capacidade de suportar uma carga é comprometida devido à sua interação com cargas mecânicas aplicadas (mastigação) e/ou degradação pelo ataque químico da água, álcool, etc².

Em odontologia estética, cor, forma e textura de superfície são fatores bastante importantes para caracterizar e personalizar uma restauração. O objetivo de uma restauração de resina composta é reparar a estrutura dental perdida, devolvendo função e estética. Os materiais restauradores estéticos deveriam reproduzir a aparência natural dos dentes.

O sucesso de uma restauração estética depende primordialmente da escolha correta da cor e da estabilidade de cor do material. O manchamento de um material pode ser avaliado visualmente ou por técnicas instrumentais. Uma vez que a medição instrumental elimina a interpretação subjetiva da comparação visual de cor, espectrofotômetros passaram a ser usados na avaliação da cor³.

A troca de restaurações representa a principal razão de realização de restaurações diretas atualmente. O manchamento do material é uma das principais causas de troca de restaurações estéticas⁴⁻⁹.

O manchamento das resinas compostas pode ser causado por fatores extrínsecos e intrínsecos. A extensão da alteração de cor do material pode estar associada aos hábitos alimentares do indivíduo³. A susceptibilidade ao manchamento de um compósito está relacionada ao tipo de polimerização, matriz orgânica, carga inorgânica e tipo do agente corante¹⁰. Para assegurar excelência estética é necessário que o material restaurador estético mantenha a estabilidade da cor intrínseca e apresente resistência ao manchamento superficial.

Uma vez apresentado o manchamento de uma restauração estética de resina composta, o reparo pode ser usado como tentativa para evitar a troca prematura da restauração que ainda mantém sua função¹¹. Dependendo da profundidade que o manchamento atinge o compósito, existe a possibilidade de realizar um polimento para a remoção da camada mais superficial, recuperando a cor inicial da restauração estética.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão de literatura serão abordados os temas: armazenamento e envelhecimento artificial das resinas compostas; cor e mensuração da cor e manchamento artificial das resinas compostas.

2.1 Armazenamento e Envelhecimento Artificial das Resinas Compostas

No funcionamento oral normal durante o consumo de bebidas e alimentos, os materiais restauradores são expostos ao estresse térmico. Em teoria, a termociclagem simula o envelhecimento *in vivo* do material restaurador submetendo à exposição cíclica repetida de temperaturas quente e fria¹². No entanto, Paravina, Ontiveros e Powers¹³ relatam que não há publicações que determinem quantas horas de envelhecimento artificial simula o envelhecimento *in vivo* em um determinado período.

A preocupação dos pesquisadores com os efeitos deletérios nos materiais restauradores na presença de alterações térmicas e em ambiente aquoso é antiga. Mair¹⁴, em 1989, realizou um estudo que teve como objetivo provocar o manchamento com nitrato de prata das superfícies dos compósitos submetidos ao envelhecimento para avaliar a extensão da degradação. A pesquisa foi dividida em três partes: 1) determinar os efeitos da ciclagem térmica; 2) determinar os efeitos de temperaturas individuais; 3) avaliar a alteração de temperatura de um compósito

colocado *in vivo* durante a alimentação de um voluntário. Os resultados mostram que a profundidade de manchamento das superfícies polidas foi menor do que as superfícies ricas em matriz orgânica. No entanto, a termociclagem diminuiu a diferença da profundidade de manchamento entre os espécimes submetidos ao polimento e os que não foram polidos. A termociclagem ou o armazenamento prolongado em altas temperaturas causou degradação das camadas superficiais dos espécimes. A temperatura do compósito na cavidade bucal não excedeu os 55°C e a temperatura mínima atingiu 4°C. O principal efeito da alteração de temperatura na cavidade bucal foi aumentar a profundidade de difusão dos fluidos orais.

Burger, Cooley e Garcia-Godoy¹² avaliaram o efeito de cinco tempos de termociclagem na resistência ao cisalhamento testando um sistema adesivo. Os espécimes foram termociclados por um dos seguintes tempos: 100, 500, 1000, 2000 ou 4000 ciclos, com as temperaturas de 6 e 60°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) com intervalo de 30 segundos. Os resultados obtidos demonstram que não houve diferença estatisticamente relevante na resistência adesiva do material avaliado nos diferentes tempos de termociclagem.

Restaurações de resina composta não são estáveis após a polimerização e constantemente interagem com o ambiente¹⁵. No ambiente bucal, além das tensões mastigatórias, os compósitos são expostos à influência da saliva. Compósitos absorvem água e substâncias químicas e então liberam componentes para o ambiente^{16, 17}. O fenômeno de sorção e solubilidade pode servir como precursor para diversos processos físicos e químicos que podem produzir efeitos deletérios na estrutura e função do material polimérico. Estes efeitos podem incluir modificação volumétrica como expansão, alterações físicas como plastificação e alterações químicas como oxidação e hidrólise^{18, 19}.

Drummond et al.² desenvolveram um estudo que teve como objetivo determinar a resistência flexural, módulo de elasticidade e resistência à fratura de

cinco compósitos após envelhecimento em água e ar. Os compósitos avaliados foram experimentais e variaram na composição inorgânica. Os espécimes foram envelhecidos em água deionizada por 6 e 12 meses a 37°C. Os espécimes envelhecidos em ar também foram mantidos a 37°C. Os resultados demonstram que o acréscimo de carga inorgânica na matriz orgânica aumentou significativamente a resistência flexural, módulo de elasticidade e resistência à fratura. O envelhecimento em ar apresentou efeito mínimo nessas propriedades. No entanto, o envelhecimento em água levou a uma diminuição significativa das propriedades mecânicas nos primeiros 6 meses, mas não foi significativo entre 6 e 12 meses.

A durabilidade das restaurações de resina composta sob as condições bucais é objeto de grande preocupação por parte de clínicos e pesquisadores. Assim, pesquisas têm procurado avaliar o comportamento dos materiais sob condições próximas das presentes na cavidade bucal. A *Food and Drug Administration* (FDA) recomenda a solução de álcool em água como um simulador de alimentos e pode ser considerado relevante clinicamente^{20, 21}. Foi reportado que a solução de álcool-água possui um parâmetro de solubilidade próximo ao BisGMA²⁰⁻²². Portanto, a solução 75% álcool-água tornou-se o solvente de escolha para simular envelhecimento acelerado em restaurações dentais^{20, 21}. A porcentagem de sorção apresentada pelos compósitos é maior na solução álcool-água do que em água²³.

Yap et al.²⁴ investigaram os efeitos de seis substâncias químicas (saliva artificial, água destilada, ácido cítrico, ácido láctico, heptano e solução álcool-água) na dureza superficial de quatro resinas compostas. Os seguintes materiais foram avaliados: Silux Plus, Z100, Surefil e Ariston pHc. Após a confecção dos espécimes, eles foram mantidos em saliva artificial por 24 horas a 37°C. Após o armazenamento inicial de 24 horas, a dureza superficial dos espécimes foi aferida. Em seguida, os espécimes foram imersos nas diferentes substâncias e mantidos assim por 7 dias a

37°C e a dureza foi medida novamente. Então, os espécimes foram seccionados longitudinalmente e a espessura da camada degradada foi analisada em imagens computadorizadas. Os resultados mostram que alterações na dureza dos compósitos são minimamente associadas com a espessura da camada degradada. Uma camada degradada mais espessa está relacionada com maior amolecimento da superfície do compósito. A solução 75% álcool foi a única substância que provocou amolecimento de todos os compósitos avaliados. Os autores concluíram que todas as substâncias avaliadas são capazes de degradar os compósitos e que os efeitos do ambiente químico na dureza superficial e espessura de degradação são material dependente.

Kawano et al.²⁵ investigaram a influência da ciclagem térmica na resistência flexural de três compósitos de uso indireto (Estenia, Kuraray; Artglass, Heraeus Kulzer; Targis, Ivoclar Vivadent) e dois compósitos convencionais (Dentacolor, Heraeus Kulzer; Cesead II, Kuraray). Os espécimes foram mantidos em água destilada a 37°C por 24 h e esta circunstância foi definida como termociclada 0. Sete espécimes de cada material foram termociclados por 5000, 10000 e 20000 ciclos em água com 60 s de tempo de imersão com temperaturas 4 e 60°C utilizando uma máquina de termociclagem. Os espécimes foram submetidos ao teste de resistência flexural de três pontos. Os resultados demonstram que após a termociclagem houve uma significativa diminuição da resistência flexural. No entanto, a quantidade de ciclos não alterou significativamente os resultados.

Yap e Wee²⁶ investigaram os efeitos da ciclagem térmica na sorção de água e solubilidade de quatro resinas compostas (Silux Plus, Z100, Ariston pHc e Surefil). A metodologia para avaliar sorção e solubilidade foi baseada no ISO 4049. Para a ciclagem térmica, os espécimes foram divididos em três grupos: 1) armazenamento

em água destilada a 35°C por 178 horas; 2) armazenamento em água destilada a 35°C por 173 horas e submetidos a cinco horas (300 ciclos) de ciclagem térmica com temperatura máxima em 45°C; 3) armazenamento em água destilada por 35°C por 173 horas e submetidos a cinco horas (300 ciclos) de ciclagem térmica com temperatura máxima em 60°C. Os autores concluíram que a ciclagem térmica não afetou a solubilidade de qualquer um dos compósitos avaliados. No entanto, os efeitos da ciclagem térmica na sorção de água foi material dependente. Houve um aumento significativo da sorção de água no Silux Plus e Z100, quando os materiais foram submetidos à temperatura máxima de 60°C e 45°C, respectivamente. A sorção de água do Ariston pHc e Surefil não foi afetada significativamente pela ciclagem térmica.

Yap et al.¹⁵ realizaram um estudo que avaliou alterações nas propriedades flexurais de cinco compósitos após envelhecimento em água. Foram testados: Filtek A110, Z100, Filtek Z250, F2000 e Filtek Flow (todos 3M ESPE). Metade dos espécimes foram testados após 1 semana de imersão em água destilada e a outra metade após 1 mês. Os autores observaram que os efeitos do envelhecimento nas propriedades flexurais foram material dependente. A resistência flexural do Z100 foi maior que os outros materiais testados tanto no período de 1 semana como no período de 1 mês. Os valores sofreram leve alteração nos dois diferentes períodos de armazenamento. Os autores acreditam que o período de 1 mês de envelhecimento seja suficiente para o teste mecânico dos materiais.

Em 2005, Smisson, Diefenderfer e Strother²⁷ desenvolveram um estudo que avaliou os efeitos de cinco regimes de estresse térmico. Avaliaram 1) parâmetros comumente reportados em estudos *in vitro* prévios e 2) temperaturas extremas reportadas em poucos estudos *in vivo* disponíveis da resistência flexural e

resistência ao cisalhamento de resinas compostas híbridas. Foi usada a resina composta TPH Spectrum (Caulk/Dentsply). A resistência flexural e resistência ao cisalhamento foram testadas. Os espécimes foram armazenados a 22°C por 24 horas após a confecção. Então, os espécimes foram divididos aleatoriamente entre os cinco grupos que receberam tratamentos diferentes em água deionizada por 100 horas em um dos cinco regimes: 1) ciclagem entre 5 e 55°C (9000 ciclos; tempo de imersão de 20 segundos); 2) temperatura constante de 5°C; 3) temperatura constante de 22°C (controle); 4) temperatura constante de 55°C; 5) temperatura mantida a 5°C durante 50 horas e a 55°C por mais 50 horas. Os autores concluíram que não houve diferença significativa nas propriedades físicas testadas quando o material foi submetido aos cinco regimes diferentes de estresse térmico. Relatam que em estudos de curta duração, a temperatura de armazenagem não deve ser um fator crítico.

Göhring, Gallo e Luthy²⁸ avaliaram os efeitos da armazenagem em água, termociclagem e incorporação de fibras de vidro, na resistência flexural de compósitos para facetas. Foram avaliados os materiais: Belleglass (Kerr), Sculpture (Pentron), Targis (Ivoclar Vivadent), Sinfony (3M ESPE) e SR Adoro (Ivoclar Vivadent). A resina composta Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) foi usada como controle. Os espécimes foram confeccionados e divididos em 3 grupos: armazenagem em água por 24 horas, armazenagem em água por 14 dias e termociclagem com 3000 ciclos com temperaturas de 5°C e 50°C. O teste de resistência flexural de três pontos foi realizado. Os materiais foram influenciados pela armazenagem em água e a diminuição da resistência flexural não foi significativa entre os espécimes armazenados em água e os termociclados. Os

resultados mostram que uma maior porcentagem de carga inorgânica leva a uma maior resistência flexural.

O efeito da ciclagem térmica na textura de superfície das resinas compostas ainda não foi compreendido completamente. Assim, em 2007, Minami et al.²⁹ desenvolveram um estudo em que o objetivo foi avaliar o efeito da termociclagem na rugosidade superficial de alguns materiais restauradores estéticos. Foram testados: Beautifil (Shofu), Inten-S (Ivoclar Vivadent), Solare (GC), Filtek Supreme (3M ESPE), Esthet-X (Dentsply Caulk), Point 4 (Kerr) e Venus (Heraeus Kulzer). A cor A3 foi selecionada para o experimento. Após a confecção, os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas e em seguida polidos. Vinte e sete espécimes foram confeccionados de cada material e divididos em três grupos (n=9). Um grupo não foi termociclado e os outros dois grupos foram submetidos à termociclagem com 20000 ou 50000 ciclos, respectivamente, entre 4°C e 60°C com tempo de imersão de 1 minuto em cada temperatura. O teste de penetração de corante foi realizado para determinar o efeito da termociclagem na susceptibilidade ao manchamento de cada material. Cada espécime foi imerso separadamente em solução de azul de metileno a 5% a 37°C por 24 horas. O manchamento foi comparado entre os materiais testados e entre os diferentes regimes de termociclagem através de observação macroscópica. A média da rugosidade de superfície foi medida através de um perfilômetro. A observação macroscópica revelou que todos os compósitos tornaram-se mais manchados conforme o número de ciclos térmicos aumentou. Todos os materiais tiveram a rugosidade de superfície mais elevada decorrente da termociclagem. No entanto, as superfícies mais rugosas não necessariamente foram as superfícies mais afetadas pelo manchamento.

Sideridou, Karabela e Vouvoudi³⁰ realizaram estudo que determinou as características de sorção de dois compósitos (Tetric EvoCeram e Heliomolar) em água e em solução 75% álcool-água. Os autores utilizaram a análise dinâmica termomecânica para estudar as propriedades viscoelásticas das resinas compostas. Os espécimes foram divididos em dois grupos: 1) os espécimes foram imersos em água a 37°C pelo período de 30 dias; e 2) os espécimes foram imersos, a 37°C, em solução 75% álcool-água pelo período de 30 dias. Os resultados mostram que os compósitos tiveram sorção, solubilidade e aumento de volume maiores na solução 75% álcool-água do que em água. Além disso, a resina Tetric EvoCeram (nanohíbrida) apresentou menor porcentagem de sorção, solubilidade e aumento de volume do que a resina Heliomolar (microparticulada).

Além da alteração nas propriedades físicas e mecânicas, o envelhecimento do material pode provocar alteração nas suas propriedades ópticas. Em 2008, Lee e Lee³¹ avaliaram a mudança nas propriedades ópticas de diversas cores de oito resinas compostas após a termociclagem. Espécimes de 1 mm de espessura foram confeccionados e tiveram a cor medida de acordo com o sistema CIELab sobre um fundo branco e um fundo preto em um espectrofotômetro através da reflectância. Os resultados mostram que todos os compósitos apresentaram alteração de cor após a termociclagem. Os autores concluíram que as mudanças nos parâmetros ópticos foram influenciadas pela marca da resina composta.

2.2 Cor e Mensuração da cor

O fenômeno da cor é uma resposta psicofísica à interação física da energia da luz com um objeto e a experiência subjetiva de um observador individual³². A percepção da cor de um objeto depende da combinação de três elementos: fonte de luz, objeto e observador. A luz pode interagir com os objetos de diversas maneiras. Ela pode ser refletida da superfície do objeto, ser absorvida por ele ou ainda ser transmitida através do objeto^{33, 34}.

Uma das grandes dificuldades no estudo da cor é a tentativa de comunicar aos outros a sua visualização da cor. Para esta finalidade diversas escalas de cores foram desenvolvidas³². O sistema de cor de Munsell é o sistema de escolha para avaliação de cores em Odontologia. Nele a cor pode ser ligada a uma esfera ou cilindro. Um eixo acromático se estende pelo centro do cilindro, branco puro no topo, preto puro na base. Uma série de cinzas, progredindo de preto a branco, conectando as extremidades. As cores se arranjam ao redor do eixo e dentro de cada matiz as cores são arranjadas em escalas de acordo com seu valor (luminosidade) e seu croma (saturação). As cores claras estão localizadas na parte superior do cilindro e as cores escuras em direção à base do cilindro³⁴.

A cor pode ser descrita, de acordo com o espaço de cor de Munsell, em termos de matiz, valor e croma. Matiz é o atributo de uma cor que permite distinguir entre as diferentes famílias da cor, como, por exemplo, vermelhos, azuis e verdes. Valor indica a luminosidade de uma cor que varia do preto puro até o branco puro. Croma é o grau de saturação da cor e descreve sua intensidade³².

Diversos métodos podem ser utilizados na avaliação da cor dos materiais odontológicos. A avaliação da cor pelo sistema visual é passível de falhas e o sistema instrumental elimina o fator subjetividade na aferição da cor do material. Para isso podem ser utilizados espectrofotômetros, colorímetros e técnicas de análise de imagens. Os espectrofotômetros medem um comprimento de onda por vez através da reflectância ou transmitância de um objeto e tem sido usado para medir o espectro visível de dentes e materiais³².

A *Comission Internationale de l'Eclairage* (CIE), uma organização dedicada à padronização em áreas como cor e aparência, definiu em 1931 uma fonte de luz padrão, desenvolveu um observador padrão e viabilizou o cálculo dos valores triestímulos, que representam como o sistema visual humano responde a uma determinada cor. Em 1976, a CIE definiu um sistema matemático para descrever as três dimensões da cor dentro de um espaço de cor, denominado CIELab, que se baseia na teoria de percepção de cor a partir de três diferentes receptores de cor nos olhos (vermelho, verde e azul), sendo atualmente considerado como um padrão internacional para mensurações de cor^{32, 33}.

O modelo CIELab representa um espaço de cor uniforme, com distâncias iguais correspondendo a igual percepção das diferenças de cor. Neste espaço tridimensional de cor existem três eixos ou coordenadas, o L^* , o a^* e o b^* . O valor de L^* é a medida de luminosidade ou claridade de um objeto e é quantificado numa escala tal que o preto perfeito tem um valor de L^* igual a zero, enquanto que o branco total tem um valor de L^* igual a 100. Existem ainda dois componentes cromáticos que representam a variação de matiz e croma. O eixo a^* é medido do avermelhado (a^* positivo) ao esverdeado (a^* negativo), variando respectivamente de +120 a -120. O eixo b^* é medido do amarelado (b^* positivo) ao azulado (b^* negativo),

variando respectivamente de +120 a -120. As coordenadas a^* e b^* aproximam-se de zero para as cores neutras (branco, cinza) e aumentam em magnitude para as cores mais saturadas e intensas. Este sistema permite a definição numérica da cor e a diferenciação existente entre duas cores³⁵.

A vantagem do sistema CIELab é que as diferenças de cor podem ser expressas em unidades que podem ser relacionadas à percepção visual e significância clínica^{33, 35, 36}. A fórmula de diferença de cor propõe-se a fornecer uma representação quantitativa (ΔE) da diferença de cor percebida entre um par de amostras coloridas sob condições experimentais³⁷. A fórmula para obtenção da diferença de cor no sistema CIELab pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\Delta E_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2},$$

o valor obtido é expresso em unidades de ΔE_{ab} .

No entanto, o sistema CIELab possui uma uniformidade pobre do espaço da cor, pelo menos quando pequenas diferenças de cor estão em questão. Com o objetivo de aperfeiçoar a correção entre as diferenças de cor percebida e computada nas aplicações industriais, uma nova fórmula proposta pela CIE foi introduzida. Nela houve a incorporação de correções específicas para a não-uniformidade do espaço CIELab (as chamadas funções de pesagem S_L , S_C e S_H) e parâmetros que contabilizam a influência do iluminante e das condições de visualização na avaliação da diferença de cor (os chamados fatores paramétricos K_L , K_C e K_H)³⁷. A fórmula da diferença de cor CIEDE2000 (ΔE_{00}) foi adotada como a nova equação de diferença de cor da CIE³⁸. Nela estão inclusas, não somente luminosidade, matiz e croma, mas também um termo interativo entre as diferenças de croma e matiz para aperfeiçoamento do desempenho para cores azuis e um fator para CIELab a^* para

aperfeiçoamento do desempenho das cores cinza³⁹. Assim, esta nova equação foi oficialmente adotada como a nova fórmula de diferença de cor da CIE, a CIEDE2000³⁸.

Por enquanto, poucas tentativas foram feitas para a aplicação desta nova fórmula em odontologia. Lee³⁹ desenvolveu uma pesquisa que mediu a correlação dos valores de diferença de cor calculados com as fórmulas CIELab e CIEDE2000 após a polimerização e termociclagem de resinas compostas. O autor testou 10 cores da resina composta Synergy (Coltene) e 13 cores da resina composta Vitalescence (Ultradent). A cor inicial foi medida e em seguida os espécimes foram submetidos à termociclagem com temperaturas entre 5 e 55°C em água destilada por 3000 ciclos com tempo de imersão de 15 segundos. A cor dos materiais foi novamente medida de acordo com a escala de cor CIELab com iluminante D65 sobre um fundo branco. A diferença de cor foi calculada com as duas fórmulas. Os resultados mostram que a fórmula CIEDE2000 proporcionou dados experimentais mais justos baseados nas pequenas diferenças de cor do que a fórmula CIELab. O autor acredita que a nova fórmula se encaixa melhor nas respostas dos observadores humanos.

Lee e Powers⁴⁰, em 2005, realizaram estudo que mediu a correlação entre as diferenças de várias cores de resina composta calculadas através das fórmulas de ΔE^*_{ab} , ΔE_{00} e ΔE_{99} e determinar a dependência de diferenças de cor calculadas pelas fórmulas ΔE_{00} e ΔE_{99} em função da diferença nos fatores paramétricos. Duas resinas compostas e vinte e seis cores ao todo foram avaliadas: Synergy (Coltène/Whaledent) e Vitalescence (Ultradent). Cinco espécimes de cada cor foram confeccionados. A mensuração da cor dos espécimes foi realizada de acordo com o sistema CIELab, com iluminante D65 e fundo branco. A diferença de cor entre cada

par de cores foi calculada com as três fórmulas. Baseado nos resultados é possível afirmar que houve diferença significativa entre todas as fórmulas avaliadas, independentemente da variação nos parâmetros de cor. A diferença média entre ΔE^*_{ab} e ΔE_{00} foi maior do que 1 quando a variação de valores nos ΔC^*_{ab} , ΔH^*_{ab} e Δb^* foi alta. Comparado com os valores de diferença de cor do sistema CIELab, a função de pesagem incluída na fórmula CIEDE2000 teve uma influência significativa nos valores de diferença de cor. Os autores concluem que, embora a determinação de um limite perceptível ou aceitável para a fórmula CIEDE2000 com materiais dentários seja necessária, esta fórmula deveria ser considerada para o cálculo da diferença de cor quando a diferença no matiz ou saturação é a principal causa da diferença de cor.

Pérez et al.³⁷ realizaram um estudo com os objetivos de avaliar a possível significância das correções introduzidas na fórmula CIEDE2000, assim como proporcionar conhecimento para aplicação da fórmula para materiais estéticos restauradores. Os autores utilizaram a resina Artemis (Ivoclar Vivadent) e a Eshtet-X (Dentsply) utilizando as 17 e 16 cores, respectivamente, disponíveis. Seis espécimes de cada cor foram confeccionados. A diferença de cor foi calculada com as duas fórmulas (ΔE_{ab} e ΔE_{00}). Este estudo estabeleceu que houve correlações significativas entre ΔE_{ab} e ΔE_{00} . No entanto, dependendo dos parâmetros estudados, é impossível encontrar uma única relação entre as duas fórmulas. Os autores relatam que, baseando-se nos resultados do presente estudo e por recomendação da CIE, a fórmula CIEDE2000 deveria ser usada para avaliar as diferenças de cor das resinas compostas.

Os parâmetros utilizados na leitura da cor das resinas compostas afetam os resultados obtidos. Powers e Lepeak⁴¹ realizaram uma pesquisa com o objetivo de

determinar os efeitos da reflexão especular, cor de fundo e espessura do espécime na cor de quatro resinas acrílicas. Blocos das resinas foram confeccionados e as curvas de reflectância e os comprimentos de onda das amostras foram obtidos em um espectrofotômetro. Quatro espessuras de espécimes foram testadas: 1.3, 2.5, 5.61 e 8.53 mm. Foram usados fundos branco e preto para as leituras de cor. Os resultados mostram que a mensuração da cor dos espécimes foi afetada tanto pela cor de fundo quanto pela espessura. Os autores concluíram que valores maiores de reflexão luminosa foram obtidos com fundo branco. Além disso, o efeito da cor de fundo foi menos dramático para as resinas mais opacas e em espécimes mais espessos.

2.3 Manchamento Artificial das Resinas Compostas

O manchamento das resinas compostas é um fenômeno multifatorial e pode ser causado por fatores extrínsecos e intrínsecos. Os fatores intrínsecos envolvem a alteração de cor do material propriamente dito, como alteração da matriz resinosa causada pela oxidação da amina aceleradora, ou pela oxidação da matriz polimérica ou, ainda, pela oxidação de grupos metacrilatos que não reagiram. A cor do compósito pode se alterar intrinsecamente após a exposição a diferentes fontes de energia e imersão em água por longo período. Essas alterações dependem do sistema de fotoiniciadores nos compósitos. São causadas por alterações químicas na matriz da resina composta^{3, 42, 43}.

A alteração de cor intrínseca é permanente e está relacionado à qualidade do polímero, tipo e quantidade de carga inorgânica, assim como o tipo de acelerador adicionado ao sistema fotoiniciador⁴⁴. O manchamento interno é dependente da formulação do fabricante e de uma fotoativação correta³⁶.

Os fatores extrínsecos incluem manchamento por adsorção e/ou absorção de corantes como resultado de contaminação de fontes externas³. O manchamento extrínseco depende do tipo de dieta do indivíduo, higiene e das propriedades químicas da resina composta. A composição e volume da matriz orgânica, tipo e volume das partículas inorgânicas, tipo de silanização matriz-carga e polimento são fatores relevantes na susceptibilidade do compósito ao manchamento^{45, 46}. A afinidade da resina composta por corantes pode ser modulada por seu grau de conversão. Compósitos com menor grau de conversão tendem a apresentar maior alteração cor quando submetidos às substâncias corantes⁴⁷.

A matriz polimérica é susceptível à degradação pelos componentes químicos⁴⁸ e a extensão do dano causado pode depender da taxa de difusão, que depende do peso molecular da substância corante²².

Chan, Fuller e Hormati⁴⁹ compararam as propriedades corantes de quatro alimentos conhecidamente corantes. Foram avaliadas duas resinas compostas disponíveis comercialmente na época (Adaptic e Concise). Os espécimes foram imersos em café, chá, refrigerante do tipo cola, shoyu ou água destilada. Os espécimes foram mantidos nas soluções pelo período de 6 semanas. Após o período de imersão, metade dos espécimes foram escovados com dentífrício por 2 minutos, enxaguados e secos e a outra metade não foi submetido a nenhum procedimento. Não houve diferença significativa no manchamento entre as duas resinas e o café foi a solução que causou a maior alteração de cor. O manchamento

aumentou conforme aumentou o tempo de imersão. Uma constatação importante é que o manchamento observado na primeira semana diferiu-se significativamente das semanas subseqüentes, onde o manchamento atingiu um platô por diversas semanas. Os autores relatam que esse resultado indica que, embora os espécimes tenham sofrido alteração de cor com o tempo, o maior manchamento ocorreu durante a primeira semana, se estendendo pela segunda semana. A escovação realizada após o período de manchamento reduziu o grau de manchamento, no entanto não houve diferença significativa com os espécimes não submetidos à escovação. Concluíram que a escovação não é capaz de remover o manchamento, apesar de este ser superficial.

A absorção de água pode estar relacionada com a susceptibilidade ao manchamento pela resina composta. Douglas e Craig⁵⁰ comparam compósitos mais ou menos hidrofóbicos, em relação à capacidade de manchamento e a remoção do mesmo. Os espécimes foram submetidos ao envelhecimento acelerado com lâmpada de xenon previamente ao processo de manchamento. Em seguida, os espécimes foram submetidos ao manchamento com azul de metileno por 24 horas. Então, alguns espécimes de cada grupo foram colocados no ultra-som para remoção do manchamento. A cor dos espécimes foi verificada. Os resultados mostram que o envelhecimento não causou alteração perceptível de cor. O compósito com característica hidrofóbica apresentou menor manchamento do que os outros dois compósitos com característica menos hidrofóbica.

Hachiya et al.⁵¹ realizaram estudo que descreve a relação do acabamento e polimento com o manchamento de duas resinas compostas disponíveis comercialmente na época do estudo (Adaptic, Johnson&Johnson; Clearfil Bond System F, Kuraray). Testaram sete diferentes instrumentos de acabamento e

polimento. O polimento foi realizado imediatamente e 48 horas após a confecção dos espécimes. Em seguida iniciou-se o processo de manchamento. Os resultados mostram que o grau de manchamento não depende da rugosidade superficial do compósito. No entanto, os autores relatam que o acabamento obtido com a matriz de poliéster é mais susceptível ao manchamento do que os espécimes polidos. Os autores concluíram que o polimento realizado imediatamente após a confecção dos espécimes apresentou maior manchamento do que os espécimes polidos após 48h.

Resinas compostas são susceptíveis à degradação causada pela produção de ácidos orgânicos produzidos pela placa bacteriana, o que pode facilitar o manchamento dos compósitos. Asmussen e Hansen⁵² investigaram a relação entre o manchamento e a degradação superficial de uma resina híbrida. Testaram três corantes: solução de eritrosina em água, solução de eritrosina em álcool e solução de eritrosina em ácido propiônico. Os resultados demonstram que o álcool e o ácido propiônico aumentam a susceptibilidade ao manchamento superficial. Acredita-se que a plastificação confere ao polímero uma estrutura mais aberta que facilita a sorção do corante. Os autores concluíram que uma higiene bucal pobre aumenta a susceptibilidade ao manchamento pelas resinas compostas e este aumento pode ser explicado pelo efeito da plastificação de ácidos orgânicos produzidos pela placa bacteriana.

Satou et al.⁵³ realizaram um estudo com o objetivo de estudar o mecanismo de manchamento superficial, os autores produziram cinco resinas sem carga, hidrofílicas e hidrofóbicas. Dois tipos de soluções corantes, hidrofílica e hidrofóbica, foram preparadas. Os espécimes do primeiro grupo foram imediatamente imersos nas soluções corantes. Os espécimes do segundo grupo foram imersos em água destilada a 37°C por 40 dias antes da imersão nas soluções corantes. A cor dos

espécimes foi medida inicialmente e após 10, 20 e 30 dias de imersão. Os resultados mostram que as resinas com menor absorção de água apresentaram menor manchamento superficial, tanto na solução hidrofílica, quanto na solução hidrofóbica. Além disso, os autores constataram que o grupo que foi imerso em água destilada previamente ao processo de manchamento, apresentou menor alteração de cor, mostrando que o manchamento pode estar relacionado à absorção de água pelo material.

Mair⁵⁴ avaliou a infiltração de nitrato de prata em sete compósitos disponíveis comercialmente. Os espécimes foram mantidos em recipientes com solução de nitrato de prata (3 mol/L) em completa ausência de luz pelo período de 1, 6, 10, 26, 42 e 90 dias. Então os espécimes foram lavados e seccionados para avaliação microscópica da profundidade de manchamento. Fotomicrografias coloridas foram feitas de cada material em cada intervalo de tempo para avaliação qualitativa das alterações de cor. Foi avaliado o manchamento de espécimes submetidos ao polimento com lixas de carvão de silício e de espécimes em que a superfície obtida com a matriz de poliéster foi mantida. A profundidade da zona de manchamento foi comparada entre os dois grupos. Os resultados demonstram que o grupo de espécimes polidos foi menos susceptível ao manchamento. A média da profundidade de manchamento variou de 20 a 65 μm . Somente a resina Profile TLC apresentou um manchamento consideravelmente mais profundo, 124 μm , que as outras. A profundidade de manchamento variou de acordo com o material.

Um e Ruyter³ realizaram um estudo que avaliou a estabilidade de cor de diversas resinas com carga e sem carga expostas a substâncias corantes. Após a confecção, os espécimes foram polidos em ambas as faces e a espessura de $1,30 \pm 0,02$ mm obtida. Os espécimes foram imersos em café ou chá e mantidos a $50 \pm 1^\circ\text{C}$ por 0,5,

1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 e 1000 horas. Os espécimes foram submetidos a um processo de limpeza (escovação e enxágüe) após o manchamento. O grupo de 1000 horas de imersão foi submetido a polimento com lixa de carbureto de silício por 60 segundos nas duas faces dos espécimes. A espessura dos espécimes foi aferida antes e após o polimento. A medição da cor foi realizada após a limpeza e após o polimento dos espécimes. A avaliação da cor foi realizada através do sistema CIELab. Apesar do desgaste superficial realizado após o processo de manchamento, os espécimes continuaram apresentando alteração de cor. Os resultados mostram que o manchamento causado pelo chá foi facilmente removido pelo processo de limpeza dos espécimes. Já o manchamento pelo café ocorreu pela absorção das substâncias corantes, que não foi removido pela escovação. Os autores concluíram que a susceptibilidade ao manchamento é dependente da composição das resinas compostas.

Seguindo metodologia similar, Ferracane, Condon e Mitchem⁵⁵ utilizaram a técnica de manchamento com nitrato de prata para avaliar a hipótese de que os procedimentos tradicionais de acabamento produzem uma região subsuperficial degradada em compósitos dentais. Dois instrumentos de acabamento e cinco compósitos (Silux Plus, 3M; Herculite, Kerr; P-50, 3M e mais duas formulações experimentais) foram avaliados. Barras retangulares foram confeccionadas e polidas. Os espécimes foram submetidos ao manchamento com solução de nitrato de prata. As barras foram seccionadas transversalmente e observadas em microscópio para determinar a profundidade de manchamento, tanto das superfícies submetidas ao acabamento quanto daquelas em que a superfície obtida com a matriz de poliéster foi mantida. A profundidade de manchamento variou de 5 a 50 μm , dependendo do compósito. O tipo de acabamento não interferiu na profundidade

de manchamento do material. Além disso, tanto as superfícies polidas quanto as não polidas apresentaram penetração significativa de corante.

Embora a absorção do nitrato de prata não possa ser diretamente comparada com a absorção de água ou íons, ela pode permitir uma avaliação das mudanças da matriz orgânica causada por uma substância inorgânica.

Dietschi et al.⁵⁶ realizaram estudo *in vitro* que avaliou a estabilidade de cor de resinas compostas submetidas a testes de manchamento usando diferentes corantes sob diversas condições físico-químicas. Os espécimes foram submetidos ao manchamento com quatro substâncias diferentes. Além disso, outros grupos foram submetidos previamente a 1 semana de imersão em solução salina, termociclagem, pós-polimerização ou polimento. Com o objetivo de determinar o grau de penetração do corante no material, uma observação microscópica de secções de compósito manchado foi realizada. Assim, três espécimes de cada marca de compósito foram imersas em eritrosina por 3 semanas e fraturadas sob compressão diametral. Os fragmentos resultantes foram embebidos em resina epóxica e seccionados perpendicularmente à superfície. Secções de 100 µm foram obtidas e observadas em microscópio eletrônico de transmissão. A natureza do manchamento foi determinada como: adsorção de corante, absorção sub-superficial de corante ou manchamento interno. Os resultados mostram que não houve diferença estatística entre os espécimes polidos e os não-polidos. A armazenagem dos espécimes em solução salina por uma semana diminuiu o manchamento para todas as marcas comerciais avaliadas. A pós-polimerização causou uma tendência de diminuição no manchamento dos espécimes. No entanto, a termociclagem dos compósitos imersos em eritrosina apresentou uma tendência de maior manchamento. A observação microscópica dos espécimes fraturados mostra que o

manchamento aconteceu principalmente devido à adsorção de corante e absorção sub-superficial de corante. A penetração sub-superficial de corante foi mais pronunciada na superfície oposta àquela fotoativada. Compósitos com maior porcentagem de carga foram menos manchados. Nenhum compósito apresentou manchamento interno.

Vieira, Morimoto e Arakaki⁵⁷ desenvolveram um estudo *in vitro* que avaliou a estabilidade de cor de cinco resinas compostas submetidas ao manchamento com café. Os autores testaram três resinas acomodáveis (P-60; Solitaire e Surefil) e duas resinas de uso universal (Charisma e Z250). Todos os espécimes foram imersos em café a 60°C ou em água destilada por 336 horas. Antes e após o período de armazenagem, a cor dos espécimes foi medida de acordo com o sistema CIELAB. Os compósitos acomodáveis apresentaram maior alteração de cor do que os compósitos de uso universal.

Em 2001, Stober, Gilde e Lenz⁵⁸ desenvolveram um estudo que investigou a estabilidade de cor de resinas compostas com elevada carga inorgânica após exposição a agentes corantes e irradiação ultravioleta. Oito resinas compostas foram avaliadas. Após a polimerização dos espécimes, os mesmos foram polidos e armazenados em água deionizada a 37°C por 24 horas. A cor dos espécimes foi medida (baseline). Três espécimes de cada resina foram submetidos a diferentes tratamentos: A) envelhecimento artificial com luz ultravioleta; B) armazenagem em enxaguatório bucal; C) armazenagem em chá; D) armazenagem em café; E) armazenagem em vinho tinto; F) armazenagem em solução de curcuma a 0,1% a 37°C; G) armazenagem em água deionizada (37°C) sem exposição à luz. O teste de estabilidade de cor foi conduzido após 4 e após 8 semanas. Os resultados mostram que o envelhecimento em luz ultravioleta alterou significativamente a cor dos

espécimes. A alteração de cor mais severa ocorreu com os espécimes armazenados em vinho tinto e em solução de curcuma. Os autores concluem que facetas de resina composta não apresentam a mesma estabilidade de cor que as facetas cerâmicas.

Reis et al.⁵⁹ desenvolveram um estudo com o objetivo de investigar a influência de vários sistemas de acabamento na rugosidade superficial e manchamento de três resinas acomodáveis (Solitaire, ALERT, Surfefill) e uma resina microhíbrida convencional (Z250). Os espécimes foram mantidos em água destilada a 37°C por 24 horas e divididos aleatoriamente pelos seis grupos testados. Após o acabamento e polimento, foi realizado o exame perfilométrico e em seguida os espécimes foram imersos em solução de azul de metileno a 2% por 24 horas e a concentração de corante nos espécimes foi calculada. Os resultados mostram que o manchamento de um compósito não é dependente de fatores extrínsecos somente, como a rugosidade de superfície. A estabilidade de cor está diretamente relacionada à fase orgânica da resina e à composição inorgânica. A menor susceptibilidade está geralmente relacionada a uma menor taxa de absorção de água ou baixo conteúdo orgânico e a um polimento adequado.

Türkün e Türkün⁶⁰ compararam as alterações de cor de três resinas para faceta quando expostas a soluções corantes e avaliar a efetividade do clareamento doméstico com peróxido de hidrogênio a 15% e três diferentes sistemas de polimento para remoção do manchamento. Os espécimes foram confeccionados e polidos com um dos três sistemas de polimento, em seguida foram armazenados em café ou chá por 7 dias. Após esse período, os espécimes foram submetidos ao clareamento em uma face e a outra face foi polida com um dos três sistemas de polimento. A medição da cor foi efetuada antes da imersão (baseline), após 1, 3, 5 e

7 dias e após o clareamento e o polimento. O sistema CIELab foi usado para avaliação da cor. Os espécimes mantidos em água não apresentaram alteração significativa da cor. Não houve diferença entre chá e café. Após a imersão nas soluções corantes, todos os espécimes apresentaram alteração significativa da cor. Todos os compósitos recuperaram a cor próxima à inicial após o procedimento clareador e obtiveram cor equivalente a um dia de manchamento após o polimento. O polimento foi menos efetivo que o clareamento, mas ainda assim foi capaz de remover parte do manchamento. Este trabalho mostrou que o manchamento das resinas compostas envolve adsorção de corante e absorção na região sub-superficial.

Janda et al.⁴³ realizaram pesquisa com o objetivo de investigar a influência dos dispositivos fotoativadores da polimerização e dos tempos de ativação no valor de b^* (sistema CIELab) de compósitos, ormocer e compômero após simulação de exposição ao sol. Os materiais avaliados foram a resina Durafill (Heraeus Kulzer), a resina Charisma (Heraeus Kulzer), o ormocer Definite (Degudent) e o compômero Dyract AP (Dentsply). Os dispositivos testados foram o Translux Energy (Heraeus Kulzer) que é de lâmpada halógena de tungstênio e o Apollo 95-E (DMDS) que é lâmpada de arco de plasma. Os espécimes foram confeccionados usando os diferentes dispositivos de ativação com tempo de ativação de 20, 40 ou 60 segundos para a lâmpada halógena e 3, 10 ou 20 segundos para a lâmpada de arco de plasma. A mensuração inicial da cor foi efetuada 90 minutos após a fotoativação. Em seguida os espécimes foram submetidos à lâmpada de xenon para simular o envelhecimento pela exposição à luz e uma hora após esse procedimento a cor foi mensurada novamente. Os resultados mostram que houve diferença significativa da estabilidade de cor dos materiais avaliados quando fotoativados com a lâmpada

halógena e com a lâmpada de arco de plasma. A lâmpada halógena de tungstênio proporcionou uma emissão espectral ideal e intensidade de luz para uma cura adequada e estabilidade de cor. A estabilidade de cor dos materiais fotoativados com lâmpada de arco de plasma não foi aceitável.

Patel et al.⁶¹ avaliaram a estabilidade de cor de resinas compostas usando três diferentes tratamentos de acabamento de superfície. Os autores testaram a resina Z250 e uma resina sem carga inorgânica. Após a confecção dos espécimes, eles foram polidos com um dos três sistemas de polimento testados e imersos água destilada por 48 horas, os espécimes foram divididos em 3 grupos contendo três soluções diferentes: café, vinho tinto e refrigerante a base de cola. Os espécimes foram mantidos imersos nas soluções pelo período de 7 dias. As medições da cor foram realizadas após o primeiro e segundo dia de imersão em água, assim como após um, dois, três e sete dias nas soluções corantes. O ΔE^* nos diferentes períodos foi calculado. A maior alteração de cor dos espécimes foi registrada após 7 dias de imersão. Os espécimes com acabamento obtido com a tira de poliéster foram manchados mais intensamente do que aqueles polidos. O vinho tinto produziu maior manchamento nos compósitos avaliados. A resina sem carga apresentou menor manchamento superficial do que a Z250.

Park et al.⁶² compararam o manchamento superficial de compósitos microhíbridos com superfícies polidas e com superfície obtida com de tira de poliéster. Além disso, determinaram se o manchamento superficial no compósito com a superfície obtida com a tira de poliéster é reduzido uma vez que a inibição de oxigênio na superfície pode ser prevenida. Foram usados três compósitos: Z100 (3M ESPE), Spectrum (Dentsply/Caulk) e Aelitefil (Bisco). Os espécimes foram confeccionados e divididos em três grupos: 1) superfície dos espécimes foi obtida

com tira de poliéster; 2) superfície dos espécimes foi polida com discos e pasta para polimento; 3) a polimerização dos espécimes ocorreu sem a presença de oxigênio. A cor dos espécimes foi avaliada. Em seguida, os espécimes foram imersos em solução de 0.2% de eritrosina por 7 dias. A cor foi determinada através do sistema CIELab. Não houve diferença estatisticamente significativa no manchamento entre os grupos 1 e 2. O grupo 3 apresentou menor manchamento que o grupo 1 nos espécimes do Spectrum e do Aelitefil, mas não houve diferença para a amostra do Z100. Os autores concluíram que não houve diferença de manchamento entre os espécimes polidos dos espécimes com superfície obtida com a tira de poliéster.

A qualidade da superfície das restaurações dentais é um dos fatores importantes que determinam o sucesso de uma restauração. Lu et al.⁶³ investigaram os fatores que influenciam a resistência ao manchamento de resinas compostas. Os autores testaram um nanocompósito (Filtek Supreme), um compósito microparticulado (Filtek A110), um compósito microhíbrido (Filtek Z250) e um compósito microhíbrido para restaurações em dentes posteriores (Filtek P60), todos da 3M ESPE. Trinta e seis espécimes por material foram confeccionados e divididos aleatoriamente em 6 grupos. Os espécimes de 5 grupos foram polidos com lixas de granulação 1000, 1200, 1500, 2000 e 2500, respectivamente, com velocidade de 120 rpm com força de 54N. Os espécimes do sexto grupo foram polidos com lixas de granulação 2500 ou 1200 e usados como controle. A razão pela qual os autores usaram dois tipos de granulação de lixas no grupo controle foi verificar se a rugosidade superficial influenciaria a alteração de cor dos espécimes mantidos em água destilada. Após a realização do polimento, os espécimes foram imersos em café. A solução foi trocada a cada dois dias. A mensuração da cor foi realizada inicialmente (*baseline*) e após 3, 7 e 14 dias. A diferença de cor foi calculada através do sistema CIELab. As quatro

resinas responderam diferentemente ao polimento. A Supreme e a A110 tiveram valores menores de rugosidade superficial do que a Z250 e P60. Os resultados mostram que as resinas com menor rugosidade superficial apresentaram menores valores de manchamento. No entanto, a resina A110 não apresentou diferença de manchamento quando a rugosidade superficial foi alterada. Assim, os autores relatam que o tamanho das partículas de carga não foi o único fator a influenciar o manchamento. As características químicas da matriz orgânica também influenciaram a resistência ao manchamento das resinas compostas. A diferença de cor dos espécimes imersos em café foi aumentada conforme o tempo de imersão.

Um acabamento e polimento adequados da restauração de resina composta são procedimentos críticos que melhoram a estética e a durabilidade das restaurações. Choi et al.⁶⁴ realizaram um estudo cujos objetivos foram (1) determinar as alterações *in vitro* na rugosidade superficial e na cor de resinas compostas após a aplicação de três sistemas de acabamento e polimento; (2) avaliar a diferença na estabilidade de cor após imersão em substância corante após o polimento; e (3) avaliar os efeitos da condição da superfície, especialmente rugosidade, na mensuração da cor. Quatro compósitos foram avaliados: Filtek Supreme (3M ESPE), Synergy Compact (Coltene/Whaledent), Tescera (Bisco) e Z100 (3M ESPE). Avaliaram a cor dos espécimes com e sem polimento. Foram testados 3 sistemas de polimento. O processo de manchamento foi realizado com solução de azul de metileno a 2% a 37°C. Após 24h os espécimes foram lavados com água destilada por 30 segundos e a cor avaliada. As resinas compostas avaliadas não apresentaram diferença significativa de rugosidade nos três diferentes tipos de sistemas de polimento utilizados. A susceptibilidade ao manchamento pelos compósitos avaliados não foi relacionada ao tipo de polimento realizado isoladamente.

A resina composta se comporta de maneiras diferentes frente à ação das diferentes bebidas. Badra et al.⁶⁵ avaliaram a influência de diferentes bebidas (Coca-cola, cachaça, café e saliva artificial) na microdureza e rugosidade superficial de uma resina microparticulada, uma híbrida e uma de baixa viscosidade. Após a confecção dos espécimes, os mesmos foram mantidos em saliva artificial por 24 horas. Os espécimes foram submetidos a um ciclo de imersão de 60 dias: inicialmente foram imersos em saliva artificial por 4 horas, então foram submetidos à imersão de 5 minutos nas diferentes bebidas intercalados por imersão em saliva três vezes ao dia. As propriedades foram avaliadas nos períodos de 24h e 7, 30 e 60 dias após a confecção dos espécimes. Os resultados demonstram que todas as bebidas avaliadas alteraram de alguma maneira a microdureza e/ou a rugosidade superficial das resinas testadas. O grau de alteração foi dependente das características do material, do tipo de bebida e do período avaliado. Neste estudo um maior número de imersões nas bebidas resultou em um impacto mais acentuado nas propriedades da resina.

Lee e Powers⁶⁶ realizaram um estudo que avaliou as alterações de cor de resinas compostas submetidas à imersão em diferentes soluções orgânicas e químicas. Os autores testaram as resinas Charisma (Heraeus Kulzer), Filtek Supreme (3M ESPE), Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) e TPH Spectrum (Dentsply/Caulk). Os espécimes (10 mm de diâmetro e 1,2 mm de espessura) foram confeccionados e divididos em 6 grupos experimentais. Os espécimes tiveram a cor mensurada por 3 três vezes em cada um deles. A cor foi mensurada no início (baseline) e após a seqüência de imersões a que os espécimes foram submetidos. As resinas foram expostas a um ciclo de imersões em substâncias químicas e orgânicas e ao azul de metileno a 2%. Os resultados mostram que o manchamento

causado pelo azul de metileno após a série de imersões realizadas foi dependente dos compósitos e não dos protocolos de imersão.

Guler et al.¹⁰ avaliaram o manchamento de materiais restauradores provisórios auto e fotopolimerizáveis e duas resinas compostas expostos à água destilada, café, café com açúcar, chá, chá com açúcar, refrigerante do tipo cola ou suco de cereja. Após a confecção e polimento dos espécimes (n=5), os mesmos tiveram a cor mensurada (*baseline*) e foram imersos por 24 horas nas diferentes substâncias corantes. Em seguida, a cor dos espécimes foi novamente aferida. O vinho tinto foi a substância que provocou maior alteração de cor nos compósitos avaliados. O material com maior viscosidade (Micronew – Bisco) apresentou maior resistência ao manchamento do que os outros materiais testados.

Bagheri, Burrow e Tyas⁶⁷ realizaram um estudo em que determinaram o grau de manchamento de seis materiais estéticos restauradores com cinco tipos de soluções corantes. Avaliaram uma resina composta microparticulada (Durafil, Kulzer), uma resina composta microhíbrida (Charisma, Kulzer), uma resina composta poliácido-modificada (F2000, 3M ESPE), um cimento de ionômero de vidro convencional (Fuji IX, GC) e dois cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (Fuji II LC, GC; Photoac Fil, 3M ESPE). Todos os espécimes foram imersos em água destilada por 1 semana, seguidos por imersão em três diferentes soluções simuladoras de alimentos (água, 10% álcool, Crodamol GTCC) por 1 semana e cinco corantes (vinho tinto, café, chá, shoyu e refrigerante do tipo cola) por 1 semana. A cor dos espécimes foi verificada após cada tratamento. Os resultados demonstram que os espécimes apresentaram valores de ΔE maiores que 3.3, que foi considerado como alteração de cor inaceitável. A água destilada não causou alteração perceptível de cor. Café foi o líquido corante que provou maior alteração de cor nos materiais

avaliados. O tipo de polimento e a exposição às soluções simuladoras de alimentos não foram significativos na susceptibilidade dos materiais ao manchamento.

Gaintantzopoulou, Kakaboura e Vougiouklakis⁴⁶ realizaram estudo em que o objetivo foi investigar as alterações de cor superficiais e em profundidade de resinas compostas submetidas ao envelhecimento através da exposição à luz ultravioleta e avaliar a influência de técnicas de polimerização adicional nessas alterações. Os compósitos usados foram a Heliomolar (Vivadent), Prodigy (Kerr), Belle Glass (Kerr) e Compoglass (Vivadent) Os materiais testados foram avaliados após 24 e 360 horas, posteriormente ao envelhecimento em água em ambiente escuro e sob luz ultravioleta. Fotoativação convencional e complementar foram testadas. Após 360 horas sob ação de luz ultravioleta em água os compósitos apresentaram alteração significativa de cor. Os espécimes mantidos em água na ausência de luz não apresentaram alteração perceptível de cor. A fotoativação complementar diminuiu significativamente a alteração de cor dos compósitos.

Em 2006, Omata et al.⁶⁸ examinaram o mecanismo de manchamento superficial de uma resina composta (Clearfil AP-X, Kuraray) exposta ao manchamento com café, chá e vinho tinto na presença de saliva artificial. Adicionalmente, avaliaram a habilidade de a escovação prevenir o manchamento. Os autores submeteram o compósito a um protocolo de manchamento de 24 horas que se estendeu por até 4 semanas. Escovação sem dentífrico foi realizada diariamente por 10 segundos após o processo de manchamento. Os autores obtiveram imagens digitais das superfícies dos espécimes nos períodos de uma, duas e quatro semanas. As imagens foram analisadas em modo de escala cinza. A água não causou alteração perceptível de cor. O vinho foi a solução que mais causou manchamento ao material, seguido do chá e do café. Os resultados sugerem que o manchamento extrínseco dos

compósitos é mediado pela saliva. Os espécimes submetidos à escovação tiveram menor alteração de cor. Os autores concluem que as diferentes soluções possuem mecanismos distintos de manchamento e sugerem estudos mais complexos nesse assunto.

Villalta et al.⁶⁹ realizaram um estudo com o objetivo de investigar o efeito de duas soluções corantes e três sistemas de clareamento na alteração de cor de dois compósitos. Quarenta e cinco espécimes de cada resina composta (Filtek Supreme e Esthet X) foram confeccionados. Os espécimes foram divididos em três grupos de 15 espécimes cada e imersos em uma das soluções corantes (café ou vinho tinto) ou em água por 3 horas durante 40 dias. Os três grupos foram divididos em três subgrupos (n=5) e um dos três agentes clareadores (Crest Night Effects, Colgate Simply White Night ou Opalescence Quick) foram aplicados sobre a superfície dos espécimes pelo período de 14 dias. A cor dos materiais foi medida de acordo com o sistema CIELab. O valor de $\Delta E_{ab}=3,3$ foi usado como valor limite aceitável clinicamente para comparação de cor entre os espécimes. A resina Filtek Supreme apresentou maior alteração de cor do que a Esthet X e o vinho tinto causou maior alteração de cor do que o café. Após o clareamento a diferença de cor entre o clareamento e o valor inicial foi menor do 3,3 para todos os grupos. Os autores concluíram que o nanocompósito (Filtek Supreme) apresentou maior alteração de cor do que o compósito microhíbrido (Esthet X). Além disso, o clareamento foi efetivo na remoção do manchamento dos materiais.

Kolbeck et al.⁴² realizaram um estudo com o objetivo de investigar a estabilidade de cor endógena de oito compósitos para facetas e restauradores diretos submetidos à irradiação ultravioleta e o potencial de manchamento exógeno por vinho tinto. Além disso, avaliar a possível diferença entre o manchamento externo de

espécimes envelhecidos e espécimes não envelhecidos. Metade dos espécimes foi submetida ao envelhecimento artificial com luz ultravioleta e a outra metade não foi. A cor dos espécimes foi aferida. Em seguida todos os espécimes foram armazenados em vinho tinto por 10 dias e tiveram a cor aferida na seqüência. Os resultados mostram que os espécimes não sofreram alteração perceptível de cor com o envelhecimento provocado pela luz ultravioleta. A imersão em vinho tinto causou alteração significativa de cor em cinco, dos oito materiais avaliados.

Fujita et al.⁷⁰ desenvolveram um estudo em que o objetivo foi comparar os efeitos do manchamento de três bebidas – café, chá verde e vinho tinto – em resinas compostas modernas simulando um ambiente bucal através de saliva artificial contendo uma concentração relevante de mucina. Testaram, também, o manchamento nos espécimes com a aplicação ou não de selante de superfície. Tiveram dois grupos controle: água destilada e saliva artificial. Os espécimes foram imersos em saliva artificial por 17 h e então colocados em uma das bebidas testadas por 7 h. Esse protocolo de 24 h foi repetido diariamente. CIELab de cada espécime foi mensurado após 24 h, 3 dias, 1, 2 e 4 semanas. Os espécimes imersos tanto em água destilada quanto em saliva artificial não apresentaram alteração visível de cor ($\Delta E^* < 3.3$) independentemente do tempo de imersão. Os espécimes imersos em café e chá verde apresentaram boa estabilidade de cor nas primeiras duas semanas. No entanto, na 4ª semana os valores de ΔE^* de todos os materiais excedeu 5. Os autores não puderam explicar a razão dessa alteração de cor repentina. Os espécimes imersos em vinho tinto apresentaram valores crescentes de ΔE^* conforme se aumentou o tempo de imersão. Após 3 dias o ΔE^* excedeu 3.3 e a microscopia eletrônica de varredura mostrou a presença de trincas na superfície dos compósitos. Os autores acreditam que as trincas foram induzidas por uma leve

alteração na textura superficial. Os espécimes com a presença do selante de superfície apresentaram menor manchamento.

Ertas et al.³⁶ avaliaram a estabilidade de cor de duas resinas compostas nanohíbridas disponíveis comercialmente comparadas com duas resinas microhíbridas de uso universal. As resinas utilizadas neste estudo foram: Filtek P60 (microhíbrida, 3M ESPE), Filtek Z250 (microhíbrida, 3M ESPE), Quadrant LC (microhíbrida, Cavex), Filtek Supreme (nanohíbrida, 3M ESPE) e Grandio (nanohíbrida, Vovo). Vinte e cinco espécimes de cada resina foram preparados e tiveram suas superfícies polidas com lixa de carbureto de silício de granulação nº 600 por 10 s com velocidade de 300 rpm. Os espécimes foram mantidos em água destilada a 37°C por 24 horas. Os espécimes foram divididos em cinco grupos (n=5). A cor dos espécimes foi aferida antes da exposição aos corantes (baseline) usando o sistema CIELab. Os espécimes foram imersos nas diferentes substâncias (café, chá, vinho tinto, refrigerante do tipo cola e água destilada) por 24 horas. Após esse período a cor dos espécimes foi novamente aferida. O vinho tinto foi a substância que provocou maior alteração de cor nos compósitos avaliados. As resinas Filtek P60 e Filtek Z250 demonstraram significativamente menor manchamento do que as resinas Grandio, Filtek Supreme e Quadrant LC. Os três últimos materiais não apresentaram diferença significativa entre eles. Todos os compósitos imersos em chá, café e vinho tinto apresentaram manchamento clinicamente significativo. Este estudo mostrou que resinas nanohíbridas não exibiram maior resistência ao manchamento do que as resinas microhíbridas com as bebidas testadas. Os autores concluíram que a composição (matriz orgânica e carga inorgânica) da resina composta apresentou papel fundamental no comportamento dos compósitos frente às soluções corantes avaliadas.

Türkün e Leblebicioglu⁷¹ realizaram uma pesquisa com o objetivo de comparar a susceptibilidade ao manchamento de compósitos para dentes posteriores (Clearfil Photo Posterior, Surefil e Filtek P60) polidos com dois sistemas de polimento de um passo (Sof-Lex Brush e PoGo). Além disso, testaram a eficiência do re-polimento para remover o manchamento formado e analisaram as superfícies polidas através da microscopia eletrônica de varredura. Os espécimes foram imersos em café por um período de 7 dias. O grupo controle foi mantido em água destilada. Ao final de 7 dias, com o objetivo de remover o manchamento, os espécimes imersos em café foram re-polidos por 30 segundos com os respectivos sistemas de polimento. A medição da cor foi realizada antes da imersão (*baseline*) e após 1, 3, 5 e 7 dias e após o re-polimento. Antes de cada medição os espécimes foram limpos em ultrassom com água destilada por 1 minuto e secos com spray de ar. O sistema CIELab foi utilizada para avaliação da alteração de cor. Após 1 semana todos os compósitos apresentaram alteração significativa de cor. A resina Filtek P60 apresentou maior alteração de cor do que os outros compósitos. Independentemente do material, os espécimes polidos com PoGo apresentaram-se menos susceptíveis ao manchamento. O manchamento foi parcialmente removido com o re-polimento, alcançando uma cor equivalente a um dia de manchamento. Os autores relatam que a alteração de cor observada neste estudo prova que o manchamento está relacionado à adsorção e absorção sub-superficial de corantes.

Em 2007, Yazici et al.⁷² desenvolveram um estudo que investigou os efeitos de duas unidades fotoativadoras e duas soluções corantes na estabilidade de cor de uma resina híbrida e uma resina nanohíbrida após períodos diferentes de imersão. Trinta espécimes da Clearfil AP-X e Filtek Supreme foram confeccionados. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em dois grupos de acordo com a unidade

fotoativadora utilizada: lâmpada de luz halógena quartzo-tungstênio (QTH) ou diodo emissor de luz (LED). As amostras foram mantidas em 100% de umidade a 37°C por 24 horas. Então a cor dos espécimes foi aferida de acordo com o sistema CIELab. Os espécimes foram imersos em uma das três soluções: água destilada (controle), café ou chá. Os valores de cor foram novamente medidos após 1, 7 e 30 dias de imersão. Não houve diferença na estabilidade de cor entre os espécimes fotoativados com LED e QTH. A Filtek Supreme apresentou manchamento significativamente maior do que Clearfil AP-X após imersão de 30 dias tanto em café quanto em chá. Os autores relacionam esse maior manchamento à diferença de composição dos materiais. Foi possível concluir que as alterações de cor dos compósitos são tempo e material dependentes.

Lee et al.⁷³ avaliaram o manchamento antes e após simulação de desgaste das resinas compostas. Testaram seis marcas de resinas compostas: Estelite (Tokuyama Dental), Esthet X (Dentsply/Caulk), Filtek Supreme (3M ESPE), Heliomolar (Ivoclar Vivadent), Renamel Microfill (Cosmedent) e Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent), todos da cor A2. Após a fotoativação dos espécimes, eles foram mantidos em água destilada a 37°C por 24 horas antes da simulação de desgaste. O processo de desgaste foi realizado com 400.000 ciclos. Os espécimes foram em seguida colocados em ultra-som por 1 minuto e imersos em água destilada a 37°C por 24 horas. Então os espécimes foram imersos a 37°C em solução de azul de metileno por 24 horas. A cor das áreas desgastadas e das áreas não-desgastadas foi aferida de acordo com o sistema CIELab antes e após o manchamento. O manchamento nas superfícies não-desgastadas foi menor do que nas superfícies desgastadas, possivelmente devido à camada superficial rica em matriz orgânica que não está presente nas regiões submetidas ao processo simulado de desgaste.

Ergücü, Türkün e Aladag⁴⁵ realizaram uma investigação que comparou as alterações de cor de cinco novas resinas compostas (Filtek Supreme, 3M ESPE; Grandio, Voco; Ceram X, Denstply; Tetric Evo Ceram, Ivoclar-Vivadent; e Premise, Kerr) polidas com dois sistemas de polimento (PoGo, Dentsply; OptraPol, Ivoclar-Vivadent) quando expostas ao café durante o período de 1 semana. O grupo controle (água destilada) não apresentou alteração significativa de cor. Todos os materiais avaliados apresentaram manchamento, independentemente do tipo de polimento realizado. Todos os espécimes com a superfície obtida com a matriz de poliéster foram manchados intensamente quando comparados com os espécimes polidos. Assim, os autores concluíram que a remoção da camada mais externa da resina é essencial para se alcançar uma superfície esteticamente mais estável. Além disso, concluíram que a susceptibilidade ao manchamento dos nanocompósitos não está relacionada a fatores extrínsecos, como rugosidade superficial somente, mas a fatores intrínsecos, como composição monomérica e inorgânica.

Em 2008, Samra et al.⁷⁴ realizaram um estudo cujo objetivo foi avaliar a estabilidade de cor de cinco materiais restauradores estéticos quando imersos em café. Foram avaliadas uma resina de uso direto (Tetric Ceram, Ivoclar Vivadent), três resinas de uso indireto (Targis, Ivoclar Vivadent; Resilab Master, Wilcos; BelleGlass HP, Kerr) e uma porcelana (IPS Empress 2, Ivoclar Vivadent). Os espécimes foram imersos em café por 15 dias em temperatura de 37°C. A avaliação da cor foi feita após 1, 7 e 15 dias através da reflectância em um espectrofotômetro. A Tetric Ceram e a Resilab Master apresentaram manchamento significativamente maior do que os outros materiais, enquanto a IPS Empress 2 foi o material que mostrou a menor alteração de cor. Os autores concluíram que o tempo de contato com a solução

corante foi relevante, com a maior alteração de cor ocorrendo entre 1 e 7 dias, embora tenha continuado até o período final do experimento.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi verificar a possibilidade do re-polimento na remoção do manchamento causado por café ou vinho tinto em cinco resinas compostas disponíveis comercialmente, após serem submetidas ao processo de envelhecimento artificial.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Preparo dos espécimes

Neste estudo foram utilizadas 5 diferentes marcas (Figura 4.1) de resinas compostas (Quadro 4.1). A cor utilizada foi A1. Trinta e seis espécimes de cada resina composta foram confeccionados em uma matriz de teflon, com 10 mm de diâmetro e 1,5 mm de espessura (Figura 4.2). Em uma superfície plana foi posicionada uma lâmina de vidro com uma tira de poliéster e sobre ela a matriz de teflon. A resina composta foi inserida em único incremento e uma tira de poliéster e uma lâmina de vidro foram posicionadas sobre ela, pressionando para que o excesso de material fosse removido e uma superfície plana obtida. A resina foi fotoativada com lâmpada halógena⁷⁵ (Degulux Soft-start – Degussa-Hüls AG - Hanau) por 20 segundos, conforme orientação dos fabricantes. O diâmetro da ponta do fotopolimerizador era de 7 mm, enquanto o diâmetro do espécime era de 10 mm. Assim, cada superfície foi dividida em 2 partes, de maneira que toda a superfície fosse fotoativada de maneira homogênea. Nas superfícies superior e inferior do espécime, os pontos de fotoativação foram opostos, com o objetivo de garantir uma melhor polimerização (Figura 4.3). A potência da luz do fotopolimerizador foi de 475 mW/cm², que foi constantemente aferida com radiômetro (FAPESP nº 00/10950-6). A fotoativação foi realizada com a ponta do aparelho tocando a lâmina de vidro (1 mm de espessura) posicionada sobre a matriz, de maneira que a distância de fotoativação fosse padronizada. Os espécimes foram mantidos em água destilada a

37°C por 24 horas. Este armazenamento é importante para a liberação dos componentes que não reagiram nos compósitos²⁴.



Figura 4.1 – Resinas compostas utilizadas neste estudo



Figura 4.2 – Matriz de teflon

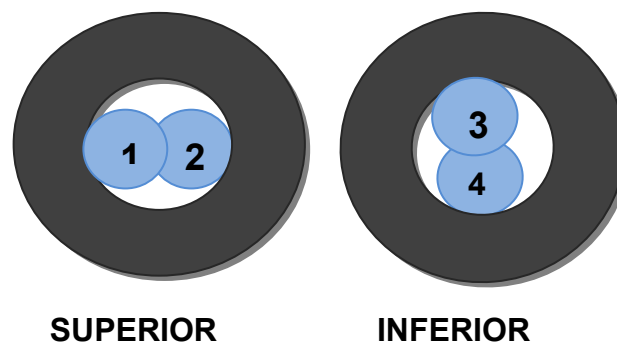


Figura 4.3 – esquema de fotoativação nas faces superior e inferior da matriz de teflon

Após o período inicial de armazenamento, todos os espécimes foram polidos com irrigação na politriz (Ecomet – Buehler – USA), nas duas superfícies, com lixa de carbureto de silício com granulação de número 600³⁶, com velocidade de 80 rpm até atingirem a espessura de $1,3 \pm 0,01$ mm. O controle da espessura dos espécimes foi realizado com paquímetro digital (Mitutoyo Sul Americana – Suzano - Brasil). A espessura do espécime interfere na aferição da cor do material^{41, 76}, portanto é importante que haja esse controle. Os espécimes foram polidos com um dispositivo (Figura 4.4) que permite que o desgastes das superfícies se realize de maneira paralela.

NOME DO PRODUTO FABRICANTE LOCAL	COMPOSIÇÃO ORGÂNICA	TAMANHO DAS PARTÍCULAS INORGÂNICAS	% CARGA INORGÂNICA (PESO)	% CARGA INORGÂNICA (VOLUME)	LOTE	COR
4 SEASONS Ivoclar-Vivadent Schaan – Liechtenstein	BisGMA UDMA TEGDMA	Vidro de bário Trifluoreto de itérbio Vidro de fluorsilicato de Ba-Al Dióxido de silício (0,04 – 3,0 µm)	75 – 77%	55 – 58%	K22176 K27524	A1
ESTHET-X Dentsply	BisGMA uretano modificado BisEMA TEGDMA	Vidro borossilicato de flúor alumínio e bário (1 µm) Sílica coloidal (0,04 µm)	-	-	0706128 070616	A1
FILTEK SUPREME 3M ESPE	BisGMA UDMA TEGDMA BisEMA	Zircônia/sílica (0,6 – 1,4 µm) Sílica (75 nm)	78,5%	59,5%	8FE	A1
GRANDIO Voco	BisGMA TEGDMA	Dióxido de silício (20 – 50 nm)	87%	71,4%	0837088	A1
VENUS Heraeus Kulzer Hanau - Alemanha	BisGMA TEGDMA	Vidro de bário SiO ₂ (0,01 - 0,7 µm)	78%	61%	010121	A1

Quadro 4.1 – Composição das resinas compostas testadas

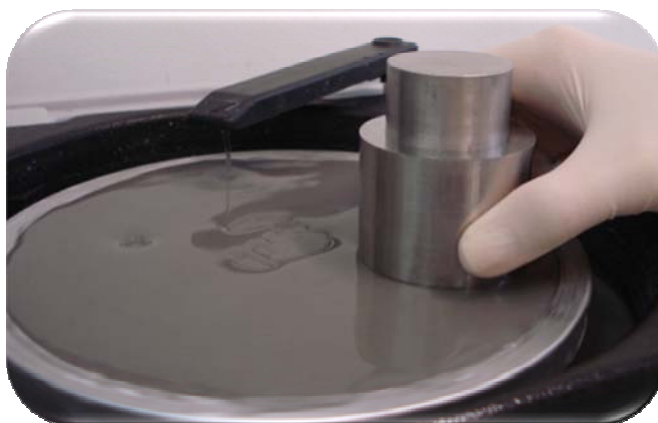


Figura 4.4 – Dispositivo utilizado no polimento dos espécimes

4.2 Mensuração da cor

Os efeitos do manchamento causado por substâncias corantes são medidos através do espectrofotômetro e expressados em unidades de ΔE , com valores menores indicando menos manchamento. O valor de ΔE representa as alterações relativas de cor que um observador pode relatar para materiais após um tratamento ou entre períodos de tempo⁴⁵.

Após o polimento, a cor dos espécimes foi aferida (L1) com espectrofotômetro Cintra 10 UV (Visible Spectrometer, GBC, Austrália – FAPESP nº 05159695-1) usando o sistema CIELab, pois este é adequado para determinar pequenas diferenças de cor⁷⁷.

Para tratar a variabilidade da luz do dia, a CIE definiu uma média para a luz do dia que possui uma temperatura de cor de 6500 K. O iluminante padrão D_{65} da CIE apresenta uma temperatura de cor equivalente a 6500 K e representa a média

da luz do dia³³. No entanto, uma vez que a avaliação da diferença de cor foi o objetivo deste estudo, a escolha do iluminante não é relevante^{10, 36}.

O método para avaliação da cor foi a reflectância⁴¹. Os parâmetros utilizados foram iluminante D65³³, com observador em 2° e fundo branco. Esta cor de fundo foi escolhida por apresentar melhores resultados com resinas translúcidas na avaliação da cor através da reflectância⁴¹. O intervalo de leitura foi de 380 a 780 nm, com passo de leitura de 9,6 nm.

4.3 Ciclagem térmica

Todos os espécimes foram submetidos à ciclagem térmica. O ISO 11405 determina que a ciclagem térmica entre 5°C e 55°C pode ser usada como simulador de envelhecimento. Os parâmetros do ISO 11405 incluem: 1) 500 ciclos, 2) tempo de imersão de pelo menos 20 segundos em cada banho e 3) tempo de transferência entre banhos de 5 a 10 segundos¹². Baseando-se nesses parâmetros, os espécimes foram termociclados (Nova Ética – Vargem Grande Paulista – Brasil) com temperaturas de 5 e 55°C, com tempo de imersão de 1 minuto, por 1000 ciclos em solução de 75% álcool-água. Esta solução foi escolhida como tentativa de provocar maior envelhecimento no compósito, uma vez que possui parâmetro de solubilidade mais próximo ao do BisGMA^{20, 22}. Após a ciclagem, todos os espécimes foram levados ao espectrofotômetro para leitura da cor (L2).

Após a ciclagem térmica, os espécimes foram mantidos imersos em água destilada a 37°C até completar o período de 7 dias da confecção das amostras. Esta

medida foi tomada para que a absorção de água no compósito chegasse próxima à saturação, o que ocorre por volta do 7º dia^{20, 60}.

4.4 Manchamento dos espécimes

Os espécimes, dentro de cada grupo, foram divididos em três subgrupos, cada um com n=12, de acordo com as soluções em que foram imersos: água destilada (controle), café e vinho tinto (Quadro 4.2).



Quadro 4.2 – Divisão dos grupos estudados

Para que o processo de manchamento acontecesse em uma única superfície do espécime, uma das faces e a superfície lateral do espécime foram isoladas com cera acrílica branca (Kota Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil). Então doze espécimes de cada resina foram imersos em 8 ml de água destilada, café (Nescafé Original, Nestlé, SP, Brasil) ou vinho tinto (13% vol. álcool - Santa Carolina, Reservado, Cabernet Sauvignon, D.O. Valle Central, Chile, 2006). Os espécimes foram mantidos imersos nas soluções corantes a 37°C por 14 dias³. As soluções foram trocadas diariamente⁴⁵. Para a confecção do café foram utilizados 3 g do pó do café para cada 100 ml de água destilada, conforme orientação do fabricante.

O café foi escolhido como um dos líquidos corantes por ser uma bebida bastante consumida e por causa da sua composição química. O café apresenta corantes amarelos com pequena polaridade, o que provoca um manchamento mais profundo na resina composta através dos processos de adsorção e absorção³. O vinho tinto foi escolhido porque, além de sua popularidade, é conhecidamente uma substância corante. Além disso, o álcool provoca uma degradação da superfície da resina composta, o que pode acelerar o manchamento do material⁶¹.

Ertas et al.³⁶ relatam que o armazenamento em café durante 24h equivale ao consumo médio da bebida no período de 1 mês. Portanto, simulamos o consumo médio em um período de 14 meses.

4.5 Re-polimento dos espécimes

Após o período de manchamento, os espécimes foram lavados com água destilada por 10 segundos. A cera foi removida e a superfície submetida ao manchamento passou por escovação com escova elétrica (Braun Oral-B – Procter & Gamble do Brasil S.A., Manaus, Brasil) por 30 segundos com pressão leve. Os espécimes foram lavados novamente com água destilada por 30 segundos. Em seguida, foram secos com papel absorvente e levados ao espectrofotômetro para medição da cor (L3).

Em seguida, os espécimes foram submetidos ao re-polimento. Inicialmente foi realizado um desgaste de 20 μm (D1) com lixa de granulação número 600 na politriz, com irrigação e velocidade de 50 rpm. Os espécimes foram posicionados e pressionados com o dispositivo que controla o peso aplicado sobre a amostra (Figura 4.4). A espessura do espécime foi controlada através do paquímetro digital. Após o primeiro re-polimento, os espécimes tiveram a cor mais uma vez aferida (L4).

Novamente, todos os espécimes foram submetidos a um segundo desgaste de 20 μm (D2) da mesma maneira já descrita e a cor aferida (L5). E por último, mais um desgaste de 20 μm (D3) foi realizado em todos os espécimes e cor foi medida (L6) no espectrofotômetro. Nos intervalos entre um desgaste e outro, os espécimes foram mantidos em água destilada para evitar a desidratação. Foram secos com papel absorvente somente no momento da leitura no espectrofotômetro.

O cálculo da diferença de cor foi realizado com os valores de L^* , a^* e b^* obtidos após a leitura inicial (L1) e após cada uma das outras leituras (L2, L3, L4, L5).

e L6). Dessa maneira foi possível comparar a diferença de cor dos espécimes através da fórmula CIEDE2000:

$$\Delta E_{00} = \{ [\Delta L' / (K_L S_L)]^2 + [\Delta C' / (K_C S_C)]^2 + [\Delta H' / (K_H S_H)]^2 + R_T [\Delta C' / (K_C S_C)] \times [\Delta H' / (K_C S_C)] \}^{1/2},$$

onde $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$ são as diferenças entre luminosidade, croma e matiz entre os dois espécimes comparados. S_L , S_C e S_H são as funções de pesagem para os componentes de luminosidade, croma e matiz, respectivamente. K_L , K_C e K_H são fatores paramétricos que são ajustados de acordo com os diferentes parâmetros de visualização.

Foram obtidos valores de ΔE_{00} para a diferença de cor entre a leitura inicial (L1) e:

- Após a ciclagem (L2)
- Após o manchamento (L3)
- Após o desgaste de 20 μm (L4)
- Após o desgaste de 40 μm (L5)
- Após o desgaste de 60 μm (L6)

Quanto menor o valor do ΔE_{00} , menor a diferença de cor entre a cor inicial do compósito e a cor apresentada após uma das fases listadas acima.

4.6 Análise estatística

A hipótese experimental (H_1) deste estudo foi que re-polimento realizado sobre os espécimes manchados seriam suficientes para eliminação do manchamento e recuperação da cor inicial do compósito. A hipótese de nulidade (H_0) foi que o manchamento apresentado pelos compósitos testados seria mais profundo do que os desgastes realizados, não possibilitando a recuperação da cor inicial do compósito.

A variável de resposta analisada foi a diferença de cor, representada por ΔE_{00} . Os dados apresentaram homogeneidade e normalidade, possibilitando a aplicação da análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Scheffé. Foi adotado o nível de significância de 5%.

Para a comparação do manchamento entre os compósitos, os dados não apresentaram homogeneidade e, portanto, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis e o teste Mann-Whitney com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Os dados foram tabulados e os valores de L^* , a^* e b^* foram classificados do menor para o maior em função do valor de b^* . Tal medida deveu-se ao fato de que b^* foi o que apresentou maior alteração com o processo de manchamento. A diferença de cor foi calculada através da fórmula CIEDE2000. Os grupos submetidos ao manchamento com café e vinho tinto foram comparados ao grupo controle (água destilada). Para auxiliar o efeito proveniente da diminuição da espessura dos espécimes, o grupo imerso em água também foi submetido ao re-polimento. Assim, os espécimes dos subgrupos “café” e “vinho tinto” puderam ser comparados aos espécimes controle de igual espessura.

Para determinar se houve diferenças significativas de cor entre os grupos, os valores de ΔE_{00} foram analisados através da ANOVA (Tabela 5.1).

Para determinar entre quais grupos houve diferença estatisticamente significativa, o teste de Scheffé foi aplicado. Em todos os grupos, comparou-se o manchamento provocado por café ($MANC_{CAFÉ}$) e vinho tinto ($MANC_{VINHO}$) com o grupo controle. Além disso, comparou-se a cor entre os espécimes do grupo controle com os espécimes submetidos aos desgastes (D1, D2 e D3).

Nas tabelas 5.2 e 5.5, estão apresentados os valores de ΔE_{00} , nos diferentes tempos de leitura, das resinas 4 Seasons e Filtek Supreme. É possível observar que os valores de ΔE_{00} dos espécimes manchados com café e com vinho tinto apresentaram diferença estatisticamente significativa dos espécimes submetidos ao re-polimento. Este resultado mostra que o primeiro desgaste de 20 μm realizado apresentou cor semelhante à cor conquistada com o segundo (40 μm) e terceiro

desgastes (60 μm). Apesar do manchamento com vinho tinto ter apresentado valor maior de ΔE_{00} do que o manchamento com café, não houve diferença estatística entre eles.

Tabela 5.1 – Resultado da ANOVA na comparação dos valores de ΔE_{00}

		Soma dos Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	p
ΔE_{00} 4 Seasons	Entre os grupos	120.763	7	17.252	26.494	.000
	Dentro dos grupos	57.302	88	.651		
	Total	178.065	95			
ΔE_{00} EsthetX	Entre os grupos	606.946	7	86.707	185.327	.000
	Dentro dos grupos	41.172	88	.468		
	Total	648.117	95			
ΔE_{00} Grandio	Entre os grupos	132.645	7	18.949	49.407	.000
	Dentro dos grupos	33.751	88	.384		
	Total	166.396	95			
ΔE_{00} Supreme	Entre os grupos	365.140	7	52.163	60.686	.000
	Dentro dos grupos	75.640	88	.860		
	Total	440.780	95			
ΔE_{00} Venus	Entre os grupos	314.869	7	44.981	82.161	.000
	Dentro dos grupos	48.178	88	.547		
	Total	363.047	95			

Os valores de ΔE_{00} , nos diferentes tempos de leitura, dos compósitos Esthet X, Grandio e Venus estão apresentados nas tabelas 5.3, 5.4 e 5.6. O manchamento provocado pelo vinho foi significativamente maior do que o manchamento provocado pelo café. O re-polimento reduziu o manchamento e não houve diferença significativa de cor entre os espécimes após cada um dos desgastes realizados.

O gráfico 5.1 ilustra os valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura dos espécimes manchados com café e o gráfico 5.2 ilustra os valores dos espécimes manchados com vinho tinto.

Tabela 5.2 – Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta 4 Seasons

4 SEASONS			
Grupo	N	Subgrupo por $\alpha = .05$	
		1	2
D3_{VINHO}	12	.8483	
D3_{CAFÉ}	12	.9258	
D1_{CAFÉ}	12	1.1825	
D2_{CAFÉ}	12	1.3825	
D1_{VINHO}	12	1.4067	
D2_{VINHO}	12	1.7808	
MANC_{CAFÉ}	12		3.3558
MANC_{VINHO}	12		4.1033
Sig.		.343	.642

Tabela 5.3 – Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos De leitura de cor da resina composta Esthet X

ESTHET X				
Grupo	N	Subgrupo por $\alpha = .05$		
		1	2	3
D3_{VINHO}	12	.8058		
D3_{CAFÉ}	12	.9267		
D1_{CAFÉ}	12	.9367		
D2_{CAFÉ}	12	1.0175		
D1_{VINHO}	12	1.2525		
D2_{VINHO}	12	1.2783		
MANC_{CAFÉ}	12		3.1150	
MANC_{VINHO}	12			8.6383
Sig.		.894	1.000	1.000

Tabela 5.4 – Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta Grandio

GRANDIO				
Grupo	N	Subgrupo por $\alpha = .05$		
		1	2	3
D3_{VINHO}	12	.9733		
D3_{CAFÉ}	12	1.0008		
D1_{CAFÉ}	12	1.0767		
D2_{CAFÉ}	12	1.0942		
D1_{VINHO}	12	1.2050		
D2_{VINHO}	12	1.2542		
MANC_{CAFÉ}	12		2.9667	
MANC_{VINHO}	12			4.3925
Sig.		.989	1.000	1.000

Tabela 5.5 – Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta Filtek Supreme

FILTEK SUPREME				
Grupo	N	Subgrupo por $\alpha = .05$		
		1	2	
D3_{VINHO}	12	.7725		
D3_{CAFÉ}	12	1.1475		
D1_{CAFÉ}	12	1.2008		
D2_{CAFÉ}	12	1.2442		
D1_{VINHO}	12	1.3925		
D2_{VINHO}	12	1.7375		
MANC_{CAFÉ}	12		5.3200	
MANC_{VINHO}	12		6.0700	
Sig.		.489	.786	

Tabela 5.6 – Resultado dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura de cor da resina composta Venus

VENUS				
Grupo	N	Subgrupo por $\alpha = .05$		
		1	2	3
D3 _{VINHO}	12	.9992		
D3 _{CAFÉ}	12	1.1058		
D1 _{CAFÉ}	12	1.1392		
D2 _{CAFÉ}	12	1.1700		
D1 _{VINHO}	12	1.2217		
D2 _{VINHO}	12	1.2442		
MANC _{CAFÉ}	12		3.9333	
MANC _{VINHO}	12			6.2708
Sig.		.999	1.000	1.000

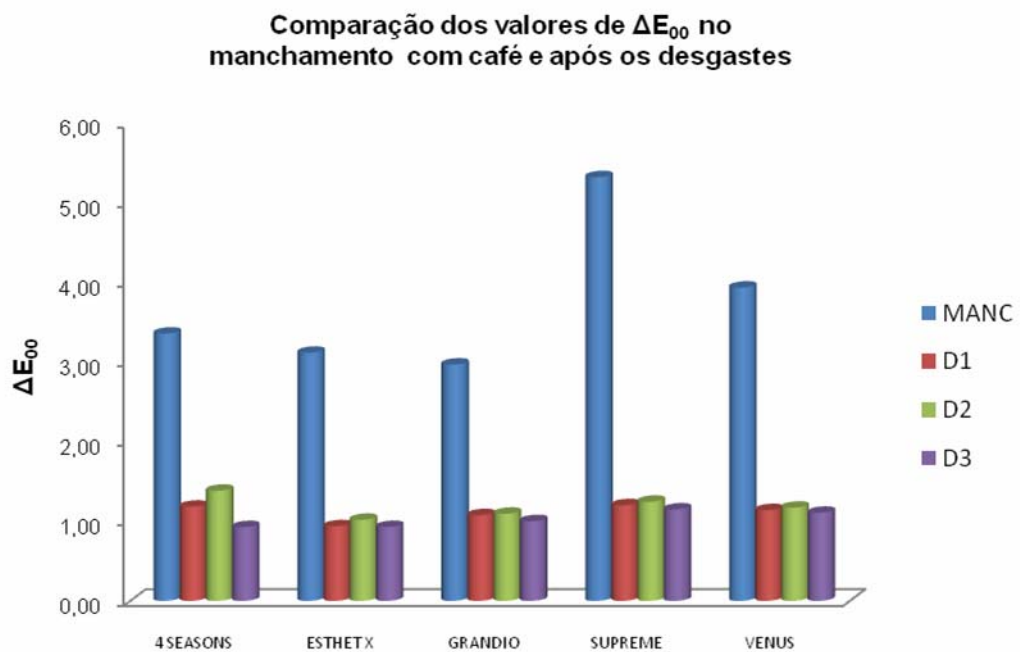


Gráfico 5.1 – Ilustração dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura dos compósitos manchados com café

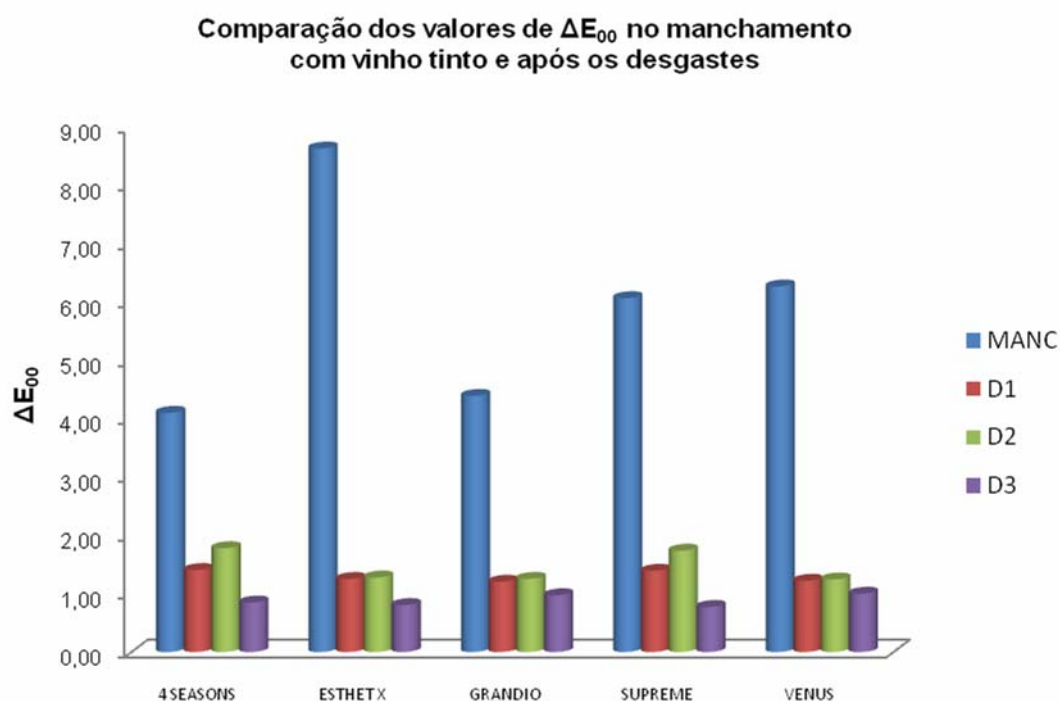


Gráfico 5.2 – Ilustração dos valores de ΔE_{00} nos diferentes tempos de leitura dos compósitos manchados com vinho tinto

Para analisar se houve alteração de cor após a ciclagem térmica foi aplicada a ANOVA. Na tabela 5.7 está presente o resultado da ANOVA com as médias dos valores de ΔE_{00} obtidos da comparação de cor entre a leitura inicial e a leitura de cor após a ciclagem térmica.

Tabela 5.7 – Resultado da ANOVA da comparação de cor entre a leitura inicial e a leitura após a ciclagem térmica

	N	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	ERRO PADRÃO	95% Intervalo de confiança para a média	
					Limite inferior	Limite superior
4SEASONS	36	1.3107	.79275	.13212	1.0424	1.5789
ESTHETX	36	1.2968	.55982	.09330	1.1074	1.4862
GRANDIO	36	1.6730	.76882	.12814	1.4129	1.9331
SUPREME	36	1.1178	.47268	.07878	.9579	1.2777
VENUS	36	1.7242	.68015	.11336	1.4941	1.9544
Total	180	1.4245	.69940	.05213	1.3216	1.5274

Como a ANOVA mostrou que houve diferença significativa entre os grupos, o teste de Scheffé foi aplicado. O resultado está apresentado na tabela 5.8. O gráfico 5.3 ilustra a comparação da alteração de cor após a ciclagem térmica entre os diferentes compósitos.

Tabela 5.8 – Resultado do teste de Scheffé na comparação dos valores de ΔE_{00} obtidos da comparação da inicial e após ciclagem térmica. Valores de ΔE_{00} presentes na mesma coluna não apresentam diferença significativa

GRUPO	N	Subgrupo por $\alpha = .05$	
		1	2
SUPREME	36	1.1178	
ESTHET X	36	1.2968	1.2968
4 SEASONS	36	1.3107	1.3107
GRANDIO	36		1.6730
VENUS	36		1.7242
SIG.	36	.825	.121

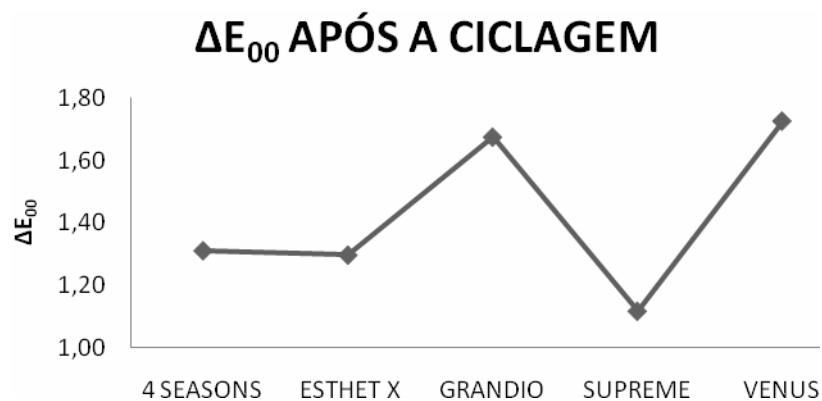


Gráfico 5.3 – Comparação dos valores de ΔE_{00} (inicial x ciclagem térmica) entre os compósitos testados

A comparação do manchamento por café e vinho tinto nos diferentes compósitos foi realizada através dos testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney e está apresentado na tabela 5.9. A ilustração da comparação dos

valores de ΔE_{00} manchamento com café e vinho tinto entre os compósitos está representada nos gráficos 5.4 e 5.5, respectivamente.

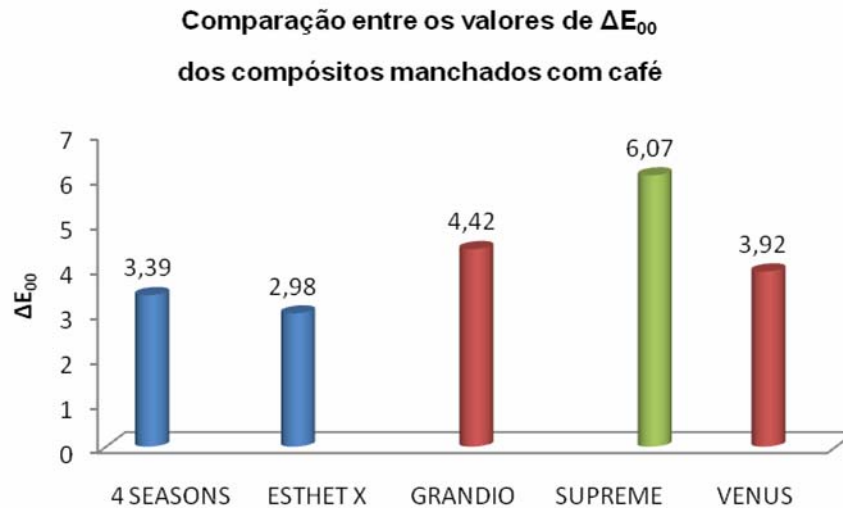


Gráfico 5.4 – Comparação dos valores de ΔE_{00} dos compósitos manchados com café. Colunas de mesma cor não apresentam diferença significativa entre elas

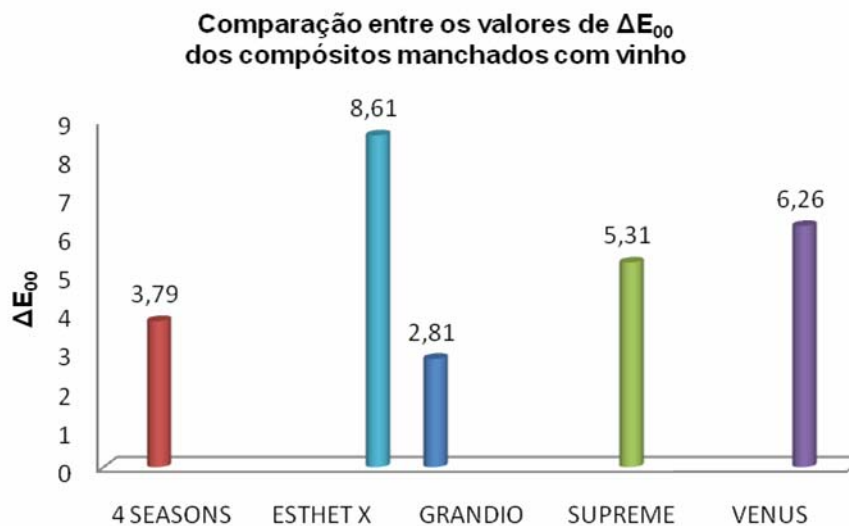


Gráfico 5.5 – Comparação dos valores de ΔE_{00} dos compósitos manchados com vinho tinto

Tabela 5.9 – Resultado do teste de Mann-Whitney na comparação dos valores de ΔE_{00} do manchamento com café e vinho tinto. Médias de ΔE_{00} presentes nas mesmas colunas não apresentam diferença estatisticamente significativa

Grupo	N	Subgrupo por $\alpha = .05$					
		1	2	3	4	5	6
GRANDIO _{VINHO}	12	2.81					
ESTHET X _{CAFÉ}	12	2.98	2.98				
4 SEASONS _{CAFÉ}	12		3.39				
4 SEASONS _{VINHO}	12		3.79	3.79			
VENUS _{CAFÉ}	12			3.92			
GRANDIO _{CAFÉ}	12			4.42			
SUPREME _{VINHO}	12				5.31		
SUPREME _{CAFÉ}	12					6.07	
VENUS _{VINHO}	12					6.26	
ESTHET X _{VINHO}	12						8.61
SIG.	120	0,094	0,065	0,065	1	0,525	1

6 DISCUSSÃO

A troca constante de restaurações tem preocupado alguns clínicos e pesquisadores. A exigência crescente pela estética tem feito com que pacientes e até mesmo profissionais não tolerem a alteração de cor das restaurações estéticas. Uma das principais causas de troca de restaurações de resina composta em dentes anteriores é o manchamento adquirido pelo material^{5, 6, 8, 9}.

As alterações de cor podem ser causadas por fatores intrínsecos ou extrínsecos. Os fatores extrínsecos estão diretamente relacionados à dieta do paciente^{68, 74}. O impacto de uma bebida nas propriedades de um compósito pode ser diretamente relacionado com a quantidade e frequência de ingestão da mesma^{65, 68, 74}. Neste estudo optou-se por testar o manchamento dos compósitos com café e vinho tinto, que são bebidas de consumo freqüente. Os espécimes foram submetidos a um processo de envelhecimento prévio ao processo de manchamento.

A degradação dos compósitos no ambiente bucal envolve, além das forças mastigatórias e abrasivas, a degradação química. *In vivo*, as resinas compostas podem ser expostas intermitente ou continuamente a agentes químicos encontrados na saliva, alimentos e bebidas. O ambiente químico é um aspecto do ambiente bucal, que pode ter uma influência considerável na degradação *in vivo* dos compósitos²⁴. Sabe-se que durante o consumo de bebidas e alimentos, os materiais restauradores são expostos ao estresse térmico²⁹. Todos esses estímulos tendem a degradar a resina composta, principalmente a matriz orgânica, o que pode diminuir suas propriedades mecânicas^{1, 25} e aumentar a susceptibilidade do compósito ao manchamento^{29, 69}.

Neste estudo, a ciclagem térmica foi realizada com solução de 75% álcool-água²⁰ numa tentativa de envelhecer vigorosamente a resina composta e simular a susceptibilidade ao manchamento de um material que já estivesse em condições bucais há algum tempo. Para isso o material foi exposto às alterações de temperatura simultaneamente à ação da solução de álcool. A solução 75% álcool-água tem sido o solvente de escolha para simular envelhecimento acelerado de restaurações por possuir um parâmetro de solubilidade parecido com o BisGMA^{22, 24}.

É difícil estabelecer quanto tempo de envelhecimento *in vitro* equivaleria às condições de envelhecimento *in vivo*¹³. Como alguns artigos^{12, 25, 27} mostram que o número de ciclos não é significativo para o resultado, optou-se por submeter os espécimes a 1000 ciclos^{12, 25} com temperaturas de 5 e 55°C. Essas temperaturas foram escolhidas por serem extensivamente usadas em estudos publicados e por causa dos resultados apresentados por Mair¹⁴ que verificou a variação de temperatura durante a alimentação *in vivo*.

Uma observação importante é que os espécimes foram mantidos em água destilada a 37°C após a ciclagem térmica até que se completasse um período de 1 semana após a confecção dos mesmos e antes de se iniciar o processo de manchamento artificial. Este detalhe é importante porque grande parte da absorção de água que o compósito sofre ocorre na 1ª semana, chegando próximo à saturação²⁰. Alguns autores^{53, 60} relatam a hipótese de a absorção de água estar diretamente relacionada ao manchamento da resina composta. Satou⁵³ mostrou que os espécimes que foram imersos em água previamente ao processo de manchamento apresentaram menor alteração de cor. Os autores acreditam que para que o experimento fosse mais próximo da realidade, não poderiam submeter o

material a um processo intenso de manchamento antes que ele se aproximasse da saturação da absorção de água.

O envelhecimento hidrotérmico torna a superfície do compósito mais susceptível ao desgaste e à futura degradação. A profundidade com que essas reações acontecem depende da profundidade de penetração dos fluidos. Isso é determinado pelo coeficiente de difusão, que é sensível à alteração de temperatura¹⁴. O principal efeito da ciclagem térmica em estudo realizado por Mair¹⁴ foi aumentar a profundidade de difusão, que confirma a dependência do coeficiente de difusão na temperatura.

O envelhecimento em solução 75% álcool-água não é clinicamente realista. Os efeitos deletérios causados pela imersão nessa solução podem levar diversos meses ou anos para acontecer no ambiente bucal, uma vez que as restaurações entram em contato com alimentos e bebidas brevemente e a higiene é realizada com frequência. O teste *in vitro* acelerado, no entanto, proporciona informações importantes do desempenho dos compósitos *in vivo*.²⁰.

A ciclagem térmica causou alteração de cor nos compósitos testados. A resina composta que apresentou menor alteração de cor foi a Filtek Supreme. A Esthet X e a 4 Seasons não apresentaram diferença significativa em relação à Filtek Supreme. Esthet X e 4 Seasons também não apresentaram diferença significativa em relação à Grandio e Venus. Este resultado está de acordo com o relato de Lee e Lee³¹ que avaliaram a alteração nos parâmetros ópticos de oito resinas compostas. Eles constataram que houve mudança de cor em todos os materiais testados e os resultados foram dependentes da marca do compósito.

Quando se relata que a resina composta sofreu alteração de cor significa que o espectrofotômetro foi capaz de detectar que o material sofreu essa alteração. No

entanto, isso não significa que essa mudança seja perceptível ao olho humano. Há um valor de ΔE_{ab} limite que indica quando uma alteração de cor é perceptível ao olho humano. Não existe um consenso em relação a esse valor, porém muitos autores^{42, 46, 66, 67, 69, 70, 72-74} adotam o valor de 3.3 como sendo o limite aceitável clinicamente. Ou seja, uma diferença de cor acima de 3.3 indica que a alteração é perceptível e, portanto, clinicamente inaceitável.

No presente estudo foi adotada a fórmula CIEDE2000 (ΔE_{00}), que é recomendada na avaliação da cor das resinas compostas^{37, 38}. A fórmula de diferença de cor propõe-se a fornecer uma representação quantitativa (ΔE) da diferença de cor percebida entre um par de amostras coloridas sob condições experimentais. Os valores de ΔE relatados na literatura do que seria clinicamente aceitável dizem respeito à fórmula do CIELab, de 1976 (ΔE_{ab}). Perez et al.³⁷ realizou um estudo que estabeleceu que há correlações significativas entre ΔE_{ab} e ΔE_{00} . No entanto, dependendo dos parâmetros estudados, é impossível encontrar uma única relação entre as duas fórmulas. Lee³⁹ relata a necessidade de realização de um estudo aprofundado que relacione os valores de diferença de cor obtidos com a fórmula CIEDE2000 com respostas de observadores humanos para que seja possível chegar a um valor que seja clinicamente relevante. Assim, neste trabalho comparam-se valores de ΔE_{00} , porém não é possível relacioná-los com a clínica odontológica.

Neste estudo, os cálculos de diferença de cor foram realizados com as fórmulas CIELab e CIEDE2000 para efeito de comparação. Comparando-se os resultados obtidos com o cálculo da diferença de cor com as duas fórmulas, constatou-se que os valores de ΔE_{00} apresentam-se aproximadamente 30% menores que os valores

de ΔE_{ab} . Porém, esse dado não é científico e, portanto, não pode ser usado na análise dos dados, sendo útil apenas como uma referência.

Na comparação dos resultados obtidos com as duas fórmulas é possível constatar-se que a fórmula CIEDE2000 foi capaz de detectar pequenas diferenças de cor que a fórmula CIELab não foi, o que está de acordo com o relato de Lee³⁹.

Todos os artigos que estudam manchamento das resinas compostas concordam que este material apresenta alteração de cor quando submetidos a determinados alimentos. Na clínica odontológica é comum a presença de restaurações de resina compostas manchadas. Por isso a preocupação deste trabalho em tentar observar em que profundidade esse manchamento acontece. Havia a suposição de que o manchamento ocorre somente na camada mais superficial da resina. Dessa maneira o re-polimento seria uma possibilidade de remoção da alteração de cor evitando a troca precoce da restauração. Para isso foram realizados três desgastes de 20 μm e a avaliação da cor após cada um desses desgastes. Os valores de ΔE_{00} diminuíram significativamente após o primeiro desgaste de 20 μm e se mantiveram estáveis após os outros dois desgastes. Este resultado confirma que o manchamento ocorre em uma camada bastante superficial, menor de 20 μm , sendo possível realizar a remoção desta camada com o re-polimento. Alguns estudos já haviam sugerido que o re-polimento seria capaz da remoção do manchamento superficial dos compósitos. No entanto, as técnicas de manchamento utilizadas nessas pesquisas diferem da metodologia aplicada no presente estudo.

Mair⁵⁴ avaliou a permeabilidade dos compósitos através do manchamento com nitrato de prata. Observou-se que o nitrato de prata atingiu uma profundidade

que variou de 20 a 65 μm , dependendo do material. Já Ferracane, Condon e Mitchem⁵⁵, em 1992, avaliaram a degradação provocada pelo polimento através da mesma técnica utilizada por Mair. Constataram que a profundidade de manchamento variou de 5 a 50 μm , dependendo do compósito. Dietschi et al., em 1994, submeterem os compósitos a diversos tratamentos pré-manchamento em eritrosina e avaliaram a profundidade de penetração do corante. A profundidade de manchamento variou de 5 a 40 μm . No entanto, os autores relatam que não é possível afirmar que a observação da profundidade seja fiel, pois existe uma limitação técnica nesta observação.

Mais recentemente, já com a preocupação de verificar se o re-polimento seria capaz de remover o manchamento presente na superfície das resinas compostas, Türkün e Türkün⁶⁰ testaram 3 sistemas de polimento e 1 sistema de clareamento. Os espécimes foram manchados em todos os lados e cada um dos procedimentos foi realizado nas faces opostas dos espécimes. Os autores relatam que a cor do compósito foi recuperada com o clareamento e foi recuperada em grande parte com o polimento dos espécimes, realizados após o processo de manchamento. Türkün e Leblebicioglu⁷¹ também realizaram o re-polimento de resinas para dentes posteriores após o manchamento. Os autores relatam que a cor foi recuperada quase totalmente com o polimento e sugerem, hipoteticamente, que o manchamento das resinas compostas deve penetrar entre 3 e 5 μm . No entanto, os autores não revelam como chegaram a esse valor. É importante notar que os espécimes foram submetidos ao processo de manchamento 24 horas após a confecção, sem passar por nenhum tipo de envelhecimento. Dietschi et al.⁵⁶ relatam que a ciclagem térmica aumenta a susceptibilidade dos compósitos ao manchamento.

O clareamento pode remover o manchamento das resinas compostas^{60, 69}. No entanto, só é possível utilizar-se desta técnica em restaurações extensas, uma vez que o procedimento deve restringir-se ao material, não atuando sobre o dente. Por isso, em muitos casos a solução mais conservadora para remoção do manchamento dos compósitos é provável que seja a realização do re-polimento.

Um e Ruyter³ realizaram estudo que aferiram o desgaste provocado pelo polimento. Constataram que a média de desgaste realizado durante o polimento variou de 15 a 35 μm . Os resultados do presente estudo mostram que a remoção de 20 μm superficiais pode ser suficiente para a remoção de um manchamento adquirido ao longo de um determinado tempo.

O polimento inicial realizado sobre o espécime é importante para a remoção da camada superficial rica em matriz orgânica, que é obtida pela presença da tira de poliéster⁴⁶. O uso da tira de poliéster, além de criar uma superfície bastante lisa, elimina a presença de uma camada superficial não polimerizada que seria provocada pela presença de oxigênio. No entanto, essa camada parece não possuir o mesmo grau de conversão que o restante do material resinoso. A superfície que tem um menor grau de polimerização pode apresentar maior manchamento⁶¹. Algumas pesquisas mostram que os espécimes que mantêm a superfície obtida pela matriz de poliéster apresentam maior manchamento do que os espécimes submetidos ao polimento^{45, 51, 61, 73}.

Neste estudo, o polimento não foi uma variável. Diversos estudos mostram que a realização do polimento é importante, porém o tipo de polimento não interfere na susceptibilidade ao manchamento^{45, 55, 59, 64}. Há relatos^{29, 59} de que a rugosidade superficial não é determinante no comportamento dos compósitos frente à ação das

soluções corantes. A composição orgânica e inorgânica são fatores mais relevantes na susceptibilidade de manchamento^{3, 36, 45, 64}.

Na avaliação do manchamento de todos os compósitos testados é possível observar que o café provocou menor alteração de cor do que o vinho tinto. Este resultado está de acordo com os estudos previamente publicados^{36, 61, 69}. No presente estudo, em alguns materiais (4 Seasons e Filtek Supreme), o manchamento com as duas soluções não apresentou diferença significativa e em outros (Esthet X, Grandio e Venus) o vinho provocou alteração de cor significativamente maior que o café.

Os processos de manchamento pelo café e pelo vinho tinto são distintos, apesar de não completamente conhecidos. O manchamento causado pelo café ocorre devido tanto à adsorção quanto absorção de corantes. As substâncias corantes menos polares presentes no café penetraram nos compósitos, provavelmente, porque essas substâncias são compatíveis com as matrizes poliméricas dos compósitos³. Já o álcool presente em algumas soluções, como o vinho tinto, pode afetar a integridade da superfície dos compósitos e aumentar a susceptibilidade ao manchamento⁶⁹.

Na comparação do manchamento entre os compósitos testados observa-se que os materiais se comportaram de maneira bastante diferente frente às duas soluções corantes. No manchamento com café, a resina composta que apresentou maior alteração de cor foi a Filtek Supreme, seguida de Grandio e Venus, que não apresentaram diferença estatística entre elas. Os materiais que apresentaram menor alteração de cor foram 4 Seasons e Esthet X, com valores de ΔE_{00} de 3,39 e 2,98, respectivamente, não havendo diferença significativa entre eles.

No manchamento com vinho tinto, a Esthet X foi a resina que apresentou maior alteração de cor seguida da Venus e da Filtek Supreme. A Grandio foi a resina que apresentou menor alteração de cor. Todos os materiais apresentaram resultados significativamente diferentes entre eles.

A resina Esthet X apresentou comportamento completamente oposto quando submetida ao manchamento com café e com vinho tinto. Não se conhece a fundo como ocorre o manchamento do polímero por essas soluções, por isso é difícil explicar a razão desse comportamento tão distinto de um mesmo compósito.

Sabe-se que o componente resinoso do compósito é a parte mais vulnerável ao manchamento^{61, 67}. Acredita-se que a alteração de cor das resinas compostas esteja diretamente relacionada com a absorção de água pelo material^{45, 59, 60, 67}.

A maioria dos artigos utiliza compósitos disponíveis comercialmente para examinar as diferentes propriedades dos materiais. No entanto, devido à extensa variedade de formulações dos compósitos comercialmente disponíveis, é difícil identificar os fatores da composição mais significantes que contribuem para as alterações nas propriedades dos materiais¹.

7 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada nesta pesquisa e dentro dos limites deste estudo *in vitro* é possível concluir que o manchamento provocado por café e vinho tinto nos compósitos avaliados foi superficial e um re-polimento com desgaste de 20 μm foi suficiente para remoção de tal manchamento.

REFERÊNCIAS ¹

1. Ferracane JL, Berge HX, Condon JR. In vitro aging of dental composites in water--effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J Biomed Mater Res* 1998 Dec 5;42(3):465-72.
2. Drummond JL, Botsis J, Zhao D, Samyn J. Fracture properties of aged and post-processed dental composites. *Eur J Oral Sci* 1998 Apr;106(2 Pt 1):661-6.
3. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int* 1991 May;22(5):377-86.
4. Kroeze HJ, Plasschaert AJ, van 't Hof MA, Truin GJ. Prevalence and need for replacement of amalgam and composite restorations in Dutch adults. *J Dent Res* 1990 Jun;69(6):1270-4.
5. Braga SR, Vasconcelos BT, Macedo MR, Martins VR, Sobral MA. Reasons for placement and replacement of direct restorative materials in Brazil. *Quintessence Int* 2007 Apr;38(4):e189-94.
6. Mjor IA, Moorhead JE. Selection of restorative materials, reasons for replacement, and longevity of restorations in Florida. *J Am Coll Dent* 1998 Fall;65(3):27-33.
7. Mjor IA, Moorhead JE, Dahl JE. Reasons for replacement of restorations in permanent teeth in general dental practice. *Int Dent J* 2000 Dec;50(6):361-6.
8. Tyas MJ. Placement and replacement of restorations by selected practitioners. *Aust Dent J* 2005 Jun;50(2):81-9; quiz 127.
9. Wilson NH, Burke FJ, Mjor IA. Reasons for placement and replacement of restorations of direct restorative materials by a selected group of practitioners in the United Kingdom. *Quintessence Int* 1997 Apr;28(4):245-8.

¹ De acordo com Estilo Vancouver. Abreviatura de periódicos segundo base de dados MEDILINE.

10. 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 Aug;94(2):118-24.
11. Gordan VV, Shen C, Riley J 3rd, Mjor IA. Two-year clinical evaluation of repair versus replacement of composite restorations. *J Esthet Restor Dent* 2006;18(3):144-53; discussion 154.
12. Burger KM, Cooley RL, Garcia-Godoy F. Effect of thermocycling times on dentin bond strength. *J Esthet Dent* 1992 Nov-Dec;4(6):197-8.
13. Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites. *J Esthet Restor Dent* 2004;16(2):117-26; discussion 126-17.
14. Mair LH. Surface permeability and degradation of dental composites resulting from oral temperature changes. *Dent Mater* 1989 Jul;5(4):247-55.
15. Yap AU, Chandra SP, Chung SM, Lim CT. Changes in flexural properties of composite restoratives after aging in water. *Oper Dent* 2002 Sep-Oct;27(5):468-74.
16. Karabela MM, Sideridou ID. Effect of the structure of silane coupling agent on sorption characteristics of solvents by dental resin-nanocomposites. *Dent Mater* 2008 Dec;24(12):1631-9.
17. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003 Feb;24(4):655-65.
18. Braden M, Causton EE, Clarke RL. Diffusion of water in composite filling materials. *J Dent Res* 1976 Sep-Oct;55(5):730-2.
19. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006 Mar;22(3):211-22.

20. Sideridou ID, Karabela MM, Bikiaris DN. Aging studies of light cured dimethacrylate-based dental resins and a resin composite in water or ethanol/water. *Dent Mater* 2007 Sep;23(9):1142-9.
21. Lee SY, Greener EH, Mueller HJ. Effect of food and oral simulating fluids on structure of adhesive composite systems. *J Dent* 1995 Feb;23(1):27-35.
22. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *J Dent Res* 1985 Nov;64(11):1326-31.
23. Sideridou ID, Achilias DS, Karabela MM. Sorption kinetics of ethanol/water solution by dimethacrylate-based dental resins and resin composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007 Apr;81(1):207-18.
24. Yap AU, Tan SH, Wee SS, Lee CW, Lim EL, Zeng KY. Chemical degradation of composite restoratives. *J Oral Rehabil* 2001 Nov;28(11):1015-21.
25. Kawano F, Ohguri T, Ichikawa T, Matsumoto N. Influence of thermal cycles in water on flexural strength of laboratory-processed composite resin. *J Oral Rehabil* 2001 Aug;28(8):703-7.
26. Yap AU, Wee KE. Effects of cyclic temperature changes on water sorption and solubility of composite restoratives. *Oper Dent* 2002 Mar-Apr;27(2):147-53.
27. Smisson DC, Diefenderfer KE, Strother JM. Effects of five thermal stressing regimens on the flexural and bond strengths of a hybrid resin composite. *Oper Dent* 2005 May-Jun;30(3):297-303.
28. Göhring TN, Gallo L, Luthy H. Effect of water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass-fibers on the flexural strength of veneering composite. *Dent Mater* 2005 Aug;21(8):761-72.
29. Minami H, Hori S, Kurashige H, Murahara S, Muraguchi K, Minesaki Y, et al. Effects of thermal cycling on surface texture of restorative composite materials. *Dent Mater J* 2007 May;26(3):316-22.

30. Sideridou ID, Karabela MM, Vouvoudi E. Dynamic thermomechanical properties and sorption characteristics of two commercial light cured dental resin composites. *Dent Mater* 2008 Jun;24(6):737-43.
31. Lee SH, Lee YK. Effect of thermocycling on optical parameters of resin composites by the brand and shade. *Am J Dent* 2008 Dec;21(6):361-7.
32. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004;32 Suppl 1:3-12.
33. Burkinshaw SM. Colour in relation to dentistry. *Fundamentals of colour science*. *Br Dent J* 2004 Jan 10;196(1):33-41; discussion 29.
34. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *J Prosthet Dent* 2001 Nov;86(5):453-7.
35. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater* 1997 May;13(3):179-85.
36. Ertas E, Guler AU, Yucel AC, Koprulu H, Guler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* 2006 Jun;25(2):371-6.
37. Perez Mdel M, Saleh A, Yebra A, Pulgar R. Study of the variation between CIELAB delta E* and CIEDE2000 color-differences of resin composites. *Dent Mater J* 2007 Jan;26(1):21-8.
38. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl* 2001 Oct;26(5):340-50.
39. Lee YK. Comparison of CIELAB DeltaE(*) and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dent Mater* 2005 Jul;21(7):678-82.
40. Lee YK, Powers JM. Comparison of CIE lab, CIEDE 2000, and DIN 99 color differences between various shades of resin composites. *Int J Prosthodont* 2005 Mar-Apr;18(2):150-5.

41. Powers JM, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of denture resins. *J Dent Res* 1977 Nov;56(11):1331-5.
42. Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. *Dent Mater* 2006 Jan;22(1):63-8.
43. 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 Jun;112(3):280-5.
44. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater* 2003 Nov;19(7):612-9.
45. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Oper Dent* 2008 Jul-Aug;33(4):413-20.
46. Gaintantzopoulou M, Kakaboura A, Vougiouklakis G. Colour stability of tooth-coloured restorative materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2005 Jun;13(2):51-6.
47. de Gee AJ, ten Harkel-Hagenaar E, Davidson CL. Color dye for identification of incompletely cured composite resins. *J Prosthet Dent* 1984 Nov;52(5):626-31.
48. Okte Z, Villalta P, Garcia-Godoy F, Lu H, Powers JM. Surface hardness of resin composites after staining and bleaching. *Oper Dent* 2006 Sep-Oct;31(5):623-8.
49. Chan KC, Fuller JL, Hormati AA. The ability of foods to stain two composite resins. *J Prosthet Dent* 1980 May;43(5):542-5.
50. Douglas WH, Craig RG. Resistance to extrinsic stains by hydrophobic composite resin systems. *J Dent Res* 1982 Jan;61(1):41-3.

51. Hachiya Y, Iwaku M, Hosoda H, Fusayama T. Relation of finish to discoloration of composite resins. *J Prosthet Dent* 1984 Dec;52(6):811-4.
52. Asmussen E, Hansen EK. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. *Scand J Dent Res* 1986 Apr;94(2):174-7.
53. Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dent Mater* 1989 Nov;5(6):384-7.
54. Mair LH. An investigation into the permeability of composite materials using silver nitrate. *Dent Mater* 1989 Mar;5(2):109-14.
55. Ferracane JL, Condon JR, Mitchem JC. Evaluation of subsurface defects created during the finishing of composites. *J Dent Res* 1992 Sep;71(9):1628-32.
56. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dent Mater* 1994 Nov;10(6):353-62.
57. Vieira GF, Morimoto S, Arakaki Y. Color stability of three packable composites (P-60, Solitaire, Surefil) and two universal composites (Charisma, Z-250). *Dent Mater J SNU* 2001;11(1):87-98.
58. Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater* 2001 Jan;17(1):87-94.
59. 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 Jan;19(1):12-8.
60. 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(5):290-301; discussion 301-2.

61. 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; quiz 654.
62. Park SH, Noh BD, Ahn HJ, Kim HK. Celluloid strip-finished versus polished composite surface: difference in surface discoloration in microhybrid composites. *J Oral Rehabil* 2004 Jan;31(1):62-6.
63. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *J Esthet Restor Dent* 2005;17(2):102-8; discussion 109.
64. 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 Apr;16(4):347-53.
65. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent* 2005 Mar-Apr;30(2):213-9.
66. Lee YK, Powers JM. Discoloration of dental resin composites after immersion in a series of organic and chemical solutions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005 May;73(2):361-7.
67. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent* 2005 May;33(5):389-98.
68. Omata Y, Uno S, Nakaoki Y, Tanaka T, Sano H, Yoshida S, et al. Staining of hybrid composites with coffee, oolong tea, or red wine. *Dent Mater J* 2006 Mar;25(1):125-31.
69. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent* 2006 Feb;95(2):137-42.

70. Fujita M, Kawakami S, Noda M, Sano H. Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food-simulating solutions. *Dent Mater J* 2006 Jun;25(2):352-9.
71. Türkün LS, Leblebicioglu EA. Stain retention and surface characteristics of posterior composites polished by one-step systems. *Am J Dent* 2006 Dec;19(6):343-7.
72. Yazici AR, Celik C, Dayangac B, Ozgunaltay G. The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. *Oper Dent* 2007 Nov-Dec;32(6):616-22.
73. Lee YK, Lu H, Oguri M, Powers JM. Changes in color and staining of dental composite resins after wear simulation. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007 Aug;82(2):313-9.
74. Samra AP, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res* 2008 Jul-Sep;22(3):205-10.
75. Goncalves F, Calheiros FC, Witzel MF, Kawano Y, Braga RR. Effect of photoactivation protocol and radiant exposure on monomer conversion and flexural strength of a resin composite after water and ethanol storage. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007 Jul;82(1):89-92.
76. Koishi Y, Tanoue N, Matsumura H, Atsuta M. Colour reproducibility of a photo-activated prosthetic composite with different thicknesses. *J Oral Rehabil* 2001 Sep;28(9):799-804.
77. Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence Int* 1991 Sep;22(9):733-7.