



PATRÍCIA ALEIXO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA FONTE DE LUZ NA ESTABILIDADE DE COR
DE RESINA COMPOSTA. EFEITO DOS MEIOS E TEMPOS DE
IMERSÃO**

Araraquara

2008

PATRÍCIA ALEIXO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA FONTE DE LUZ NA ESTABILIDADE DE COR
DE RESINA COMPOSTA. EFEITO DOS MEIOS E TEMPOS DE
IMERSÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dentística Restauradora, da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Dentística Restauradora.

Orientadora: *Prof^a. Dr^a. Patrícia P. N. Sasso Garcia*

Co-orientadora: *Prof^a. Dr^a. Regina Guenka Palma-Dibb*

Araraquara

2008

Santos, Patrícia Aleixo dos

Influência da fonte de luz na estabilidade de cor de resina composta. Efeito dos meios e tempos de imersão / Patrícia Aleixo dos Santos. – Araraquara : [s.n.], 2008.

83 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia

Co-orientadora: Profa. Dra. Regina Guenka Palma-Dibb

1. Resinas compostas 2. Agentes corantes 3. Tecnologia odontológica I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley Cristina Chiusoli Montagnoli CRB 8/5646

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Araraquara / UNESP

PATRÍCIA ALEIXO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA FONTE DE LUZ NA ESTABILIDADE DE COR DE RESINA
COMPOSTA. EFEITO DOS MEIOS E TEMPOS DE IMERSÃO**

COMISSÃO JULGADORA

TESE PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR

Presidente e Orientador: Prof^ª Dr^ª Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia

2º Examinador: Prof^ª Dr^ª Flávia Magnani Bevilacqua

3º Examinador: Prof^ª Dr^ª Silmara Aparecida Milori Corona

4º Examinador: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

5º Examinador: Prof. Dr. Welington Dinelli

Araraquara, 13 de março de 2008.

Dados Curriculares

Nascimento	26 de janeiro de 1979
Filiação	Odimar Achilles Soares dos Santos Ana Maria Aleixo dos Santos
Naturalidade	Osasco - SP
1998 /2001	Curso de Graduação em Odontologia na Faculdade de Odontologia de Araraquara – Universidade Estadual Paulista, Araraquara - SP.
2003/2005	Curso de Pós-Graduação em Dentística, nível Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo, Bauru – SP.
2004	Estágio Docência em Dentística na Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo, Bauru – SP.
2005/2008	Curso de Pós-Graduação em Dentística Restauradora, nível Doutorado, a Faculdade de Odontologia de Araraquara - Universidade Estadual Paulista, Araraquara - SP.
2006/2007	Responsável pelas disciplinas de Deontologia, Odontologia em Saúde Coletiva, Odontologia Legal, Orientação Profissional e Estágios Supervisionados no curso de Graduação em

Odontologia no Centro Universitário de Araraquara –
UNIARA, Araraquara - SP.

Associações

SBPqO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica
GBPD – Grupo Brasileiro de Professores de Dentística

DEDICATÓRIA

A **Deus**, pelo dom da vida,
por iluminar meu caminho, dando-me paz e serenidade,
pois sempre será meu refúgio nas horas difíceis.

Aos meus pais **Ana Maria e Odimar**
pelo incessante crédito depositado em mim,
pelo amor, pela dedicação e paciência nas dificuldades e
por permanecerem sempre ao meu lado em todos os momentos.
Seus ensinamentos fazem parte da minha vida!

Ao meu querido noivo **Ricardo**,
por fazer parte da minha vida e compartilhar das minhas maiores felicidades,
dedicando-me carinho, paciência, confiança, lealdade e amor! Obrigada por
ser tão companheiro e solidário nesta etapa. *Amo você!*

AGRADECIMENTOS

A minha irmã **Daniella**, meu cunhado **Wagner** e minha sobrinha **Catharina**,
pelo incentivo, apoio, carinho e compreensão. Apesar da distância,
vocês também participaram desta jornada. Obrigada!

Aos meus “novos” familiares, **Cristina, Ricardo, Eduardo e Rafael**,
pela convivência, pelo acolhimento e pelo carinho dedicados a mim.

Obrigada por serem pessoas tão especiais!

A **todos os meus amigos**, que mesmo distantes, compreenderam
as dificuldades de estar mais presente em suas vidas
pela necessidade de me dedicar a este trabalho.

Agradeço o carinho e o incentivo!

À Faculdade de Odontologia de Araraquara, representada pela diretora Prof^ª. Dr^ª. Rosemary Adriana Chierici Marcantônio e pelo vice-diretor Prof. Dr. José Cláudio Martins Segalla, pelas oportunidades proporcionadas aos alunos desta faculdade, sempre incentivando o desenvolvimento da pós-graduação. A infraestrutura oferecida por esta instituição foi de extrema importância no desenvolvimento e na conclusão deste, assim como, de muitos outros trabalhos.

Agradeço à minha co-orientadora, **Prof^ª. Dr^ª. Regina Guenka Palma-Dibb** que muito me ensinou durante todo o tempo em que trabalhamos juntas. Exemplo de sabedoria, paciência, bondade e perseverança. Seus ensinamentos foram para mim o início da visão de um grande horizonte a minha frente. Obrigada também pela amizade!

À Prof^ª. Dr^ª. Juliana Alvares Duarte Bonini Campos, agradeço de coração por ter-me confiado a continuidade de seus projetos, sem medo de deixar para trás um trabalho digno, honesto e de muito valor. Espero ter atendido às suas expectativas e acima de tudo, ter a oportunidade de trabalhar com você em outros grandes ideais.

Ao **Prof. Dr. Welington Dinelli**, este que dentro de sua amabilidade e candura com todos, estendeu a mim uma mão amiga, confiou em meu trabalho e se tornou um grande amigo. Sua serenidade, energia e bom humor fizeram de dias difíceis uma dádiva de ser vivida! Um exemplo de competência a ser seguido. Obrigada pelo respeito e carinho!

Aos **professores do Departamento de Odontologia Restauradora**, Profs. Drs. Marcelo Ferrarezi de Andrade, Maria Salete Machado Cândido, Osmir Batista de Oliveira, Sillas Luiz Lordelo Duarte, Sizenando de Toledo Porto Neto e em especial a José Roberto Cury Saad pela oportunidade de desenvolver conhecimentos na área que escolhi seguir e, principalmente, por incentivarem o crescimento profissional, com ética, respeito e dignidade.

Aos **funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora**, “Marinho”, Creuza, Vanderlei, Cidas e Adriana pela simplicidade, alegria e paciência. Cada um de vocês colaborou imensamente na minha trajetória acadêmica. Obrigada!

Aos **professores do Departamento de Odontologia Social**, especialmente às Profas. Dras. Camila Pinelli, Edivani Aparecida Vicente Dotta, Leonor de Castro Monteiro Lofredo, Fernanda Lopez Rosell, Andréia Affonso Barretto Montandon e Mônica da Costa Serra.

Aos **funcionários do Departamento de Odontologia Social**, Cristina, Elizete, Margareth, Marcos, Gláucia, Celinha e especialmente a Giselda que acompanharam minha jornada na pós-graduação culminando com a conclusão desta pesquisa. Agradeço a educação, carinho com que me trataram durante toda a minha convivência nesta “casa”.

Ao **Cláudio Tita**, um grande amigo e conselheiro, com que passei bons momentos de trabalho e descontração. Com você aprendi a ter mais paciência, medir atos e palavras. Sua presença nesta fase foi muito importante e jamais será esquecida, pois estive apoiando-me em muitas novas experiências de vida que me servirão de lição para as novas etapas que ainda enfrentarei. Você é uma pessoa muito especial!

Aos **funcionários Edson e Ricardo** do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP por nos auxiliarem no aprendizado da utilização dos equipamentos e disponibilizarem seu tempo para nos atender.

Ao **Departamento de Materiais da Universidade de São Carlos – UFSCar**, na pessoa de **Jonathas e Helena**, que permitiram a utilização do equipamento de Microscopia Eletrônica de Varredura e do EDX para execução de parte da pesquisa.

Aos **Profs. Drs. Gelson Luis Adabo e Ana Lúcia Machado**, do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese por permitirem a utilização dos equipamentos disponíveis no laboratório de pesquisa para complementação dos ensaios planejados para este estudo.

Aos **funcionários da biblioteca**, Adriano, Maria Inês, Eliane, Silvia, Marley e, principalmente, à Maria Helena, que empregaram seu tempo em auxiliar a realização de levantamentos, pesquisas bibliográficas, correções, enfim, todo o trabalho que, muitas vezes fica escondido, mas que faz parte do aprimoramento e finalização de uma tese. Parabéns pelo profissionalismo, bom atendimento e tratamento dado a todos que adentram a biblioteca.

Aos **funcionários da Seção de Pós-Graduação**, Mara, Alexandre, Rosângela e Flávia, pelas orientações na condução das atividades do curso e no auxílio para resolver os problemas.

Aos colegas do curso de Doutorado, **Adriano, André, Caroline, Cristiane, Darlon, Elídio, Hugo e Martin**, e especialmente à amiga **Adriana**, pelo companheirismo, encontros e desencontros.

Aos **colegas da Pós-Graduação**, pela amizade, presteza, carinho e respeito.

Aos **alunos da graduação** pela amizade, empolgação e, principalmente, pela vontade de aprender que me impulsionou na tentativa de ensinar cada vez mais e melhor.

Em especial à **Michele**, aluna de pós-graduação, nível de Doutorado, a Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP, que muito me auxiliou na obtenção dos dados de MEV e microanálise do experimento, assim como, na interpretação dos mesmos. Agradeço de coração a sua disponibilidade, paciência e ajuda constante.

À **Maria Lúcia Carneseca Montoro** pela correção do português.

À **FAPESP**, pelo auxílio à pesquisa (processo nº05/57234-7) concedido para o desenvolvimento e concretização deste projeto. Somente com este incentivo pudemos adquirir os equipamentos e materiais empregados nesta pesquisa.

À **CAPES**, pelo financiamento da bolsa de Doutorado.

AGRADEÇO TAMBÉM...

Ao **Prof. Dr. João Carlos Gomes**, pela prontidão em nos ajudar com a utilização do Ultralume LED 5 no momento em que decidimos realizar o experimento, quando ainda não havíamos adquirido este equipamento. Obrigada pela atenção!

À **Ana Luisa**, que muito me auxiliou nesta pesquisa, disponibilizando seu tempo para executar os testes, sempre mostrando dedicação e paciência para me ajudar. Obrigada por tudo!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À minha orientadora, **Prof^a. Dr^a. Patrícia Petromilli Nordi Sasso Garcia**,
que me acompanha desde a graduação e sempre depositou em mim
a confiança para trabalhar juntas. Foi com você que eu aprendi
a seguir o exemplo de honestidade, ética, coragem e
perseverança no trabalho. Na vida pessoal, ganhei uma grande amiga
que transmite, em gestos e palavras, toda a sua bondade,
tranquilidade, paciência, carinho e energia de viver.
Muito obrigada pelo que você representou nessa caminhada,
pois o sucesso deste trabalho é fruto, não somente da
minha dedicação, mas também de seu compromisso!

"Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar; não apenas planejar, mas também acreditar." (Anatole France)

SUMÁRIO

RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 PROPOSIÇÃO.....	35
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1 Delineamento Experimental.....	37
3.2 Material.....	37
3.2.1 Equipamentos e materiais empregados.....	37
3.2.2 Meios de imersão.....	38
3.2.3 Espectrofotômetro de colorimetria.....	41
3.3 Método.....	43
3.3.1 Metodologia.....	43
3.3.2 Confeção dos espécimes.....	44
3.3.3 Obtenção dos valores de cor e alteração.....	45
3.3.4 Microscopia eletrônica de varredura e microanálise.....	46
3.3.5 Análise Estatística.....	47
4 RESULTADOS.....	50
4.1 Fontes de luz.....	50
4.2 Meios de Imersão.....	50
4.3 Tempo.....	52
4.4 Interação tempo e meio de imersão.....	54
4.5 Microscopia eletrônica de varredura e microanálise.....	57
5 DISCUSSÃO.....	62
6 CONCLUSÃO.....	73
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

RESUMO

Santos PA. Influência da fonte de luz na estabilidade de cor de resina composta. Efeito dos meios e tempos de imersão. [tese doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2008.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da fonte de luz na estabilidade de cor da resina composta nanoparticulada Filtek Supreme submetida a diferentes meios e tempos de imersão. Para isso, foram utilizadas três fontes de luz: um LED – UltraLume LED 5/ UltraDent; um aparelho de lâmpada halógena convencional – Curing Light XL 3000/ 3M/ESPE; e um de luz halógena de alta densidade de potência – Jet Lite 4000 Plus/ JMorita. Os espécimes (n=180) foram confeccionados em matriz de metal circular (10mm x 2mm) apoiada em placa de vidro e tira de poliéster. A resina composta foi inserida na matriz num único incremento e fotoativada por 40 segundos. Os espécimes foram divididos em três grupos (equipamento de fotopolimerização) e quatro subgrupos experimentais (meios de imersão: café, Coca-Cola[®], chá e saliva artificial). Os espécimes permaneceram imersos em saliva artificial por 24 horas e foram submetidos à análise da cor no espectrofotômetro de colorimetria (CB-6807 color-guide /BYK-Gardner) pelo sistema CIELab. A partir desse período, passaram a ser mergulhados nos diferentes meios por cinco minutos, três vezes ao dia, por 60 dias, e nos intervalos foram mantidos em estufa à $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. A leitura da alteração de cor foi realizada após 24 e 48 horas, 7, 14, 21, 30 e 60 dias do início da imersão. Os dados foram analisados pelo

teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para os fatores fonte de luz e meio de imersão ($p<0,05$), enquanto, para o fator tempo, utilizou-se o teste ANOVA a dois critérios e o teste de Fisher ($p<0,05$). Os resultados mostraram que, para o fator fonte de luz, o Ultralume LED 5 apresentou a menor alteração de cor em comparação aos aparelhos halógenos. Em relação ao meio de imersão, o café mostrou a maior alteração de cor e de luminosidade ($\Delta E=8,40$; $\Delta L=-5,21$), a Coca-Cola[®] apresentou os menores valores ($\Delta E=1,43$; $\Delta L=0,36$) e o chá e a saliva artificial obtiveram valores intermediários e semelhantes entre si ($\Delta E=2,13$; $\Delta L=-0,48$ e $\Delta E=1,73$; $\Delta L=0,96$, respectivamente). Assim, pode-se concluir que o Ultralume LED 5 foi a fonte de luz que apresentou melhores resultados quanto à estabilidade de cor, o café foi o meio de imersão que exerceu maior influência sobre a mesma e o tempo influenciou-a gradativamente até 30 dias.

Palavras-chave: Resinas compostas; agentes corantes; tecnologia odontológica.

ABSTRACT

Santos PA. Light sources influence on color stability of a composite resin. Immersion and time media effects. [tese doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2008.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of light sources on color stability of a composite resin and the effect of immersion media. In this test, three light sources were used: a conventional halogen curing light unit (XL3000 – 3M/ESPE), a high power density halogen unit (Jet Lite 4000 Plus – JMorita) and a high power density LED unit (Ultralume LED 5 - Ultradent). There were four media immersion: coffee, tea, Coke[®] and artificial saliva. One nanofilled composite resin was selected: Filtek Supreme. A stainless steel matrix (10mmx2mm) was used to prepare 180 specimens. After this, all specimens were immersed in artificial saliva for 24hs at 37°C ± 1°C and its initial color was measured with a spectrophotometer (Color Guide 45/0, BYKGardner) by CIELab system. Then, the specimens were divided into 4 subgroups according to each medium and were immersed in the respective medium three times a day during 5 minutes for 60 days. Color changes were recorded after 24hs, 48hs, 7, 14, 21, 30 and 60 days of immersion. Data from the color change and luminosity were analyzed and subjected to Kruskal-Wallis test to light source and immersion media factor ($p < 0,05$). To immersion time, data were subjected to two-way ANOVA test and Fisher's test ($p < 0,05$). The light source that more contributed to color stability was Ultralume LED 5. In relation to solutions, coffee caused an intense color alteration ($\Delta E = 8,40$; $\Delta L = -5,21$) and Coke[®] showed the

lowest color changes ($\Delta E=1,43$; $\Delta L=0,36$). Then, it might be concluded that Ultralume LED 5 was the light-curing unit that allowed better color stability and coffee was the immersion medium that promoted the highest influence on color stability of the studied composite resin.

Keywords: Composite resins; staining agents; dental technology.

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas fotoativadas são materiais restauradores estéticos bastante sensíveis à técnica de manipulação e, em função disso, atenção especial deve ser dada a sua ativação, uma vez que as suas características e propriedades finais dependem diretamente do seu grau de polimerização. A polimerização deficiente ou inadequada resulta em restaurações com propriedades físicas, mecânicas e biológicas insatisfatórias, podendo comprometer a sua estética e a sua qualidade. Assim, a polimerização dos compósitos dentais deve ser um importante aspecto a ser estudado pela Odontologia atual.

Alguns estudos^{1,15,29,35,46,53} observaram que vários são os fatores que influem no grau de polimerização das resinas compostas, o qual pode variar de acordo com a composição das mesmas, com a região do espectro emitido pela fonte de luz, com a densidade de potência da unidade fotoativadora, com o tempo de irradiação, com a distância entre ponteira-guia da fonte e material.

Além disso, Braden⁷ (1964), Santos⁴⁷ (1989) e Dunne et al.¹³ (1996) salientaram que as diferenças no grau de polimerização dos compósitos podem aumentar a absorção de água e a solubilidade do material, diminuindo a sua estabilidade de cor e proporcionando maior susceptibilidade ao manchamento, bem como o enfraquecimento da união resina/carga, afetando, conseqüentemente, a estética da restauração⁵¹.

Assim sendo, para que uma restauração estética apresente desempenho, longevidade e sucesso clínico satisfatórios, recomenda-se que o material de eleição apresente características intrínsecas adequadas³, específicas para cada procedimento⁶⁰ e que, além disso, sua polimerização seja ideal²⁸, estando este aspecto diretamente relacionado às unidades fotoativadoras e as suas formas de utilização.

Durante anos, os aparelhos de lâmpada halógena têm sido empregados como equipamento úteis de polimerização das resinas e são, até os dias atuais, os mais utilizados na prática odontológica por apresentarem uma tecnologia bastante conhecida e consagrada, embora suas desvantagens sejam enfatizadas entre os pesquisadores.^{6,16,23,51} Esses equipamentos, para a emissão da luz, dentro do espectro azul, com potência média de saída em torno de 200 mW/cm² a 400mW/cm², exigem um bulbo que emite luz branca e passa por um filtro dielétrico para eliminar comprimentos de onda indesejáveis.²⁹ Segundo Harrington et al.²⁰ (1996), esse processo de obtenção da luz azul resulta em perda demasiada de energia dissipada na forma de calor e exibe um feixe que carrega uma grande quantidade de luz fora da região espectral de interesse para a polimerização.

Muitos autores^{6,20,24,52} relataram na literatura que, embora seja bastante difundido entre os profissionais, o uso das unidades de lâmpada halógena apresenta algumas desvantagens como: alteração na emissão da luz e degradação da lâmpada, do refletor, do filtro e da fibra óptica devido às altas temperaturas produzidas, gerando modificações no espectro de emissão de luz e diminuição da potência de

saída com o tempo de uso. Isso, conseqüentemente, poderá ocasionar a diminuição na efetividade de polimerização do aparelho com o uso.

Contudo, o tempo de vida da lâmpada halógena é relativamente curto, cerca de 100 horas⁹, necessitando de reposição com regularidade para que seja evitada perda de potência do aparelho fotopolimerizador. Porém, poucos profissionais tomam o cuidado de realizar a manutenção adequada do bulbo e do filtro.³¹ Tal fato é preocupante, pois com a diminuição da intensidade de luz, a polimerização torna-se incompleta e, conseqüentemente, as resinas compostas terão suas propriedades afetadas.

As unidades de LED surgiram de uma base sólida de tecnologia e de alguns estudos^{12,16,32} inicialmente estabelecidos, que deram suporte para que fossem usadas na polimerização dos compósitos. Essas descobertas permitiram a exploração do LED na Odontologia, devido às suas possíveis vantagens sobre as tecnologias anteriores. Entretanto, estudos^{17,24,32} observaram que os primeiros aparelhos de diodo emissor de luz, por apresentarem baixa densidade de potência, não obtinham um desempenho clínico aceitável. Em função disso, houve a necessidade de polimerização da resina composta em pequenos incrementos e de aumento do tempo de ativação em relação aos aparelhos convencionais, sendo esse aumento realizado para compensar a menor energia total fornecida ao material durante a sua polimerização. De acordo com Price et al.⁴² (2003), Ribeiro et al.⁴⁴ (2003) e Santos⁴⁸ (2005), essas desvantagens não foram observadas quando os novos aparelhos com maior densidade de potência foram

desenvolvidos, tornando possível equiparar o seu desempenho com o dos aparelhos de lâmpada halógena.

Pode-se observar na literatura que os estudos relacionados ao comportamento dos compósitos quando fotoativados com as unidades de diodo emissor de luz têm sido direcionados à análise das propriedades físicas e mecânicas, como dureza superficial, resistência flexural e compressiva, grau de conversão monomérica, contração de polimerização, entre outras.^{30,52} Price et al.⁴² (2003) realizaram um estudo para comparar unidades fotoativadoras à base de diodos emissores de luz (LEDs) de média densidade de potência com uma unidade de lâmpada halógena convencional por meio de testes de microdureza Knoop. Utilizaram o aparelho de LED UltraLume 2 (Ultradent) para polimerizar dez diferentes marcas comerciais de resinas compostas pelos tempos de ativação de 20 e 40 segundos e compararam seu desempenho com o do aparelho Optilux 401 (Kerr) com ativação de 40 segundos. Os resultados encontrados pelos autores mostraram que o aparelho de LED utilizado por 20 segundos polimerizou cinco resinas de forma tão efetiva quanto o de lâmpada halógena ao ser ativado por 40 segundos. Em relação ao tempo de 40 segundos, o LED apresentou uma alta proporção do grau de polimerização para todas as resinas, em comparação com o grau atingido pelo aparelho convencional, os quais podem ser considerados muito semelhantes. Isso permitiu aos autores concluir que o LED, ao ser empregado por 40 segundos para ativação dos compósitos, demonstrou desempenho comparável ao produzido pela fonte de luz halógena estudada. Outro trabalho avaliando as propriedades mecânicas dos compósitos foi realizado por Stahl

et al.⁵² (2000), que observaram a resistência flexural de resinas compostas fotoativadas por um aparelho do tipo LED (350mW/cm^2) e um aparelho de lâmpada halógena (755mW/cm^2). Pode-se observar que ambas as fontes de luz proporcionaram valores de resistência superiores ao mínimo recomendado pela ISO e semelhantes entre si e, sendo assim, enfatizaram que a tecnologia LED é uma alternativa satisfatória para a fotopolimerização de resinas compostas.

Em 2005, Bala et al.⁴ avaliaram o grau de polimerização de algumas resinas compostas polimerizadas com aparelhos de lâmpada halógena e diodos emissores de luz de 2ª geração (média densidade de potência) por meio do teste de espectroscopia por infravermelho. Observou-se que o LED, de forma geral, alcançou maiores extensões de material polimerizado (61% de polimerização) quando comparado com o aparelho convencional (55,6%). Os autores concluíram que a tecnologia LED com diodos de média densidade de potência apresenta vantagens em relação à tecnologia baseada na lâmpada halógena, mesmo quando sua densidade total é menor, e isso ocorre devido à maior concentração da luz emitida na região espectral de interesse para a polimerização dos materiais resinosos. Silta et al.⁵⁰ estudaram a efetividade de polimerização dos LEDs de 3ª geração (alta densidade de potência) utilizando o fator resistência ao cisalhamento para verificar o bom desempenho desses aparelhos na cimentação de braquetes ortodônticos e observaram que tais fontes de luz obtiveram melhores resultados em comparação a um aparelho convencional de lâmpada halógena. Em 2006, Aravamudhan et al.² estudaram LEDs de média e alta densidade de potência e obtiveram desempenho semelhante entre eles e uma unidade de luz

halógena ao realizar testes de profundidade de polimerização por meio de raspagem dos espécimes.

Todavia, além das propriedades físicas e mecânicas do material restaurador fotoativado com LED, suas propriedades ópticas devem ser investigadas. Entre elas destaca-se a estabilidade de cor, pois o desempenho estético de um material é fator essencial a ser considerado no momento de sua seleção, principalmente quando se relaciona a restaurações de dentes anteriores.⁴¹

Segundo Nomoto³⁶ (1997) e Mills et al.³³ (2002), os aparelhos de LED de 2ª e 3ª gerações, apresentam alta densidade de potência de forma semelhante aos aparelhos de lâmpada halógena, possuindo também pureza espectral superior à das unidades convencionais, uma vez que sua faixa de emissão de luz restringe-se ao espectro da luz azul. Além disso, o LED apresenta pico de emissão (468nm) coincidente com o pico máximo de absorção do fotoiniciador mais comum nas resinas compostas, a canforoquinona. Tal fato permite que maior número de moléculas do fotoiniciador seja atingido, alcançando, conseqüentemente, maior grau de conversão monomérica. Diante disso, torna-se necessária a investigação da influência das vantagens do uso dos LEDs sobre as propriedades ópticas do compósito fotoativado.

Santos et al.⁴⁹ (2003) relataram que a estabilidade de cor é uma propriedade que também depende de fatores como as reações internas do material e o comportamento do paciente mediante consumo de alimentos contendo pigmentos, a má higiene bucal e a utilização de soluções para bochecho, além do próprio

acabamento e polimento que o profissional opta por realizar na restauração final³⁹. Dietschi et al.¹¹ (1994) reforçaram que a afinidade da matriz orgânica da resina por corantes é modulada pelo grau de conversão dos monômeros; portanto, uma conversão insuficiente pode aumentar a absorção de corantes. Ferracane et al.¹⁶ (1986) e Buchalla et al.⁸ (2002) defenderam que a cor intrínseca do material pode se alterar com o envelhecimento do mesmo sob várias condições físico-químicas: exposição à luz visível ou à irradiação ultravioleta, mudanças térmicas e umidade. Ainda neste contexto, Ertas et al.¹⁴ (2006) em estudo realizado para avaliar a estabilidade de cor de duas resinas compostas nanoparticuladas (Grandio e Filtek Supreme) comparadas às resinas microhíbridas (Filtek P60 e Filtek Z250) polimerizadas com fonte de luz halógena (XL3000-3M/ESPE) quando imersas em água destilada, café, chá, vinho tinto e refrigerante de cola, revelaram que o tamanho das partículas de carga pode representar diferenças no comportamento estético do material e notaram maior estabilidade de cor nas resinas microhíbridas em relação às nanoparticuladas. Quanto à polimerização com aparelhos dotados de lâmpada halógena, verifica-se, na literatura, que muitos trabalhos mostraram que a estabilidade de cor do compósito altera-se após a sua fotoativação assim como depois de decorrido um período de envelhecimento da restauração. Em 1997, Johnston, Reisbick²⁶ conduziram um estudo avaliando a alteração de cor ocorrida em resinas compostas e cimentos de ionômero de vidro durante a fotopolimerização e após a imersão em água destilada por 7 dias e concluíram que o profissional deve levar em consideração o aspecto inicial do material assim como as possíveis mudanças que possam ocorrer nas

suas propriedades ópticas no momento da escolha da resina composta, quando esta ainda se encontra não-polimerizada.

Hosoya²¹ (1999) também observou a alteração de cor de uma resina composta após o envelhecimento do material quando armazenado em saliva artificial. Com esse trabalho, o autor pôde verificar que há uma relação direta entre a descoloração da resina composta e o tempo que esta permanece nas condições do meio bucal. Observou que todas as tonalidades da resina estudada sofreram maior alteração de cor no período entre 3 anos e meio e 5 anos após a sua polimerização, mostrando que o material não somente recebe influência extrínseca na coloração imediatamente após ser polimerizado, mas também se altera com o tempo.

Ainda nesse sentido, Paravina et al.³⁸ (2002) realizaram um estudo para avaliar as mudanças de coloração dependentes da polimerização e os valores de cor obtidos em resinas compostas para dentes clareados. Utilizando-se de espectrofotometria para observar o grau de alteração, notaram que os materiais do tipo microhíbridos apresentaram aumento na translucidez, enquanto as resinas microparticuladas mostraram uma diminuição nesses valores, tornando-se menos saturada.

Com o intuito de verificar a estabilidade de cor de algumas resinas compostas pela influência da imersão em água, Reis et al.⁴³ (2001) e Vichi et al.⁵⁷ (2004) desenvolveram pesquisas nas quais notaram que, para os materiais estudados, houve uma alteração na opacidade, além da instabilidade de cor apresentada, o que foi

atribuído às diferentes composições das resinas pelas variações de tamanho de partículas e de proporção matriz/carga inorgânica.

A literatura apresenta um vasto número de pesquisas relatando a influência que algumas bebidas contendo corantes podem ter sobre a estabilidade de cor dos materiais estéticos. Vários estudos^{5,13,18,19,28,34,37,45,54,55,58,61} foram realizados na tentativa de comprovar que a imersão desses materiais em soluções como café, vinho, chá, Coca-Cola®, sucos e soluções para bochecho promove um manchamento excessivo das restaurações quando os pacientes são consumidores freqüentes das mesmas e encontraram resultados que afirmavam essa hipótese, com as maiores alterações de cor observadas na presença do vinho e do café^{5,13,37,39,54,58}.

Nota-se, porém, que a maioria dos trabalhos relacionados à estabilidade de cor relatados na literatura até o presente momento utilizou somente os aparelhos de lâmpada halógena na polimerização dos materiais resinosos. Estudos apresentados por Janda et al.²² (2004) e Janda et al.²³ (2005) comprovaram que, em comparação ao fotopolimerizador dotado de arco de plasma, o halógeno demonstrou melhor qualidade de polimerização e que por isso, obteve maior estabilidade de cor dos materiais restauradores estéticos estudados, assim como Usumez et al.⁵⁶ (2005) verificou este mesmo padrão de comportamento, porém com similaridade entre luz halógena e LED. No entanto, poucos são os estudos que compararam os diferentes tipos de fonte de luz no desempenho que conferem à estética do material. Em 2006, Jorge²⁵ realizou um estudo no qual verificou a estabilidade de cor de duas resinas compostas (4Seasons - microhíbrida e Filtek Supreme – nanoparticulada) quando

fotoativadas com aparelho de luz halógena (KM200R, DMC) e LED (LEC1000, MMOptics), após envelhecimento artificial por exposição à luz ultravioleta. Esse autor encontrou como resultados que a resina Filtek Supreme apresentou menor resistência à alteração de cor, e que, ao comparar as fontes de luz, não houve diferença estatística para os valores obtidos para essa propriedade. Estudo semelhante foi realizado por Pires-de-Souza et al.⁴⁰ (2007) utilizando algumas resinas compostas de composições diferentes (microhíbrida, híbrida e microparticulada), fotopolimerizadas com fonte de luz halógena e um LED de 1ª geração, pelo qual observaram que, de maneira geral, a fonte de luz empregada não foi o fator que influenciou na estabilidade de cor do material, mas sim a composição deste.

Nesse sentido, este estudo buscou melhor conhecimento sobre o desempenho da tecnologia LED para a fotoativação dos materiais restauradores estéticos diretos no que diz respeito à estabilidade de cor do material submetido a diversos meios de imersão, haja vista a escassez de relatos na literatura sobre a influência desse tipo de fonte de luz na estabilidade de cor das resinas compostas quando submetidas a diferentes meios e tempos de imersão.

PROPOSIÇÃO

2 PROPOSIÇÃO

Este trabalho teve por objetivo avaliar quantitativamente a influência da fonte de luz na estabilidade de cor de resina composta em função de diferentes meios e tempos de imersão, bem como qualitativamente, por meio da análise da morfologia superficial com a utilização de microscopia eletrônica de varredura e microanálise.

MATERIAL E MÉTODO

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Delineamento Experimental

Os fatores em estudo foram: fonte de luz em três níveis (aparelho dotado de lâmpada halógena convencional, halógena de alta densidade de potência e LED de alta densidade de potência), meios de imersão em quatro níveis (saliva artificial, café, Coca-Cola[®] e chá) e tempos de imersão em sete níveis (24 e 48 horas, 7, 14, 21, 30 e 60 dias após a imersão), sendo o de imersão em saliva artificial por 24 horas considerado como *baseline* (T0). Para a realização do estudo, foram confeccionados 180 corpos-de-prova (unidade experimental) de resina composta, utilizando um delineamento em blocos completos casualizados, com repetição de cada grupo experimental por bloco. As variáveis de resposta quantitativa foram a alteração de cor expressa em ΔE e de luminosidade em ΔL , cujas avaliações foram feitas a partir de 24 horas de imersão nos meios e repetidas nos tempos predeterminados.

3.2 Material

3.2.1 Equipamentos e materiais empregados

Empregou-se neste estudo a resina composta Filtek Supreme, a qual apresenta suas características no Quadro 1.

Quadro 1 - Característica da resina composta empregada

Material	Marca	Tipo	Composição	Tamanho médio (carga)	Tipo de Partícula	Cor
Filtek TM Supreme XT	3M/ESPE	Resina Composta Nanoparticulada	Bis-GMA Bis-HEMA TEGDMA	0.6 a 1.4 μ m 75 η m	sílica primária não aglomerada (75 η m) aglomerados de sílica (75 η m)	B1E

Os equipamentos fotopolimerizadores encontram-se descritos no Quadro 2.

Quadro 2- Descrição dos aparelhos fotopolimerizadores testados

Fotopolimerizadores	Fabricantes	Comprimento de Onda	Tipo	Potência
XL 3000	3M/ESPE	400 a 500nm	Halógeno	480-530mW/cm ²
Jet Lite 4000 Plus	J Morita	Aproximadamente 500nm	Halógeno	1230 mW/cm ²
Ultralume LED 5	Ultradent	450 a 480nm	LED	790mW/cm ²

O aparelho de lâmpada halógena convencional foi o Curing Light XL 3000 (3M/ESPE) com densidade de potência de 530mW/cm², o qual possui em sua constituição uma lâmpada halógena de 75W, com comprimento de onda entre 400nm e 500nm (informações fornecidas pelo fabricante) e diâmetro de 8mm na porção terminal da ponteira de fibra óptica. O de alta intensidade de luz foi o Jet Lite 4000 Plus (J Morita), com densidade de potência de 1230mW/cm², comprimento de onda próximo de 500nm e ponteira com diâmetro de 8mm de saída. O aparelho de diodo emissor de luz (LED) selecionado foi o UltraLume LED 5 (UltraDent) com densidade de potência de 790mW/cm², comprimento de onda entre 460nm e 480nm e diâmetro da ponteira de 11mm.

3.2.2 Meios de Imersão

Os meios de imersão empregados estão descritos a seguir:

A) Saliva artificial (SA)

A fórmula da saliva artificial utilizada foi preconizada e elaborada pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, sendo sua composição apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 - Composição da saliva artificial

Composição	Quantidade em 1000g
Cloreto de potássio	0,96g
Cloreto de sódio	0,67g
Cloreto de Magnésio	0,04g
Fosfato de Potássio	0,27g
Cloreto de Cálcio	0,12g
Nipagin	0,01g
Nipasol	0,1g
Carboxil Metil Celulose	8,0g
Sorbitol	24,0g
Água	1000ml

B) Coca-Cola® (CO)

Foi utilizada em temperatura de consumo, ou seja, $\pm 10^{\circ}\text{C}$, e aberta no máximo 24 horas antes do uso com a finalidade de impedir ou minimizar o efeito da perda das substâncias gasosas presentes em sua composição, o que poderia afetar as propriedades originais do meio de imersão. Este meio de imersão contém água gaseificada, açúcar, extrato de noz de cola, cafeína, corante caramelo, acidulante INS 338, carboidratos e sódio de acordo com informações da embalagem do produto.

Marca comercial: Coca-Cola[®]. Produzido por Cia de Bebidas Ipiranga. Lote: P181207

C) Café (CA)

Para a obtenção do café, foram utilizados 20g de pó, 40g de açúcar e 250ml de água filtrada, os quais foram fervidos e submetidos à filtração com filtro de papel Mellita nº102 imediatamente antes de cada imersão. A temperatura do meio foi aferida com termômetro todas as vezes que os corpos-de-prova foram nele imersos, sendo de $\pm 70^{\circ}\text{C}$. O café é composto por cafeína e por minerais como potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), sódio (Na), ferro (Fe), manganês (Mn), rubídio (Rb), zinco (Zn), cobre (Cu), estrôncio (Sr), cromo (Cr), vanádio (V), bário (Ba), níquel (Ni), cobalto (Co), chumbo (Pb), molibdênio (Mo), titânio (Ti) e cádmio (Cd), aminoácidos, lipídeos, açúcares, vitamina do complexo B e ácidos clorogênicos¹⁰.
Café torrado e moído - Marca comercial: Pilão (Sara Lee Cafés do Brasil Ltda) Lote: 302^a. Validade: 24/06/2007

D) Chá (CH)

Para a obtenção do chá foi utilizada erva mate, colocando-se um sachê do chá e 40g de açúcar em 250ml de água fervida. A temperatura da solução foi aferida todas as vezes que os corpos-de-prova foram nela imersos, sendo de $\pm 70^{\circ}\text{C}$. Composto por folhas e talos de erva mate tostada (*ilex paraguariensis*.), continha também alcalóides (cafeína, metilxantina, teofilina e teobromina), taninos (ácidos fólico e cafeico),

vitaminas (A, B1, B2, C e E), sais minerais (alumínio, cálcio, fósforo, ferro, magnésio, manganês e potássio), proteínas (aminoácidos essenciais), glicídeos (frutose, glucose, rafinose e sacarose), lipídeos (óleos essenciais e substâncias ceráceas), além de celulose, dextrina, sacarina e gomas.²⁷ Marca comercial: Matte Leão, produzido por Leão Júnior AS. Lote: D356/06. Validade: 21/12/2008

3.2.3 Espectrofotômetro de colorimetria

O aparelho selecionado para a realização dos testes de estabilidade de cor foi o espectrofotômetro de colorimetria (Color guide 45/0, PCB 6807 BYK-Gardner GmbH Geretsried, Alemanha – Figura 1), com comprimento de onda variando entre 400nm a 700nm por meio de transmissão direta, com iluminação padrão D65 sobre fundo branco¹³. Este aparelho emite intensidade de luz constante, de forma circular, através da emissão de luz por 30 unidades de LED dispostas de maneira a incidir a luz em um ângulo de 45° com a superfície do corpo-de-prova (Figura 2).

Os valores obtidos pelo espectrofotômetro foram registrados no próprio display do equipamento e, em seguida, transferidos a um microcomputador acoplado ao espectrofotômetro mediante um software específico (Easy Link), o qual registrou os valores de cor de acordo com o Sistema CIELab.



FIGURA 1 – Espectrofotômetro de colorimetria.

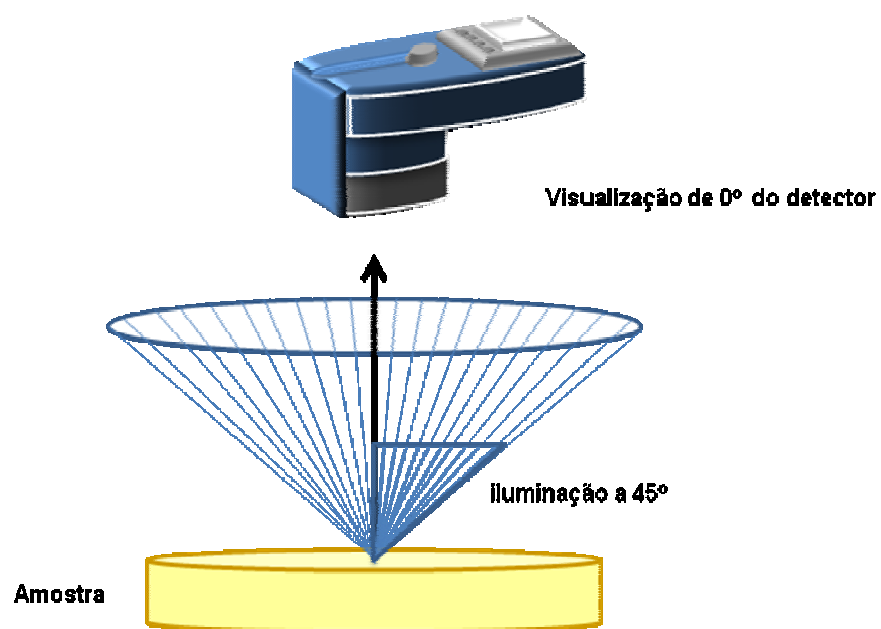


FIGURA 2 – Esquema de funcionamento do espectrofotômetro para a leitura de cor.

3.3 Método

3.3.1 Metodologia

Os corpos-de-prova foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais (fonte de luz) e em quatro subgrupos (meios de imersão), como mostra a Figura 3.

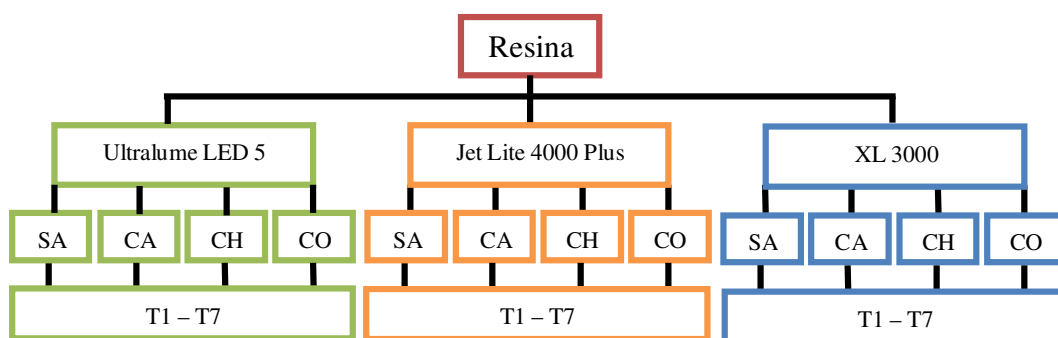


FIGURA 3 – Organograma dos grupos experimentais.

O número de corpos-de-prova utilizados para cada condição experimental foi 15, totalizando 180 corpos-de-prova, sendo 60 para cada fonte de luz. Esses corpos-de-prova foram casualizados para suas execuções por meio de sorteio aleatório, para que possíveis erros fossem distribuídos uniformemente. Os espécimes foram imersos em cada meio por cinco minutos, três vezes ao dia, com intervalos de 4 horas, a saber: 8:00h, 12:00h e 16:00h.⁴⁵ A partir disso, foram lavados em água corrente por 5 segundos e permaneceram imersos em saliva artificial, mantidos em estufa bacteriológica (QUIMIS Q316M2) a uma temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ até o momento

determinado para a realização da leitura. Para o grupo experimental cujo meio de imersão foi a saliva artificial, os espécimes foram mantidos a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ com troca diária da saliva artificial e esses procedimentos repetidos por 60 dias.

3.3.2 Confeção dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova foram confeccionados a partir de uma matriz de metal circular com orifício central de 10mm de diâmetro e 2mm de espessura. A matriz foi apoiada em uma placa de vidro revestida com tira de poliéster incolor e a resina composta inserida e acomodada no interior da matriz com o auxílio de uma espátula Thompson. Em seguida, para a obtenção de superfície regular, a resina composta foi coberta com tira de poliéster e, sobre esta, outra placa de vidro foi posicionada. Com a finalidade de compactar a resina e deixar a superfície lisa e padronizada, sobre todo o conjunto, foi colocado um peso de 1Kg por um período de 30 segundos. Em seguida, o peso e a placa de vidro foram removidos e, então, realizou-se a fotoativação através da tira de poliéster por 40 segundos. (Figura 4) ⁴⁵

A partir disso, os corpos-de-prova foram mergulhados em saliva artificial e armazenados em estufa à temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, permanecendo na mesma durante todo o experimento, exceto nos momentos de imersão nos meios e nas leituras dos valores de alteração de cor.

Após o período de 24 horas imersos em saliva artificial, foi realizada a medida padrão de cor dos corpos-de-prova, e as posteriores medidas foram realizadas conforme os tempos predeterminados.

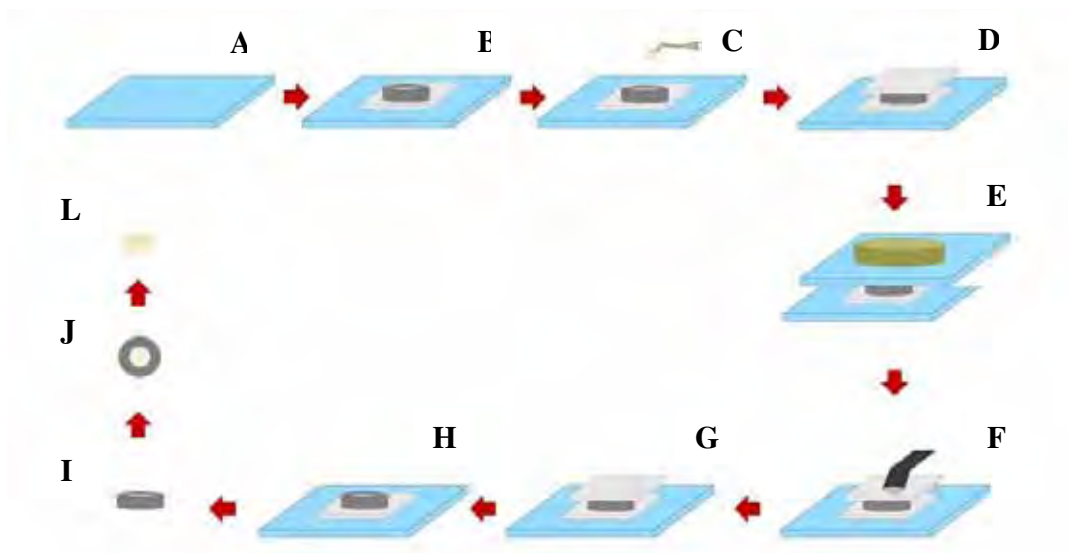


FIGURA 4 – Esquema da confecção dos corpos-de-prova. A) Placa de vidro; B) tira de poliéster e matriz circular de aço sobre a placa de vidro; C) inserção da resina composta com espátula de Thompson; D) tira de poliéster sobre matriz preenchida; E) peso de 1Kg aplicado sobre o conjunto por 30"; F) fotopolimerização da resina composta por 40"; G) remoção da tira de poliéster; H) matriz com resina polimerizada; I) remoção da matriz; J) deslocamento da resina; L) corpo-de-prova em resina composta.

3.3.3 Obtenção dos valores de cor e alteração

Primeiramente, o espectrofotômetro foi calibrado com os padrões branco puro e preto puro e checado no verde. Em seguida, o corpo-de-prova foi retirado do recipiente contendo saliva artificial, lavado em água corrente por 5 segundos e seco com auxílio de gaze. Após isso, foi posicionado sob o aparelho para que a medida de cor fosse realizada. Nesta fase foi registrado o valor como padrão (T0). As medidas subseqüentes (T1-T7) dos valores de cor do corpo-de-prova foram registradas como amostras. Os valores de análise foram obtidos de acordo com o Sistema CIELab (*Commission Internationale de l'Eclairage*)⁵⁹. O sistema CIELab corresponde a um

conjunto de coordenadas, em que o valor L^* é a medida de luminosidade de um objeto e é quantificado com uma escala que varia de zero (0) a cem (100), seguindo do preto puro ao branco puro, respectivamente. Os valores de a^* e b^* são medidas de cromaticidade, em que a^* relaciona-se com o eixo verde-vermelho e b^* com o eixo azul-amarelo. Dessa forma, os dados de cor L , a e b (luminosidade, desvio no eixo verde-vermelho, desvio no eixo azul-amarelo) são obtidos automaticamente pelo software conectado ao equipamento, após a determinação do padrão (T0).

A alteração de cor foi obtida pela equação de Hunter do $\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, enquanto a alteração de luminosidade (ΔL^*), foi alcançada pela fórmula $\Delta L^* = L^*(tx) - L^*(t0)$, na qual (tx) representa o tempo de imersão e (t0) o *baseline*.

A classificação adotada para os valores de ΔE foi aquela determinada pela National Bureau of Standards (NBS) que considera: valores de 0,0 a 0,5 – alteração extremamente leve; 0,5 a 1,5 – alteração leve; 1,5 a 3,0 – alteração perceptível; 3,0 a 6,0 – alteração marcante; 6,0 a 12,0 – alteração extremamente marcante; 12,0 ou mais – alteração para outra cor.³⁵

3.3.4 Microscopia eletrônica de varredura e microanálise

Após a realização de todo o experimento que compreendeu as imersões nos diferentes meios, ou seja, ao final dos 60 dias predeterminados, cada corpo-de-prova foi preparado por meio da imersão em EDTA por 1 minuto para remoção de resíduos em sua superfície, lavado com água destilada e inserido em cuba ultra-sônica por 5 minutos para finalizar a limpeza. Em seguida, a desidratação foi realizada com a

imersão dos espécimes em etanol 100% pelo período de 60 minutos. Após isso, foram fixados em *stubs* com a superfície superior exposta e, então, foram metalizados com ouro para serem submetidos à análise no microscópio eletrônico de varredura. Utilizou-se o Microscópio Eletrônico de Varredura Philips, modelo XL30FEG Philips, em aumento de 1500x, com resolução de 2nm para 30KV, o qual estava acoplado a um equipamento detector de dispersão de Raios-X (EDX, Oxford, mod. INCA x-sight, operado com resolução de 65eV) que permite detectar elementos químicos presentes na superfície da resina composta e identificá-los.

3.3.5 Análise Estatística

Para determinar o método estatístico adequado para análise dos dados obtidos referentes à alteração de cor e de luminosidade realizou-se primeiramente o Teste de Aderência à Curva Normal, para verificação da distribuição amostral quanto à sua normalidade. Na análise geral dos dados, como a distribuição dos mesmos não foi normal, optou-se pelo método estatístico não-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparação dos fatores fontes de luz e meios de imersão, com nível de significância de 5%.

Para o fator tempo, analisou-se separadamente cada subgrupo em função dos meios de imersão, sendo estudada a variação da cor com o passar do tempo. Esses dados foram analisados e observou-se que se apresentavam normais e homocedásticos. Em função disso, foi realizado um teste paramétrico – Análise de Variância a 2 critérios (meio de imersão e tempo) -, sendo 1 vinculado, e o teste exato de Fisher na diferenciação das médias, ambos com nível de significância de 5%.

Para a fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura e a microanálise (EDX), foi utilizada a análise qualitativa.

RESULTADO

4 RESULTADO

4.1 Fontes de luz

Na Tabela 1 estão dispostas as medianas e erros padrão da alteração de cor (ΔE) e da luminosidade (ΔL) dos espécimes, segundo as fontes de luz.

Tabela 1 – Valores de medianas e erros padrão para alteração de cor e luminosidade em função das fontes de luz

Fonte de Luz	Alteração de cor (ΔE)		Alteração de Luminosidade (ΔL)	
	Mediana	Erro Padrão	Mediana	Erro Padrão
Ultralume LED 5	1,91 ^a	0,2224	0,11 ^a	0,2173
Jet Lite 4000 Plus	2,05 ^{ab}	0,2513	-0,23 ^b	0,2293
XL 3000	2,28 ^b	0,2422	0,01 ^a	0,2573

ΔE - gL = 2; H = 6,343928; p = 0,041920

ΔL - gL = 2; H = 8,291655; p = 0,015830

Letras iguais indicam similaridade estatística na vertical (coluna).

Considerando-se o fator fonte de luz isoladamente, pode-se observar na Tabela 1 que houve diferença estatística significativa entre os fotopolimerizadores, com o fotopolimerizador Ultralume LED 5 apresentando menor alteração de cor (ΔE) em comparação ao XL3000 e semelhante ao Jet Lite 4000 Plus, sendo os dois últimos semelhantes entre si ($p < 0,05$).

Para a luminosidade, nota-se que os fotopolimerizadores Ultralume LED 5 e XL 3000 apresentaram menor alteração quando comparados ao Jet Lite 4000 Plus, que obteve valor negativo de ΔL .

4.2 Meios de imersão

As medianas e os erros padrão da alteração de cor (ΔE) e da luminosidade (ΔL) analisadas em função dos meios de imersão podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de medianas e erros padrão para alteração de cor e luminosidade em função dos meios de imersão

Meios de Imersão	Alteração de cor (ΔE)		Alteração de Luminosidade (ΔL)	
	Mediana	Erro Padrão	Mediana	Erro Padrão
Saliva	1,73 ^b	0,2375	0,96 ^a	0,2562
Café	8,40 ^c	0,3198	-5,21 ^d	0,3168
Chá	2,13 ^b	0,1960	-0,48 ^c	0,1541
Coca-Cola [®]	1,43 ^a	0,0983	0,36 ^b	0,1264

ΔE - gL = 3; H = 423,0867; p = 0,000000

ΔL - gL = 3; H = 475,5569; p = 0,000000

Letras iguais indicam similaridade estatística na vertical (coluna).

No que se refere ao fator meio de imersão isoladamente, observa-se que houve influência dos meios na alteração de cor do material. Os resultados de alteração de cor (ΔE) mostraram que o meio Coca-Cola[®] foi o que menos interferiu na cor da resina composta, tendo apresentado valor de mediana estatisticamente diferente e menor do que dos demais meios. A saliva artificial e o chá apresentaram valores intermediários de alteração de cor estatisticamente semelhantes entre si e diferentes dos valores do café, que mostrou o maior valor de ΔE .

Ao se considerar a alteração de luminosidade do material, pode-se verificar que todos os meios apresentaram-se estatisticamente diferentes entre si, tendo o café promovido a maior alteração dessa propriedade óptica, com ΔL negativo, enquanto, para a saliva e para a Coca-Cola[®], os espécimes apresentaram valores positivos de ΔL .

No que diz respeito aos componentes a^* e b^* da cor do material, observa-se na Tabela 3 as medianas encontradas para a cromaticidade em função dos meios de imersão.

Tabela 3 – Valores de medianas para cromaticidade (Δa e Δb) em função dos meios de imersão

Meios de Imersão	Eixo verde-vermelho (Δa)	Eixo azul-amarelo (Δb)
	Mediana	Mediana
Saliva Artificial	0,62	-1,00
Café	1,17	5,74
Chá	0,46	1,48
Coca-Cola [®]	0,60	-0,89

Pode-se observar que o café foi o meio que mais alterou o croma do material, e isso pode ser visualizado pelo alto valor encontrado para a mediana de Δb (valor positivo), o que ocasionou uma tendência ao tom mais amarelado, assim como o mesmo meio promoveu relativa variação positiva do Δa , deixando a resina mais avermelhada. O chá, por sua vez, mostrou uma alteração positiva do Δb , tendendo para o croma amarelo. Para a saliva e a Coca-Cola[®], as medianas de Δa e Δb apresentaram menor alteração.

4.3 Tempo

Com relação ao fator tempo, tem-se os resultados apresentados nos Gráficos 1 e 2.

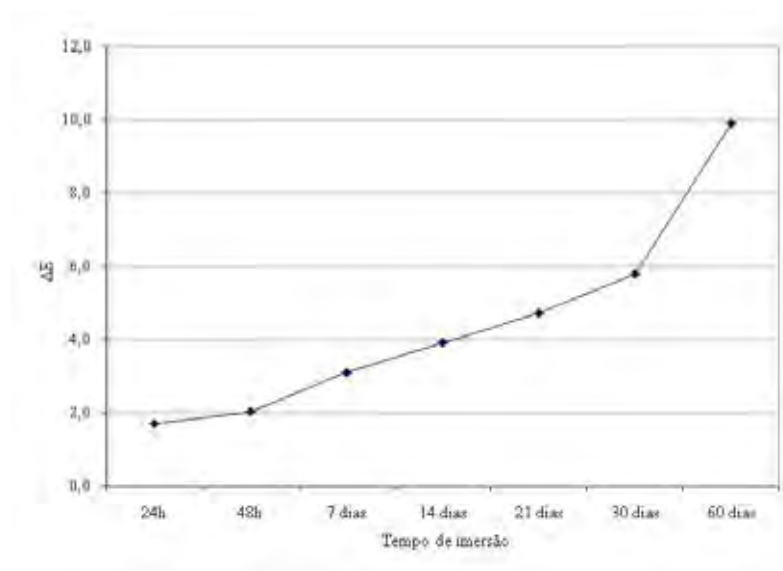


GRÁFICO 1 – Valores médios de alteração de cor (ΔE) em relação ao tempo de imersão.

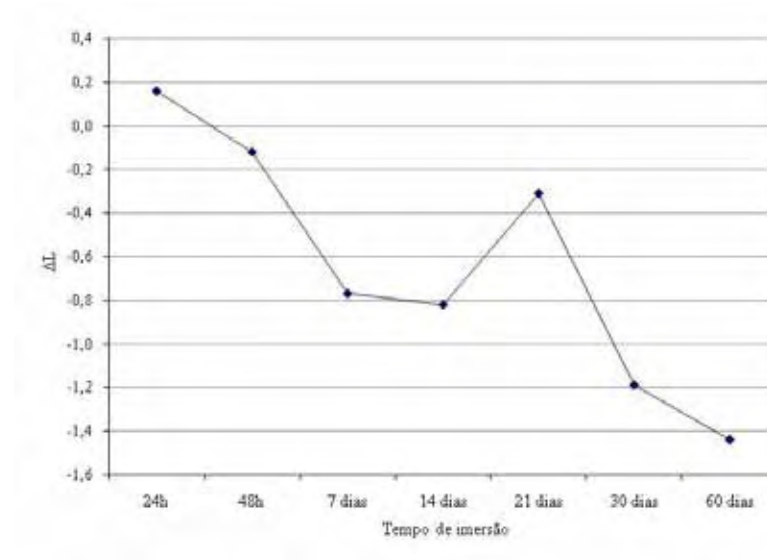


GRÁFICO 2 – Valores médios de alteração de luminosidade (ΔL) em relação ao tempo de imersão.

Com relação ao tempo de imersão, independentemente da fonte de luz e do meio de imersão, os espécimes apresentaram uma evolução gradativa nos valores de alteração de cor até 30 dias. A partir disso, houve um aumento maior na alteração de cor até 60 dias (Gráfico 1). Para a alteração de luminosidade, pode-se observar que 24 horas após a imersão nos meios o valor obtido foi positivo. De 24 horas até 7 dias, houve uma considerável diminuição da luminosidade (com valores negativos), a qual permaneceu praticamente estável entre 7 e 14 dias. De 14 a 21 dias, houve um aumento do valor de alteração de luminosidade que voltou a diminuir até 60 dias.

4.4 Interação tempo x meio de imersão

Para a análise da interação dos fatores tempo X meio de imersão sobre a alteração de cor e de luminosidade da resina composta, pode-se observar a tabela a seguir:

Tabela 4 – Distribuição das médias e desvios padrão (DP) da alteração de cor (ΔE) e de luminosidade (ΔL) da resina composta estudada em função da interação tempo X meios de imersão

Tempos de imersão	Alteração de cor (ΔE)				Alteração de Luminosidade (ΔL)			
	Saliva artificial	Café	Chá	Coca-Cola®	Saliva artificial	Café	Chá	Coca-Cola®
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
24h	1,22 ^a ($\pm 0,68$)	3,11 ^a ($\pm 3,80$)	1,10 ^a ($\pm 0,85$)	1,34 ^a ($\pm 1,31$)	0,26 ^a ($\pm 1,00$)	0,14 ^a ($\pm 2,75$)	0,38 ^a ($\pm 1,23$)	-0,15 ^a ($\pm 1,62$)
48h	1,42 ^a ($\pm 1,19$)	4,03 ^a ($\pm 5,10$)	1,24 ^{a,b} ($\pm 1,04$)	1,39 ^a ($\pm 1,38$)	0,17 ^a ($\pm 1,53$)	-0,79 ^a ($\pm 8,10$)	-0,14 ^{a,b} ($\pm 1,49$)	0,29 ^{a,b} ($\pm 1,69$)
7d	1,53 ^a ($\pm 0,65$)	7,27 ^b ($\pm 1,31$)	1,94 ^b ($\pm 0,27$)	1,61 ^a ($\pm 0,51$)	0,67 ^a ($\pm 1,03$)	-3,49 ^b ($\pm 7,57$)	-0,76 ^{a,b} ($\pm 0,59$)	0,52 ^{a,b} ($\pm 0,87$)
14d	2,43 ^{a,b} ($\pm 2,48$)	9,22 ^c ($\pm 2,78$)	1,94 ^b ($\pm 0,81$)	2,03 ^{a,b} ($\pm 1,79$)	1,55 ^{a,b} ($\pm 2,75$)	-4,89 ^{b,c} ($\pm 4,19$)	-0,51 ^{a,b,c} ($\pm 1,46$)	0,55 ^a ($\pm 2,33$)
21d	3,52 ^{b,c} ($\pm 3,80$)	10,44 ^c ($\pm 3,39$)	3,00 ^c ($\pm 1,16$)	1,91 ^a ($\pm 1,40$)	2,95 ^{b,c} ($\pm 3,99$)	-5,83 ^c ($\pm 4,20$)	0,60 ^{a,b,c} ($\pm 2,18$)	1,03 ^b ($\pm 1,75$)
30d	3,80 ^c ($\pm 3,31$)	12,42 ^d ($\pm 4,05$)	4,95 ^d ($\pm 1,96$)	1,94 ^a ($\pm 1,42$)	3,11 ^c ($\pm 3,59$)	-7,59 ^d ($\pm 4,40$)	-0,99 ^b ($\pm 2,28$)	0,70 ^a ($\pm 1,96$)
60d	9,25 ^d ($\pm 6,66$)	17,49 ^e ($\pm 4,98$)	10,19 ^e ($\pm 3,03$)	2,66 ^b ($\pm 2,77$)	8,74 ^d ($\pm 7,18$)	-11,31 ^e ($\pm 5,60$)	-2,53 ^d ($\pm 5,17$)	-0,66 ^{a,c} ($\pm 3,66$)

*letras iguais indicam similaridade estatística na vertical (coluna).

Na análise da Tabela 4, pode-se notar que houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de ΔE na comparação dos tempos 24 horas e 60 dias de imersão para todos os meios estudados. É importante salientar que essa avaliação foi realizada intragrupos e não intergrupos. Entre os meios testados, aquele que apresentou os menores valores de ΔE em função do tempo foi a Coca-Cola® e o que apresentou os maiores valores foi o café.

No que se refere à alteração da luminosidade, ainda na Tabela 4, nota-se que, de forma geral, comparando-se os valores de ΔL inicial (24h) com o final (60 dias), somente a Coca-Cola® não apresentou diferença estatisticamente significativa dessa propriedade ao longo do tempo. Ainda é importante ressaltar que, dos quatro meios estudados, o que apresentou menores valores de ΔL foi a Coca-Cola®, seguida do chá, enquanto o café foi aquele que mostrou maiores alterações.

Em relação à saliva artificial, observou-se que, até o 14º dia de imersão, os valores de ΔE apresentaram-se estatisticamente semelhantes. Maiores alterações foram observadas a partir do 21º dia, apresentando diferença estatística significativa em relação ao 60º dia. Para a luminosidade, foi observada pequena alteração até 21 dias, aumentada nos tempos de 30 e 60 dias de imersão.

Ao avaliar o café, notou-se que os valores de ΔE foram semelhantes somente até 48 horas de imersão, tendo apresentado diferença estatisticamente significativa entre 48 horas e 7 dias, 7 e 14 dias, 21 e 30 dias e 30 e 60 dias. Já para o ΔL , notou-se que apresentou comportamento similar ao do ΔE .

Para o chá, foram encontrados valores semelhantes entre 24 e 48 horas e de 48 horas a 14 dias. Os tempos de imersão 21, 30 e 60 dias apresentaram valores de ΔE diferentes entre si e também diferentes em relação aos tempos anteriores. Observou-se, ainda, valores semelhantes de luminosidade até 21 dias de imersão; mas para os tempos de 30 e 60 dias, estes valores aumentaram significativamente.

Quanto à Coca-Cola[®], houve diferença estatística significativa da alteração de cor (ΔE) somente no tempo final de 60 dias de imersão, enquanto, para a luminosidade, pequena alteração foi observada no tempo de 21 dias, tendo os demais tempos mantido-se semelhantes entre si.

4.5 Microscopia eletrônica de varredura e microanálise

Na análise da morfologia superficial dos espécimes em microscopia eletrônica de varredura (MEV), pôde-se observar que, de forma geral, houve alteração na topografia do material estudado após terem sido submetidos à imersão nos diferentes meios.

Não foi notada diferença na topografia superficial dos espécimes quando estes foram analisados em função das três fontes de luz empregadas. Entretanto, quando foram avaliados em função dos meios de imersão, observou-se comportamento diverso. No que diz respeito à microanálise, observou-se comportamento semelhante ao apresentado na microscopia eletrônica de varredura tanto em relação às diferentes fontes de luz quanto aos meios de imersão.

Para os espécimes imersos em saliva artificial, pôde-se verificar que houve uma degradação pequena e homogênea da matriz orgânica da resina composta promovendo a exposição das partículas de carga. (Figura 4) Com a análise em EDX, observou-se grande quantidade de sílica e zircônia (partículas de carga da resina) e pequena quantidade de cálcio.

Quanto aos espécimes imersos em café, notou-se uma degradação excessiva da porção orgânica com perda de partículas de carga em alguns pontos. Observou-se o acúmulo de pigmentos na superfície da resina composta, o que pode ser verificado pela presença de pontos escuros espalhados pela superfície analisada. (Figura 5) Nesse meio de imersão, além da mesma quantidade de sílica e zircônia que nos grupos da saliva, verificou-se também a presença de potássio, cálcio, cloro, titânio e fósforo.

Em relação aos grupos submetidos à imersão em chá, observou-se uma degradação da matriz orgânica em regiões específicas, bem circunscritas, com exposição das partículas, porém sem perda das mesmas. (Figura 6) Interessante notar que, na microanálise, foi possível verificar a diminuição na quantidade de sílica e zircônia, com deposição de cálcio, carbono, fósforo e potássio.

Nos espécimes imersos em Coca-Cola[®], a Figura 7 mostra que ocorreu uma degradação excessiva da porção orgânica do material e perda de partículas de carga. Além da sílica e da zircônia em grande quantidade, foram encontradas também pequenas quantidades de cálcio, sódio e potássio.

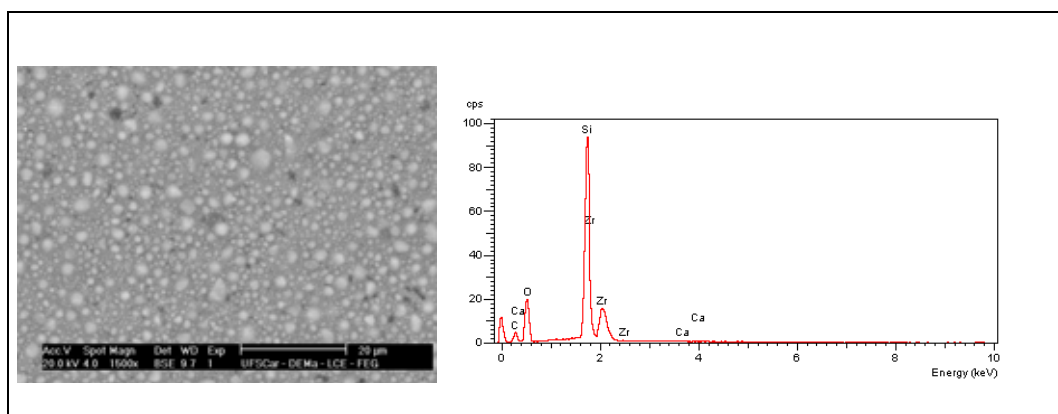


FIGURA 4 – Material imerso em saliva artificial analisado em MEV (1.500x) e sua respectiva microanálise (EDX).

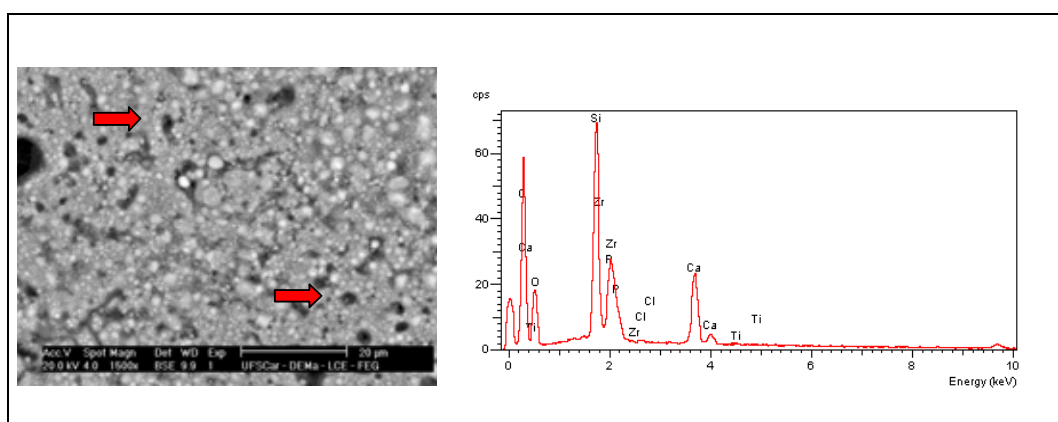


FIGURA 5 – Material imerso em café analisado em MEV (1.500x) e sua respectiva microanálise (EDX).

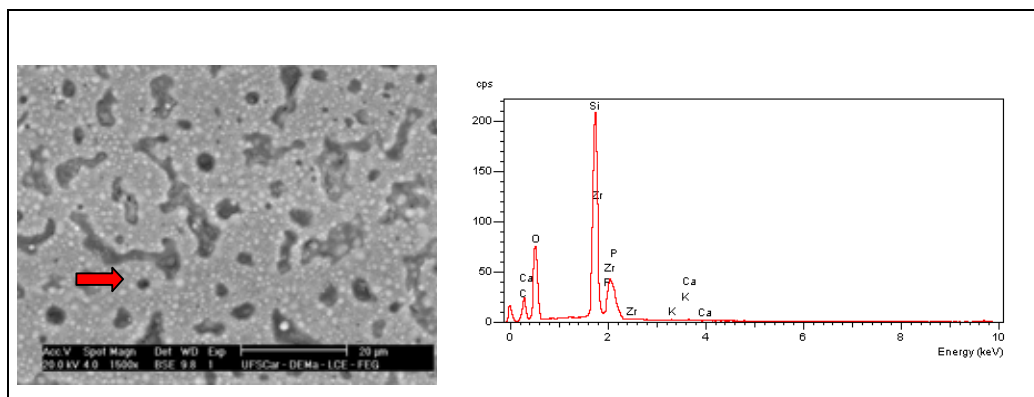


FIGURA 6 – Material imerso em chá analisado em MEV (1.500x) e sua respectiva microanálise (EDX).

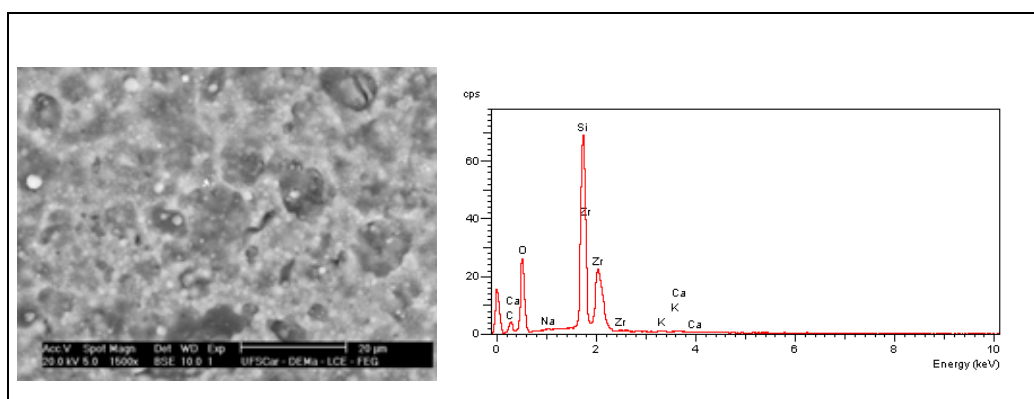


FIGURA 7 – Material imerso em Coca-Cola[®] analisado em MEV (1.500x) e sua respectiva microanálise (EDX).

DISCUSSÃO

5 DISCUSSÃO

As resinas compostas são materiais restauradores que vêm sendo extensamente utilizados devido às suas excelentes propriedades estéticas e à sua capacidade de união ao esmalte e à dentina.⁴⁷ Entretanto, uma de suas desvantagens é a susceptibilidade à alteração de cor com o passar do tempo, uma das maiores razões para a sua substituição.^{8,51} Existem vários fatores que influenciam a estabilidade de cor das resinas compostas.^{3,7,11,13,16,18,20,23,26,35,37,38,40,41,51,54,55,57,58} Neste trabalho, procurou-se avaliar a influência dos fatores fonte de luz e meios de imersão sobre essa propriedade óptica.

No que se refere ao fator fonte de luz isoladamente, observou-se neste estudo que o equipamento de fotopolimerização influenciou na cor da resina, tendo o aparelho de LED apresentado menor valor de alteração de cor ($\Delta E=1,91$) quando comparado ao aparelho dotado de lâmpada halógena convencional ($\Delta E=2,28$) e similar comparado ao halógeno de alta potência ($\Delta E=2,05$). Entretanto, as variações de cor não foram clinicamente relevantes para nenhuma das fontes de luz.³⁵

Esse fato provavelmente ocorreu devido a fonte de luz interferir na efetividade da conversão polimérica⁴⁰, pois a qualidade da reação de polimerização associada à composição da matriz resinosa²¹ e o grau de conversão do fotoiniciador²³ são elementos responsáveis pela estabilidade de cor dos materiais restauradores estéticos^{21,22,23,29,46}.

Resultados semelhantes ao deste estudo foram encontrados por Pires-de-Souza et al.⁴⁰ os quais verificaram que o equipamento LED testado também apresentou

menores alterações de cor para uma resina híbrida quando comparado a um aparelho halógeno convencional. Por outro lado, uma pesquisa realizada por Usumez et al.⁵⁶ (2005), mostrou não haver diferença estatística nos resultados de alteração de cor quando foram comparados os diferentes tipos de fontes de luz (halógena convencional, halógena de alta potência e LED), sendo o mesmo comportamento encontrado por Jorge²⁵. Em contrapartida, Soares et al.⁵¹ (2007) observaram alterações químicas na matriz resinosa das resinas polimerizadas pelo LED, as quais produziram maior manchamento do compósito quando esse aparelho foi comparado com a fonte de luz halógena. Apesar de não ter estudado a tecnologia LED, Domingues et al.¹², avaliando diferentes aparelhos de luz halógena, observaram menor alteração de cor para aqueles com maior densidade de potência.

Embora a tecnologia de fotopolimerizadores do tipo LED venha sendo amplamente estudada,^{17,24,30,31,32,33,42,44,48,52,53} existem poucos trabalhos na literatura comparando a influência desse aparelho e do tipo convencional sobre a estabilidade de cor de resinas compostas^{1,2,25,40,51,56}. Tal fato faz com que não se chegue a um consenso em relação ao equipamento que apresente os melhores resultados. Neste estudo, acredita-se que a superioridade do LED em relação aos aparelhos convencionais deu-se em função de ter-se utilizado um LED de alta densidade de potência ($790\text{mW}/\text{cm}^2$), ao passo que, nos trabalhos acima referidos, foram utilizados LEDs de baixa e média densidade de potência ($130\text{mW}/\text{cm}^2$ - $175\text{mW}/\text{cm}^2$ e $285\text{mW}/\text{cm}^2$, respectivamente). De acordo com Bala et al.⁴ (2005), os aparelhos LED com alta densidade de potência promovem maior grau de conversão monomérica,

permitindo, dessa forma, que alcancem melhores resultados em relação às características dos materiais polimerizados. Um outro fator a ser levantado é que o LED apresenta maior pureza espectral que o convencional, uma vez que possui estreita faixa de emissão de luz com comprimento de onda entre 450nm-490nm, com pico de emissão em 470nm, sendo esta a faixa de luz azul coincidente com o espectro de absorção da maioria dos fotoiniciadores contidos nas resinas compostas, o que permite aproveitamento total da luz emitida³⁶. Além disso, o processo de obtenção de energia luminosa e seu aproveitamento pelos LEDs é maior do que o da lâmpada halógena já que esta somente consegue converter 1% da energia total produzida para a forma de luz, enquanto que o restante é dissipado na forma de calor, o que pode resultar danos^{6,50}.

Além da alteração de cor, observou-se que a fonte de luz também interferiu na alteração da luminosidade da resina estudada, chamando a atenção para a obtenção de valor negativo para o Jet Lite ($\Delta L = -0,23$). Como o Jet Lite é um aparelho de luz halógena de alta densidade de potência (maior do que o Ultralume 5 e XL3000), pode promover, durante a fotoativação acelerada, formação das cadeias poliméricas com menor peso molecular e de monômeros residuais e, conseqüentemente, polimerização parcial do material, permanecendo parte do fotoiniciador inativo. A canforoquinona, que é o fotoiniciador da Filtek Supreme, apresenta tom amarelo e quando fotoativada altera sua cor, tornando-se “transparente”. Contudo, de acordo com Caughman et al.⁹, Feilzer et al.¹⁵, Janda et al.²³ e Pires-de-Souza et al.⁴⁰, quando a irradiação não é suficiente, pequena quantidade de canforoquinona permanece inativa, ocasionando

um remanescente amarelo na cor final da resina composta, podendo dar uma tonalidade mais escura ao material e este provavelmente pode ser um dos fatores que pode ter interferido na luminosidade da resina composta quando fotoativada por esse aparelho.

Em face ao exposto, pôde-se observar que a fonte de luz é um fator importante a ser levado em consideração quando se realiza uma restauração estética com resina composta. Todavia, esse não é o único fator que exerce influência sobre a estabilidade de cor desse material, devendo-se considerar outros aspectos, como os meios de imersão.^{5,19, 28,34 ,39,49,60}

Neste estudo, notou-se que, independentemente do tipo de fotopolimerizador empregado e do tempo, o meio de imersão que apresentou menor estabilidade de cor foi o café ($\Delta E=8,40$; $\Delta L=-5,21$). Os manchamentos ocasionados pelo chá ($\Delta E=2,13$; $\Delta L=-0,48$) e pela saliva artificial ($\Delta E=1,73$; $\Delta L=0,96$) apresentaram comportamentos semelhantes entre si e menores que o do café, porém maior que o da Coca-Cola[®] ($\Delta E=1,43$; $\Delta L=0,36$). Nesse caso, pode-se verificar que, de maneira geral, somente o café ultrapassou o limite clinicamente aceitável, sendo considerada uma alteração extremamente marcante³⁵, enquanto os demais meios de imersão promoveram alterações levemente perceptíveis³⁵ (saliva e chá) ou imperceptíveis³⁵ (Coca-Cola[®]).

Comparando-se os resultados deste trabalho com os de Patel et al.³⁹, nota-se que os valores de ΔE encontrados para os espécimes imersos em café foram maiores, porém os submetidos à Coca-Cola[®] apresentaram-se similares. Ertas et al.¹⁴ (2006), comparando a imersão da resina composta Filtek Supreme em diferentes meios (café,

chá, vinho tinto, Coca-Cola® e água), verificaram que tanto a água como a Coca-Cola® mostraram leve alteração de cor, enquanto o chá, o café e o vinho apresentaram maior influência sobre o manchamento desse material.

Como constatado neste estudo, a saliva artificial também promoveu uma ligeira alteração de cor nos espécimes ($\Delta E=1,73$), classificada como levemente perceptível³⁵. O mesmo resultado foi obtido por Omata et al.³⁷ (2006), os quais, comparando a alteração de cor de espécimes de resina composta imersos em água destilada e em saliva artificial, observaram que o grupo da água destilada não sofreu alteração de cor ao passo que o da saliva artificial sim. Segundo os autores, a saliva artificial pode promover manchamento pela presença de mucina em sua composição, que é uma substância de cor amarelada. Contudo, neste estudo, essa justificativa não se enquadra por dois motivos: a saliva artificial utilizada não apresentava mucina em sua composição e a variação de cromaticidade do eixo azul-amarelo apresentou-se negativa ($\Delta b=-1,00$), demonstrando uma tendência da cor para o azul e não para o amarelo. Portanto, uma hipótese a ser levantada seria a deposição de minerais sobre a superfície dos espécimes formando uma película esbranquiçada, o que pode ser confirmado na Figura 4, que mostra a deposição de cálcio na superfície do espécime, e pelo aumento da luminosidade dos corpos-de-prova imersos em saliva artificial.

Pôde-se observar que, a Coca-Cola® foi o meio de imersão que promoveu menor alteração de cor dos espécimes. De acordo com Bagheri et al.⁵, Ertas et al.¹⁴, Um, Ruyter⁵⁵ e Villalta et al.⁵⁸, embora essa bebida apresente um baixo pH e esse fato possa prejudicar a integridade da superfície do material restaurador, ela não tem a

capacidade de produzir descoloração semelhante às do café e do chá, pois não apresenta o corante amarelo. Essas justificativas puderam ser constatadas neste trabalho pela observação da variação negativa ($\Delta b = -0,89$) de cromaticidade do eixo azul-amarelo (Tabela 3). Observou-se também uma degradação da matriz orgânica (Figura 7) por meio da MEV, degradação essa que não foi capaz de reter grande quantidade de pigmentos a ponto de alterar drasticamente a cor do material.

Ainda em relação aos meios de imersão, verificou-se que tanto o café quanto o chá apresentaram alteração positiva de cromaticidade dos eixos verde-vermelho e azul-amarelo, sendo maiores os valores observados para o eixo azul-amarelo (Tabela 3). Essa tendência ao amarelamento dos espécimes submetidos a esses dois meios de imersão ocorre, porque ambos apresentam corantes amarelos em sua composição^{18,55} de diferentes polaridades. Segundo Fujita et al.¹⁸ (2006) e Um, Ruyter⁵⁵ (1991), os pigmentos de alta polaridade (provenientes do chá) são liberados primeiro e os de baixa polaridade (provenientes do café), liberados mais tardiamente. Em função disso, o manchamento resultante da imersão em chá ocorre pela adsorção do corante na superfície da resina composta, podendo ser removido pela escovação. Por outro lado, a alteração de cor promovida pelo café ocorre tanto pela absorção quanto pela adsorção do corante. A adsorção e a penetração do corante na fase orgânica do material é provavelmente causada pela compatibilidade da fase polimérica da resina composta com o corante amarelo do café. Complementando a análise pela MEV, pôde-se observar uma irregularidade da superfície nesses dois grupos, com presença de pigmentos, possivelmente produzida pela temperatura de imersão nesses meios.

Além da fonte de luz e dos meios de imersão, outro fator a ser considerado na estabilidade de cor da resina composta é o tempo.^{8,34,43,60} Tal fato também foi observado nesta pesquisa. Entretanto, na análise do fator tempo isoladamente, observou-se que a alteração de cor de forma mais acentuada, ocorreu após 30 dias e não nas primeiras horas. Esses dados são discordantes dos outros trabalhos encontrados na literatura^{43,60}, que observaram que as resinas compostas avaliadas sofreram maior manchamento entre as primeiras 24 horas e 7 dias.

A discordância existente entre os valores desta pesquisa com relação ao fator tempo e aqueles encontrados na literatura pode ser atribuída à diferença entre as metodologias. Em todos os estudos citados neste trabalho, os corpos-de-prova eram imersos em seus respectivos meios de imersão durante todo o período do experimento. Por outro lado, neste trabalho, assim como no realizado por Rodrigues Neto⁴⁵, procurou-se simular uma situação clínica e, desta forma, os corpos-de-prova foram imersos em seus meios de imersão por apenas 15 minutos diários.

Analisando a interação entre os fatores estudados nesta pesquisa (fonte de luz e meios de imersão) e o tempo, pode-se observar que o meio de imersão foi aquele que influenciou a alteração de cor da resina composta.

Para o café, houve uma variação da cor da resina desde as primeiras 24 horas de imersão, semelhante à observada por Yazici et al.⁶¹ (2007), ao analisar a mesma resina composta. Essa alteração foi evoluindo a cada período de avaliação até chegar ao valor de $\Delta E=17,49$ após 60 dias, o que configura, de acordo com a classificação adotada pelo *National Bureau of Standards* – NBS³⁵, uma mudança para outra cor.

Embora tenha ocorrido uma grande alteração de cor também nos espécimes imersos em chá, estes se mantiveram com pequena alteração de cor até os 30 dias de experimento e somente tiveram um aumento abrupto no período de 30 dias a 60 dias de imersão, quando o ΔE variou de 4,95 para 10,19. Yazici et al.⁶¹ observaram o mesmo comportamento para o chá. Ainda em relação ao tempo de imersão, pôde-se verificar que a saliva artificial também influenciou de forma marcante a estabilidade de cor da resina composta ($\Delta E_{24\text{horas}}=1,22$; $\Delta E_{60\text{dias}}=9,25$). Em contrapartida, a Coca-Cola[®] foi o meio que apresentou a menor influência na estabilidade de cor da resina composta ($\Delta E_{24\text{horas}}=1,34$; $\Delta E_{60\text{dias}}=2,66$).

De acordo com Soares et al.⁵¹ (2007) e Villalta et al.⁵⁸ (2006), a capacidade de manchamento da resina composta está relacionada a fatores extrínsecos, como a forma de polimerização e o tipo de agente pigmentante, a que ela é submetida e a fatores intrínsecos, como as partículas de carga e a matriz resinosa. Neste estudo, procurou-se observar os fatores extrínsecos relacionados à alteração de cor. Entretanto, os fatores intrínsecos não podem deixar de ser discutidos, uma vez que foi utilizada uma resina composta recentemente desenvolvida.

A estrutura da resina composta e as características de suas partículas têm impacto direto sobre a sua lisura superficial e a sua susceptibilidade ao manchamento por agentes externos. Neste trabalho, a resina composta estudada foi a Filtek Supreme (3M/ESPE), que é um nanocomposto contendo partículas de sílica primária de 20nm e nanoaglomerados de sílica/zircônia com tamanho variando entre 0,6 μm a 1,4 μm . Sua matriz resinosa é composta por Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA e TEGDMA.⁵⁸ De

acordo com Ertas et al.¹⁴, o aglomerado de partículas – *nanoclusters* - presente na Filtek Supreme parece produzir menor resistência à alteração de cor do que as partículas micrométricas de sílica-zircônia presentes em resinas microhíbridas, e isso pode conferir uma característica de alta susceptibilidade à absorção de água para a resina estudada. O dimetacrilato uretano (UDMA) é mais resistente ao manchamento do que o Bis-GMA devido às suas características de baixa sorpção de água e solubilidade. No sistema de resinas microhíbridas, os principais componentes são o Bis-GMA, o UDMA e o Bis-EMA. Além destes, existe ainda uma pequena quantidade de TEGDMA, monômero hidrofílico, misturada ao UDMA e ao Bis-EMA, promovendo uma característica de hidrofobicidade à resina composta. A Filtek Supreme tem a mesma formulação de matriz resinosa que a Filtek Z250 e a P60 (ambas microhíbridas), todavia possui uma quantidade maior de TEGDMA, que, nela, se mistura apenas ao Bis-GMA. Segundo Ertas et al.¹⁴, isso parece ser o fator responsável por sua alta absorção de água e maior susceptibilidade ao manchamento, ou mesmo poderia explicar a degradação da matriz observada na MEV.

Apesar de, neste trabalho, a Filtek Supreme não ter sido comparada a outros tipos de resina composta, pode-se levantar a hipótese de que o alto manchamento provocado pelo café, pelo chá e pela saliva artificial tenha ocorrido também pelas características acima referidas dessa nova resina. Assim sendo, apesar de as resinas compostas nanoparticuladas terem sido desenvolvidas com o intuito de melhorar as propriedades ópticas e físicas do compósito, ainda existem poucos estudos a esse respeito, sugerindo-se que a sua performance seja melhor estudada.

Este estudo in vitro forneceu informações sobre o comportamento da estabilidade de cor do material restaurador estético direto quando fotopolimerizado por diferentes fontes de luz e submetido a diversos meios de imersão. Com os resultados obtidos, pretende-se contribuir com os profissionais que trabalham com a odontologia estética de forma a alertá-los para a necessidade de se analisar a fonte de luz mais favorável para cada tipo de material restaurador e de paciente, levando-se em consideração os seus hábitos alimentares e o consumo de bebidas contendo corantes.

CONCLUSÃO

6 CONCLUSÃO

Baseado na metodologia aplicada e nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- O Ultralume LED 5 foi a fonte de luz que promoveu maior estabilidade de cor da resina composta;
- O café foi o meio de imersão testado que exerceu maior influência na estabilidade de cor da resina composta, seguido pelo chá.
- O tempo de imersão influenciou gradativamente a estabilidade de cor da resina composta até 30 dias de imersão, sendo a sua maior atuação observada no período de 30 a 60 dias.
- A morfologia superficial da resina composta não foi influenciada pela fonte de luz e sim pelos meios de imersão.

REFERÊNCIAS

7 REFERÊNCIAS*

1. Aravamudhan K, Rakowski BS, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity distance using LED curing lights. *Dent Mater.* 2006; 22: 988-94.
2. Aravamudhan K, Floyd CJE, Rakowski BS, Flaim G, Dickens SH, Eichmiller FC, et al. Light-emitting diode curing light irradiance and polymerization of resin-based composite. *J Am Dent Assoc.* 2006; 137: 213-37.
3. Asmussen E. Factors affecting the color stability of restorative resins. *Acta Odontol Scand.* 1983; 41:11-8.
4. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent.* 2005; 33: 389-98.
5. Bala O, Ölmez A, Kalayci S. Effect of LED and halogen light curing on polymerization of resin-based composites. *J Oral Rehabil.* 2005; 32:134-40.
6. Barghi N, Berry T, Hatton C. Evaluating intensity output of curing lights in private dental offices. *J Am Dent Assoc.* 1994; 22(7): 97-102.
7. Braden M. The absorption of water by acrylic resins and other materials. *J Prosthet Dent.* 1964; 14: 307-16.
8. Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *J Prosthet Dent.* 2002; 87: 264-70.

*De acordo com o estilo Vancouver. Disponível em:
http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

9. Caughman WF, Rueggerberg FA, Curtir Junior JW. Clinical guidelines for photocuring restorative resins. *J Am Dent Assoc.* 1995; 126:1280-6.
10. Debry G. Coffee composition. In: Debry G. Coffee and health. Montrouge: John Libbey Eurotext. 1994. p. 77.
11. 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; 10: 353-62.
12. Domingues LA, Veronezi MC, Maziero LFM, Alem M. A influência da intensidade de luz sobre o manchamento da resina. *RGO.* 2002; 50: 79-83.
13. Dunne SM, Davies BR, Millar BJ. A survey of the effectiveness of dental light-curing units and comparison of light testing devices. *Br Dent J.* 1996; 180: 411-6.
14. Ertas E, Güler AU, Yücel AÇ, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J.* 2006; 25: 371-6.
15. Feilzer AJ Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci.* 1995; 66: 322-6.
16. Ferracane JL, Moser JB, Greener EH. Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins. *J Prosthet Dent.* 1986; 54: 811-4.
17. Fujibayashi K, Ishimaru K, Takahashi N, Kohno A. Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes. *Dent Jpn.* 1998; 34:49-53.

18. Fujita M, Kawakami S, Noda M, Sano I. Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food-simulating solutions. *Dent Mater J.* 2006; 25: 352-9.
19. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2005; 94:118-24.
20. Harrington E, Wilson HJ, Shortall AC. Light-activated restorative materials: a method of determining effective radiation times. *J Oral Rehabil.* 1996; 23: 210-8.
21. Hosoya Y. Five-year color changes of light-cured resin composites: influence of light-curing times. *Dent Mater.* 1999; 15:268-74.
22. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci.* 2004; 112: 280-5.
23. Janda R, Roulet JF, Latta M, Steffin G, Rüttermann S. Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light. *Eur J Oral Sci.* 2005; 113: 251-7.
24. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater.* 2000; 16:41-7.

25. Jorge JRP. Estabilidade de cor de resinas compostas em função de composição e sistemas de fotoativação – avaliação através de espectroscopia de reflectância. [dissertação de mestrado] Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2006.
26. Johnston WM, Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater.* 1997; 13: 89-97.
27. Kaspary, R. Erva mate: aspectos gerais. Porto Alegre: Ed. Treze de Maio; 1991.
28. Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Discoloration of facing restorative composites by UV-irradiation and staining food. *Dent Mater.* 2006; 22: 63-68.
29. Koran P, Kürschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *Am J Dent.* 1998; 11:17-22.
30. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater.* 2001; 17: 309-15.
31. Martin FE. A survey of the efficiency of visible light curing units. *J Dent.* 1998; 26: 239-43.
32. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J.* 1999; 186: 388-91.
33. Mills RW, Uhl A, Jandt KD. Optical power outputs, spectra and dental composite depths of cure, obtained with blue light emitting diode (LED) and halogen light curing units (LCUs). *Br Dent J.* 2002; 193: 459-63.

34. Minelli CJ, Chaves PHF, Silva EMC. Alteração da cor de resinas compostas. Parte I. Influência das soluções de café, chá e vinho. Rev Odontol Univ São Paulo. 1988; 2:143-7.
35. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Özkan Y, Semiz M. Color stability of a dental composite after immersion in various media. Dent Mater J. 2005; 24: 382-90.
36. Nomoto R. Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins. Dent Mater J. 1997; 16: 60-73.
37. 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; 25: 125-31.
38. Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Curing-dependent changes in color and translucency parameter of composite bleach shades. J Esthet Restor Dent. 2002; 14: 158-66.
39. Patel SB, Gordan VV, Barret AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. J Am Dent Assoc. 2004; 135: 587-94.
40. Pires-de-Souza FCP, Garcia LFR, Hamida HM, Casemiro LA. Color stability of composites subjected to accelerated aging after curing using either a halogen or a Light Emitting Diode source. Braz Dent J. 2007; 18: 119-23.
41. Prado Júnior RR, Porto Neto ST. Estudo comparativo da translucidez de materiais restauradores estéticos – efeito de materiais e tempo. Rev Odontol UNESP. 1998; 27: 311-8.

42. Price RBT, Felix CA, Andreou P. Evaluation of a second-generation LED curing light. *J Can Dent Assoc.* 2003; 69: 666.
43. Reis A, Loguercio AD, Schroeder M, Bauer JRO, Rodrigues Filho LE, Busato ALS. Avaliação da estabilidade de cor inicial de diferentes resinas compostas. *Rev Bras Odontol.* 2001; 58:348-50.
44. Ribeiro JPF. Avaliação da microdureza Vickers de um compósito odontológico utilizando aparelho halógeno e a base de LEDs [resumo Pb216]. *Pesqui Odontol Bras.* 2003; 17(supl 2):185.
45. Rodrigues Neto E. Avaliação da influência do selante de superfície sobre a translucidez de resina composta. Efeito de tempos e soluções [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2004.
46. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent.* 1994; 19: 26-32.
47. Santos A. Restaurador estético – resina composta. Estudo de alguns aspectos clínicos de atuais resinas compostas, frente à sorpção de saliva, após receberem diferentes tratamentos superficiais e análise da influência de exotermia de polimerização [tese de doutorado]. Ribeirão Preto: Faculdade de Odontologia da USP; 1989.
48. Santos PA. Avaliação da resistência coesiva e da microdureza de uma resina composta polimerizada com fontes de luz – halógena e LED [dissertação de mestrado]. Bauru: Faculdade de Odontologia da USP; 2005.

49. Santos PA, Palma-Dibb RG, Corona SAM, Catirse ABE, Garcia PPNS. Influence of fluoride-containing solutions on the translucency of flowable composite resins. *J Mater Sci Mater Med*. 2003; 38: 3765-8.
50. Silta YT, Dunn WJ, Peters CB. Effect of shorter polymerization times when using the latest generation of light-emitting diodes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005; 128: 744-8.
51. Soares LES, Cesar ICR, Santos CGC, Cardoso ANMO, Liporoni PCS, Munin E, et al. Influence of coffee on reflectance and chemistry of resin composite protected by surface sealant. *Am J Dent*. 2007; 20: 299-304.
52. Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. *Biomaterials*. 2000; 21: 1379-85.
53. Turbino ML Vinha D, Centola AL, Campos GM. Photopolymerized resins: surface hardness variation in relation to time of polymerization and setting. *Braz Dent J*. 1992; 3: 87-94.
54. Türker SB, Koçak A, Aktepe E. Effect of five staining solutions on the colour stability of two acrylics and three composite resins based provisional restorations. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2006; 14: 2-6.
55. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int*. 1991; 22: 377-86.

56. Uzumez A, Ozturk N, Ozturk B. Two-year color changes of light-cured composites: influence of different light-curing units. *Oper Dent*. 2005; 30: 655-60.
57. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater*. 2004; 20: 530-4.
58. 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; 95: 137-42.
59. Westland S. Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2003; 15(supl. 1): S5-S12.
60. Wiltshire WA, Labuschagne PW. Staining of light-cured aesthetic resin restorative materials by different staining media: an in vitro study. *J Dent Assoc South Africa*. 1990; 45: 561-5.
61. Yazici AR, Celik C, Dayangaç B, Ozgünaltay G. The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. *Oper Dent*. 2007; 32: 616-22.

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 13 de março de 2008.

PATRÍCIA ALEIXO DOS SANTOS