

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

**Avaliação da estabilidade de cor e rugosidade superficial de resinas
compostas micro-híbridadas, submetidas ao processo de envelhecimento
artificial acelerado, em função da fotoativação com lâmpada halógena e
LED**

Odirlei Arruda Malaspina

Bauru

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Avaliação da estabilidade de cor e rugosidade superficial de resinas
compostas micro-híbridadas, submetidas ao processo de envelhecimento
artificial acelerado, em função da fotoativação com lâmpada halógena e
LED**

Odirlei Arruda Malaspina

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo para obtenção do título de doutor em Odontologia, área de Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Batista Franco

Bauru

2009

Malaspina, Odirlei Arruda

M291a Avaliação da estabilidade de cor e rugosidade superficial de resinas compostas micro-híbridas, submetidas ao processo de envelhecimento artificial acelerado, em função da fotoativação com lâmpada halógena e LED./ Odirlei Arruda Malaspina. - Bauru, 2009.

142p. : 26 il.; 30 cm.

Tese. (Doutorado) - Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Batista Franco

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos, fazendo a devida citação da autoria deste trabalho.

Assinatura: _____

Data: ____ / ____ / ____

Odirlei Arruda Malaspina

Dados Curriculares

Filiação	Ovído Malaspina e Mércia Maria Dias de Arruda Malaspina.
Nascimento	16 de março de 1979 Sorocaba – SP.
1997 – 2000	Curso de Graduação em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo.
2001 – 2002	Especialização em Radiologia pela Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas (APCD) regional Bauru.
2003-2005	Curso de Pós-Graduação em Odontologia em nível de Mestrado, Área de Dentística, opção Materiais Dentários, na Faculdade de Odontologia de Bauru, USP.
2005-2009	Curso de Pós-Graduação em Odontologia em nível de Doutorado, Área de Dentística, na Faculdade de Odontologia de Bauru, USP.
2009-	Ingresso no Exército Brasileiro e conclusão do EAS como Aspirante a Oficial Dentista.

Folha de Aprovação

Trabalho realizado no Laboratório de Materiais Dentários do Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo e Laboratório de Pesquisa de Biocompatibilidade de Materiais do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo.

Apoio: CNPq Processo n°: 140300/2006-6.

Dedicatória

A **Deus**, por me proporcionar obstáculos e escadas nas dimensões exatas.

Aos meus pais Ovídio (im memorian) e Mércia, pelo incentivo aos estudos e a minha irmã
Érica por seu afeto irrestrito.

A minha esposa Tatiana por sua indescritível ajuda, apoio incondicional, paciência infinita,
amor imensurável, estímulo insistente e cuidados afetuosos durante todas as etapas deste
Doutoramento.

A todos aqueles que ajudaram sejam me incentivando, me apoiando ou me inspirando neste
trabalho.

Agradecimentos

Aos Meus pais **Ovídio Malaspina** (em memória) e **Mércia Maria dias de Arruda Malaspina** e a minha irmã **Érica**.

À minha esposa **Tatiana Salles de Souza Malaspina**, por me alegrar nas horas difíceis, compartilhar os momentos alegres, pela compreensão, companheirismo e incentivo irrestrito e inestimável.

A minha segunda família **Wilson, Alice e Thiago** pelo acolhimento e pela torcida constante.

Ao meu orientador Prof. Dr. **Eduardo Batista Franco** idealizador deste trabalho por sua ilimitada ajuda e orientação na confecção e redação, por sua paciência, pelo exemplo de incessante trabalho nas mais diversas tarefas, entre elas a chefia do Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários, e dedicação à construção de solidas bases ao conhecimento científico odontológico.

A Prof^a. Dr^a **Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza** por co-idealizar juntamente com meu orientador este trabalho e permitir a utilização da estrutura de pesquisa do Departamento ao qual pertence para a confecção de uma porcentagem essencial da parte prática deste trabalho. Por sua orientação e acolhimento durante minha estada em Ribeirão Preto.

Agradeço imensamente ao Prof. Dr. **José Mondelli** por ter sido meu professor e me incentivar ao caminho da docência e pesquisa. Se a FOB foi a mãe de minha formação em nível superior, ele foi meu pai.

A Disciplina de Dentística da Faculdade de Odontologia de Bauru-USP.

Em nome dos Docentes:

Prof. Dr. Carlos Eduardo Francischone

Prof. Dr. José Carlos Pereira

Profª. Drª. Linda Wang

Profª. Drª. Maria Fidela de Lima Navarro

Profª. Drª. Maria Teresa Atta

Prof. Dr. Rafael Francisco Lia Mondelli

Prof. Sérgio Kyoshi Ishikiriama

E não Docentes:

Ângela Maria Amantini

Benedito Bueno de Moura

Clélia Rita C. Capossi dos Santos

Elisabeth dos Santos Cariani

Nelson Queiroz

Wilson Fiorillo Júnior

Zuleica Valderes Roberto

Aos Professores da Disciplina de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru-USP, Profs. Drs. **César Antunes de Freitas, Paulo Afonso Silveira Francisconi e Paulo Amarante de Araújo.**

Ao **Edson Volta** técnico responsável pelo Laboratório de Pesquisa de Biocompatibilidade de Materiais do Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo. Por sua ajuda com a utilização do Sistema Acelerado de Envelhecimento para materiais não-metálicos C-UV.

Aos **funcionários da Seção de Pós-Graduação** da Faculdade de Odontologia de Bauru, sempre dispostos a ajudar, agradeço pelas orientações precisas.

À **Faculdade de Odontologia de Bauru** da Universidade de São Paulo, na pessoa de seu Diretor Prof. Dr. **Luiz Fernando Pegoraro** e da coordenadora da Pós Graduação **Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado.**

Aos meus colegas da pós-graduação **Adilson, Ana Francischone, Juliana, Maria Cecília, Nádia, Renato e Ticiane.**

Aos amigos que sempre estiveram juntos nos momentos de descontração, desespero, e divagações acerca do futuro pessoal e profissional **Adilson Furuse, Ana Raquel Benetti, Etiene Munhoz, Augusto Bodanezi, Juan Carlos, Ana Dolores, Leonardo Cunha,**

Juan Rommel, Juliano Pessan, Renato, Ana Paula, Ana Francischone, Flávia Italiani e Fábio Shiratori. Que o fardo lhes seja leve e o caminho iluminado.

Ao Prof. Dr. **José Roberto Pereira Lauris**, da Disciplina de Odontologia Social da Faculdade de Odontologia de Bauru-USP pelo auxílio com a utilização dos testes estatísticos.

Ao meu amigo Prof. Dr. **Marcelo Agnolleti Pereira** pelas oportunidades oferecidas.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Bauru-USP.

Ao Governo do estado de São Paulo, na pessoa de seu Governador **José Serra** por proporcionar a minha graduação e pós-graduação.

Ao CNPq por fomentar minha pesquisa.

Ao Exército Brasileiro nas pessoas de seu Comandante **General Enzo** e do **General Eduardo** Comandante da 2ª Região Militar, por me propiciarem experiências intensas de camaradagem, civismo, patriotismo, liderança e superação de limites físicos e mentais.

Aos meus colegas de trabalho oficiais **Tenentes Dentistas Turci, Figueiredo, Dias, Toledo, Mancini e Novais** pelo companheirismo, apoio e sentido de corpo.

Aos meus colegas de trabalho Praças: **Sargentos Débora, Cardoso, Senna, Almeida, Mourisco, Tatiane e Fernandez; Cabos Denis, Rosal e Lima Freitas e Soldados Lima, Silva Santos e Diaz** pela dedicação, auxílio, presteza e suporte operacional às atividades diárias.

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

*Caso este trabalho fosse mais laborioso eu não teria conseguido,
caso fosse mais fácil, não teria chegado ao meu limite.*

Resumo

Resumo

O estudo avaliou, *in vitro*, as variáveis relacionadas à alteração de cor e à rugosidade superficial das resinas compostas micro-híbridas: Charisma (Heraeus-Kulzer), Filtek Z-250 (3M - Espe), Herculite XRV (Kerr), Opallis (FGM), TPH Spectrum (Dentsply) e W3D (Wilcos), antes e após o envelhecimento artificial acelerado, tendo como fatores de variação duas fontes de luz, lâmpada halógena e LED, com densidades de potência de 300 mW/cm² ou 600 mW/cm². Foram confeccionados 240 corpos-de-prova distribuídos em grupos de 10 unidades para cada condição de estudo totalizando 24 grupos constituídos por 4 protocolos de fotoativação para cada marca de resina composta. Estes corpos-de-prova foram armazenados em água deionizada, ao abrigo de luz e a temperatura de 37°C por 1 semana quando então receberam polimento superficial com discos Diamondpro (FGM). Sequencialmente, os mesmos foram submetidos às análises iniciais de rugosidade superficial (rugosímetro Hommler Tester T1000 basic) e de cor (Espectrofotômetro EasyShade). Decorridas 24 horas, os espécimes foram submetidos ao Sistema de Envelhecimento Acelerado para materiais não metálicos C-UV por 384 horas quando então foram novamente realizadas as leituras de rugosidade e cor. Os valores de rugosidade superficial e alteração de cor das resinas compostas, após o processo de envelhecimento acelerado, demonstraram alterações significativas, sendo os valores de ΔE muito superiores ao considerado clinicamente aceitável ($\Delta E \leq 3,3$). De forma geral, o efeito exercido pelos protocolos de fotoativação não permitiu distinguir a influência direta das irradiâncias das fontes de luz no comportamento das diferentes resinas compostas, observando-se uma correlação positiva média entre rugosidade superficial e a alteração de cor.

Palavras-chave: resina composta. cor. rugosidade.

Abstract

Abstract

Color stability and surface roughness of micro hybrids resins polymerized by LED or halogen light irradiation after accelerated aging.

This study aimed to evaluate changes in color and surface roughness, before and after artificial accelerated aging of six micro hybrids composites resins (comparable to Vita shade A2) cured by quartz tungsten halogen (H) or a light emitting diode (L) polymerization unit with 300 mW/cm² or 600 mW/cm². Forty disc specimens (7 x 2 mm) were prepared for each composite (Charisma®, Filtek Z-250®, Herculite XRV®, Opallis®, TPH Spectrum®, W3D®), being 10 specimens for each condition (Q 300/600 mW/cm² or L 300/600 mW/cm²). After cured, each specimen was evaluated by color (Easy Shade® spectrophotometer) according to CIE L*a*b* color scale and by surface roughness (Hommelwerke GmbH) Ra values before and after submitting to artificial accelerated aging (4 h UV-B/4 h condensing vapor) for 384 hours total. The surface roughness and color change values of composite resins, after the process of accelerated aging, showed significant changes. Also, the values of ΔE after accelerated aging were much higher than the values considered clinically acceptable ($\Delta E \leq 3.3$). In general, the protocols' curing effects showed varied influence over different composite resins and a positive correlation between average change in surface roughness and color change after accelerated aging process.

Keywords: composite resin. color. roughness

Sumário

Introdução.....	29
Revisão de Literatura.....	37
Proposição	61
Material e Métodos.....	65
Resultados.....	79
Discussão	103
Conclusão.....	121
Referências Bibliográficas	129
Anexos	135

Introdução

1- Introdução

A estética facial e corporal tornou-se de tal maneira valorizada na sociedade atual que a cada dia aumenta o número de pacientes em busca de tratamentos e intervenções, cirúrgicas ou não, que os ajudem a melhorar sua aparência. No campo da Odontologia, este fato pode ser facilmente confirmado pelo aumento, nos últimos 30 anos, do uso de materiais restauradores que reproduzam a cor natural dos dentes. (LYNCH; MCCONNELL; WILSON, 2006; MJOR; MOORHEAD; DAHL, 1999).

Os dentes anteriores, devido a sua própria localização, configuram-se como elementos de uma pintura artística emoldurados pelos lábios, sendo que a harmonia estética torna-se preponderante dentro do conjunto dento-facial e qualquer intervenção deve significar uma perfeita mimetização dos dentes, mantendo-se seu estado natural quando da realização de restaurações estéticas. Atualmente, a resina composta de inserção direta, apresenta-se como o material restaurador de primeira opção, devido à ampla disponibilidade de cores, além de sua alta capacidade de simulação das características ópticas do dente natural, caso seja utilizada a correta técnica operatória.

Dentre as características relacionadas à resina composta, a estabilidade de cor tem se constituído em um dos parâmetros clínicos mais importantes para o sucesso de uma restauração estética e, de acordo com DOUGLAS (DOUGLAS, 2000), uma das principais causas para substituição de restaurações. Assim, a literatura científica tem apresentado inúmeros trabalhos com o intuito de avaliar as alterações na cor das resinas compostas (BRACKETT et al., 2007; BRAUER, 1988; CHOI et al., 2005; DOUGLAS, 2000; FERRACANE; MOSER; GREENER, 1985; INOKOSHI et al., 1996; JANDA et al., 2004; JANDA et al., 2007; JANDA et al., 2005; JOHNSTON; REISBICK, 1997; KIM, I.J.; LEE, 2007; KIM, S.H.; LEE, 2008; KOLBECK et al., 2006; LEE, 2005b; LEE; LIM; KIM, 2003;

LEE et al., 2001b, 2001a; LEE; LU; POWERS, 2006; LEE; POWERS, 2001, 2004; LU; POWERS, 2004; LUIZ et al., 2007; MARCHANT; ONYANGO, 2001; MUTLU-SAGESEN et al., 2005; PARAVINA; KIMURA; POWERS, 2005; PIRES-DE-SOUZA FDE et al., 2007; POWERS; BARAKAT; OGURA, 1985; POWERS; DENNISON; KORAN, 1978; RAGAIN; JOHNSTON, 2000, 2001; RUTTERMANN et al., 2008; RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987; SARAFIANOU et al., 2007; SATOU et al., 1989; SCHULZE et al., 2003; SEGHI; GRITZ; KIM, 1990; STAVRIDAKIS; KAKABOURA; KREJCI, 2005; STOBER; GILDE; LENZ, 2001; TAKAHASHI et al., 2008; VICHI; FERRARI; DAVIDSON, 2004; VICHI et al., 2007; YAP; SIM; LOGANATHAN, 1999; ZAMARRIPA et al., 2008).

Estas alterações na cor das resinas compostas, geralmente, enquadram-se em uma das seguintes situações: 1) descolorações externas devido ao acúmulo de placa e manchas; 2) alterações na superfície ou sub-superfície implicando em degradação superficial com suave penetração e impregnação de agentes corantes na camada superficial de resina composta (adsorção); 3) descolorações intrínsecas devido às reações físico-químicas nas camadas mais internas da restauração (STOBER; GILDE; LENZ, 2001).

Como as resinas compostas disponíveis no mercado odontológico apresentam composição diversificada não é possível identificar, inicialmente, um único fator como sendo o causador das alterações de cores sofridas pelo material, sendo, possivelmente, a alteração de cor final um resultado da interação, em maior ou menor grau, destes diferentes componentes existentes. Como forma de se analisar estes diferentes parâmetros, a espectrofotometria e a colorimetria têm sido aplicadas em estudos *in vitro*, tentando viabilizar o entendimento das alterações de cor das resinas compostas (RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987; SCHULZE et al., 2003; STOBER; GILDE; LENZ, 2001; ZAMARRIPA et al., 2008).

Sabe-se que as partículas inorgânicas têm um impacto direto na lisura de superfície da resina (PIRES-DE-SOUZA FDE et al., 2007) logo, interferem na suscetibilidade a

manchamentos extrínsecos e os componentes resinosos podem, também, influenciar na descoloração intrínseca. Concomitantemente, a afinidade da resina por corantes é modulada por seu grau de conversão e por suas características químicas. Um insuficiente grau de conversão da resina facilita a absorção de algumas substâncias corantes e a camada inibida gerada pelo oxigênio, na superfície da restauração ou em porosidades internas, pode induzir descoloração do material. Outros componentes químicos da parte orgânica, especialmente aqueles que não sofrem reação, como os inibidores, aceleradores e filtros ultravioletas, também podem alterar os componentes de cor de uma resina (JANDA et al., 2004).

Da mesma forma a cor intrínseca dos compósitos pode ser alterada como resultado do envelhecimento do compósito sob várias condições físico-químicas como a luz visível, irradiação UV, alterações de temperatura e umidade (FERRACANE; MOSER; GREENER, 1985). Em particular, estresse físico-químico induz degradação da superfície e sub-superfície dos compósitos, favorecendo a formação de micro-trincas que se propagam acompanhando as interfaces existentes entre a carga inorgânica e a matriz da orgânica da restauração, sendo, ainda, caminho preferencial para a penetração de corantes (MAIR, 1991).

Além da composição dos materiais, o acabamento e o polimento também podem influenciar a rugosidade de superfície da resina, relacionando-se com o manchamento precoce da restauração (JUNG, M.; SEHR; KLIMEK, 2007).

Adicionalmente, nos últimos anos, novas fontes fotoativadoras têm sido empregadas para promover a fotopolimerização das resinas compostas. As tradicionais lâmpadas halógenas ainda são amplamente empregadas para este fim, não obstante algumas características desfavoráveis como: aquecimento acentuado, por depender de lâmpada incandescente, que implica em menor vida útil do bulbo e refletor, apresentando uma média de 100 horas de vida útil, necessidade de filtro óptico para seleção da faixa espectral

específica para a fotopolimerização, ou seja, com comprimento de ondas entre 400 e 500 nanômetros (JUNG, Y.H. et al., 2009).

Na tentativa de minimizar os problemas das tradicionais lâmpadas halógenas, uma tecnologia alternativa foi introduzida no mercado odontológico, utilizando diodos emissores de luz, denominados como LED, que superam os inconvenientes do sistema halógeno, uma vez que são compostos por semicondutores e emitem luz azul dentro do comprimento de onda da luz visível e mais próximo ao pico máximo de absorção do agente fotossensível mais utilizado nas resinas compostas atuais, a canforquinona. Não obstante emitirem luz com densidade de potência semelhante às lâmpadas halógenas, a energia radiante dos fótons emitidos pelos aparelhos do sistema LED difere dentro do espectro eletromagnético, pois a faixa espectral é mais estreita (450-490 nanômetros) do que para a tecnologia halógena (400-500 nanômetros), inferindo em efeito fotoelétrico que pode influenciar no grau de conversão do monômero, assim como no arranjo espacial das cadeias poliméricas formadas (JUNG, Y.H. et al., 2009).

Considerando que o resultado do processo de degradação da resina composta envolve um tempo clínico imprevisível, a adoção de metodologia laboratorial que permita acelerar o processo envelhecimento do material torna-se fundamental para antever alterações em período menor ao que seria observado clinicamente. Nesse sentido, o sistema de envelhecimento acelerado pode ser utilizado, laboratorialmente, para simular forças da natureza, predizendo a durabilidade relativa dos materiais expostos a ciclos de (ASTM, 2006; RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo principal evidenciar o efeito da fotoativação sobre a alteração de cor e do comprometimento na textura superficial de algumas resinas compostas micro-híbridas, disponíveis no mercado odontológico nacional, a partir de sua irradiação com diferentes densidades de potência e energias radiantes com dois sistemas

Introdução

de emissão de luz, halógena e LED, antes a após o seu envelhecimento em laboratório pelo processo de envelhecimento artificial acelerado.

Revisão da Literatura

2- Revisão da Literatura

Este capítulo foi didaticamente dividido em duas partes, a primeira trata da teoria da cor e em uma segunda parte são apresentados alguns dos trabalhos que deram suporte para o desenvolvimento da pesquisa. Tal divisão tem o intuito de imbuir o leitor com informações sobre a teoria da interpretação das cores e posteriormente apresentar os artigos mais relevantes para o melhor entendimento do problema e discussão dos diferentes assuntos abordados, deste trabalho.

2.1 Teoria da cor

Tendo em vista a profundidade do tema, o presente trabalho se limita a apresentar os conceitos que darão suporte ao entendimento da pesquisa aqui realizada.

A cor, como propriedade óptica, não é uma propriedade inerente à luz, mas sim resultante do efeito da reflexão das ondas de luz pelo material observado (CUI et al., 2002). O sistema mais usado para a padronização de cores, até a década de 70, foi idealizado por Munsell, onde as dimensões da cor eram compreendidas por matiz, valor e croma, que são os componentes conceituais de sua teoria tridimensional (CLARK, 1931).

O matiz é a primeira das dimensões da cor, é a característica com a qual distinguimos uma família de cor da outra, como o vermelho do amarelo ou o verde do azul. Cada matiz é sub-dividido em dez segmentos de intervalos regulares (SPROULL, 2001).

O valor é a característica por meio da qual distinguimos uma cor clara de uma cor escura, e é representado no sólido de cores de Munsell pelo eixo polar acromático que vai de uma extremidade a outra. O valor de uma cor é determinado pela quantidade de cinza, na escala de valores. Um número infinito de graduações de cinza entre o preto e o branco é possível, porém o Sistema de Munsell utiliza apenas nove graus de cinza.

O croma é a terceira dimensão da cor, sendo a característica pela qual distinguimos a intensidade de um matiz característico, ou seja, uma cor viva ou forte de uma cor fraca. As graduações do croma são referentes aos raios da roda do Sistema de Munsell.

A notação usada no Sistema de Munsell menciona primeiramente o matiz, que é colocado à esquerda; o valor é colocado acima da linha inclinada e à direita do símbolo do matiz sendo expresso por um número. O croma também expresso por um número é colocado à direita da linha inclinada. O formato de uso comum é H V/C. O H é precedido por um número para indicar a subdivisão precisa do matiz. Por exemplo, 5R 5/10, em que 5P é o código da cor violeta, 5 significando luminância média e saturação 10 indicando um alto grau de pureza, assim designação fornece a identificação exata de uma cor que é compreendida internacionalmente (CLARK, 1931).

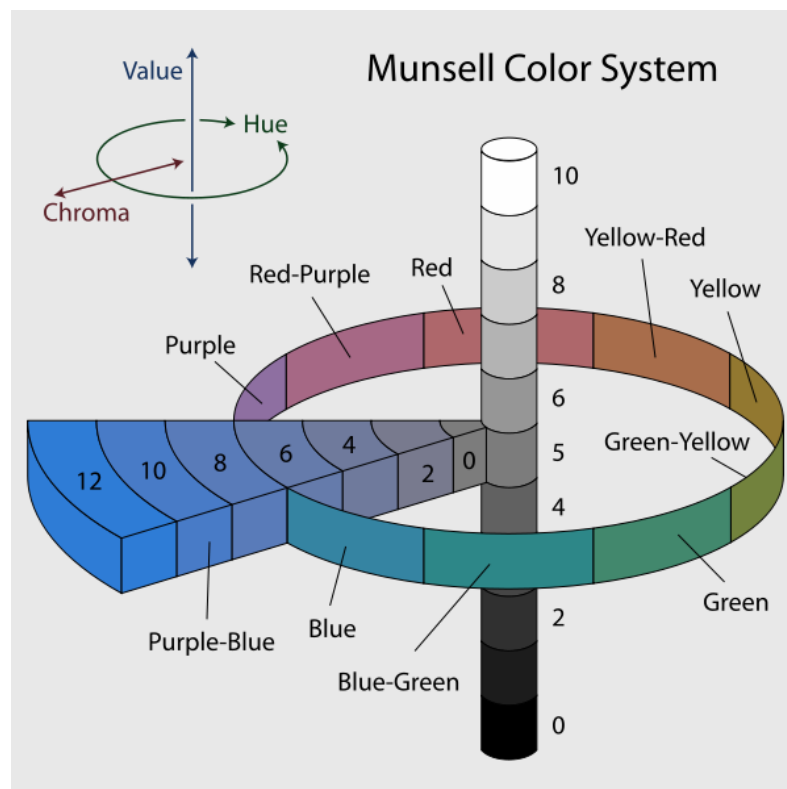


Figura 1. A ilustração do sistema Munsell de cores mostra: um círculo de matizes ao nível de luminância 5 e saturação 6; um eixo de luminosidade neutra de 0 até 10; e purezas da cor violeta-azul (SPB) ao nível de luminosidade 5. Cedido por Jacobolus.

Em 1976, a Comissão Internacional de Iluminação (*Commission Internationale l'Éclairage – CIE*) definiu um universo de cor denominado CIE-Lab que suporta a teoria de que a percepção da cor é baseada em três receptores distintos nos olhos (vermelho, verde e azul). Atualmente este é o padrão de cor mais utilizado. O CIE-Lab representa o universo da cor uniforme, onde distâncias equivalentes correspondem a diferenças de cor semelhantes em sua percepção (CIE., 1986a).

Neste universo de cor tridimensional, os eixos são identificados por L^* , a^* e b^* . O valor L^* é a medida da luminosidade de um objeto e é quantificado em uma escala na qual o preto puro tem valor de L^* igual a zero e valor de L^* igual a 100 para um reflexo completamente dissipado (branco puro). O valor de a^* é a medida da quantidade de vermelho (a^* positivo) ou verde (a^* negativo). O valor de b^* é a medida da quantidade de amarelo (b^* positivo) ou azul (b^* negativo). As coordenadas a^* e b^* aproximam-se de zero para cores neutras (branco, cinza) e aumentam de magnitude para cores mais saturadas ou intensas (Figura 02). A vantagem do sistema CIE-Lab é que as diferenças de cores relatadas pela percepção visual e significância clínica podem ser expressas em unidades (O'BRIEN et al., 1997).

Cabe ressaltar que a cor é uma resposta psicofísica à interação física da energia da luz com um objeto e à experiência subjetiva individual de um observador. Segundo JOINER, 2004, três fatores podem influenciar a percepção da cor: a fonte de luz, o objeto que está sendo observado e o observador que está vendo o objeto. A fonte de luz pode emitir energia radiante com comprimento de onda variável e isto é caracterizado pela relativa quantidade de energia emitida em cada comprimento de onda em um espectro visível. A fonte de luz que ilumina um objeto afeta a percepção da cor, já que fontes individuais contêm quantidades variáveis de luz em cada comprimento de onda. A refletância espectral de um objeto

caracteriza a cor que o compõe. Por exemplo, um objeto vermelho parece vermelho primeiramente porque reflete mais comprimentos de onda vermelhos do que verdes e azuis. (JOINER, 2004).

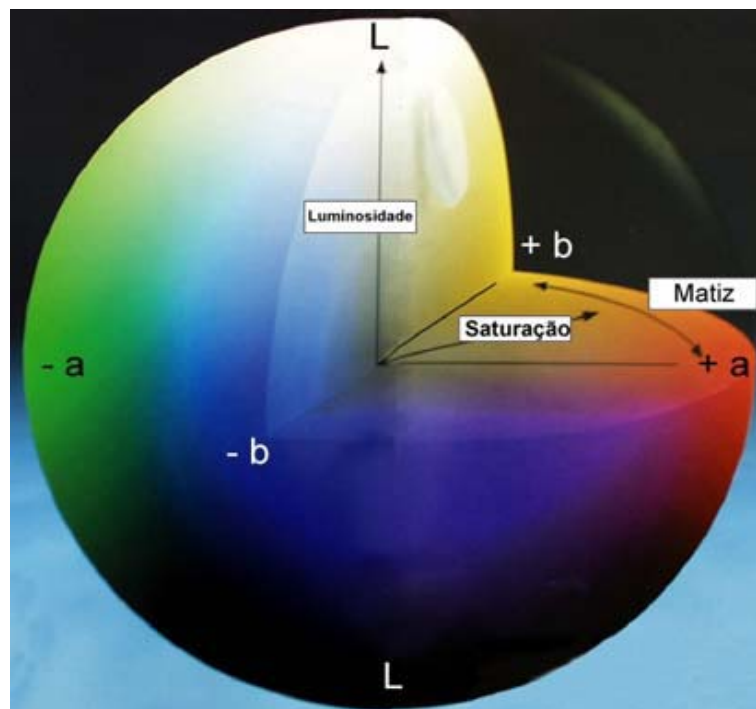


Figura 2. Sistema de coordenadas de cores CIE-Lab.

2.1.1 Iluminante

A Comissão Internacional de Iluminação (*Commission Internationale l'Éclairage* – *CIE*) considera como iluminantes padrões primários apenas o iluminante CIE A (lâmpada de filamento de tungstênio incandescente e gás confinado, tendo a mesma distribuição de potência espectral relativa de um radiador ideal operando com temperatura de cor de 2856 K) e o iluminante CIE D65 (o qual simula a fase do dia da luz solar com temperatura de cor de aproximadamente 6504 K) (CIE., 1986a; MARCHANT; ONYANGO, 2001; PARK; LEE; LIM, 2006).

Existem outras fontes de luz derivadas do iluminante CIE A, mas estas são consideradas secundárias pela comunidade científica. Entre estes, temos o iluminante CIE B (distribuição espectral relativa próxima da luz do sol direta) e o iluminante CIE C (representando a luz do dia médio) (SCHANDA, 1998).

2.1.2 Objeto

Quando a luz incide sobre a superfície de um corpo podem ocorrer diferentes processos, dentre eles a reflexão, transmissão, absorção, espalhamento, fluorescência, fosforescência ou mesmo reações químicas.

A cor do material depende da quantidade e do tipo de espalhamento e absorção que a luz incidente sofrerá, caso não haja absorção, mas exista uma mesma quantidade de reflexão e espalhamento e para cada comprimento de onda de luz visível, o material é visto como branco; caso haja absorção total da luz incidente ele é visto como preto e se houver uma combinação entre absorção e espalhamento ou reflexão, o material apresentará alguma cor presente entre aquelas existentes dentro do espectro de cores da luz incidente (SCHANDA, 1998). Assim um objeto que se apresente branco sob os efeitos de uma luz branca se apresentará vermelho sob os efeitos de uma luz vermelha ou azul se a luz incidente apresentar seu comprimento de onda entre 440-490 nm.

Outro fator que pode influenciar a determinação da cor de um objeto é a condições da superfície da amostra, em especial, nas medições feitas por meios instrumentais (CHOI et al., 2005; OKUBO et al., 1998). A determinação de cor por meios instrumentais é mais precisa se a superfície analisada for homogênea e plana (CHOI et al., 2005).

No tocante as restaurações com resina compostas em dentes anteriores, a forma da superfície, o contorno, a translucidez e a cor contribuem para um resultado esteticamente agradável (RUSSELL; GULFRAZ; MOSS, 2000) e a estabilidade de cor é crucial para o sucesso de

qualquer material restaurador, sendo que a incompatibilidade de cor é uma das principais causas para substituição de restaurações (DOUGLAS, 2000).

2.1.3 Observador

O olho humano pode ser dividido anatomicamente nas seguintes estruturas: córnea, lente, humor aquoso, corpo vítreo, estrutura fina da retina, fóvea, fotorreceptores, nervo óptico, membrana vascular e pigmentada, globo ocular, papila (disco óptico), músculo ciliar, íris e conjuntiva ocular. Dentre as células presentes na retina existem aquelas denominadas de cones, tais células são responsáveis pela percepção das cores, e apresentam três fotopigmentos (vermelho, verde e azul,) os quais são agrupados e distribuídos por toda extensão da retina em diferentes concentrações, caracterizando a tricromacia da visão de cor humana.

A visão humana é uma das várias respostas do organismo ao espectro magnético da luz visível (de 380 a 780 nm), sendo a interpretação da cor um dos aspectos da experiência visual que estão intimamente relacionados aos estímulos elétricos interpretados pelo cérebro. Tal interpretação da cor resulta de três processos distintos que ocorrem durante o estímulo da luz aos olhos: estimulação, sensação e percepção. Para uma explicação do fenômeno da interpretação da cor vários campos da ciência (física, química, fisiologia e psicologia) são interligados e dentre eles se destaca a psicofísica, que pesquisa como a luz (energia radiante) estimula uma experiência psicológica a percepção da cor (AHMAD, 1999).

Sendo a percepção da cor uma resposta psicofísica ao estímulo luminoso, esta pode variar de observador para observador, pois a forma como a cor é percebida resulta de interpretações psicológicas e respostas fisiológicas ao estímulo de uma energia radiante, e qualquer alteração nestas respostas ou interpretações, tais como fonte de luz, exposição prévia (cansaço visual), posição do objeto, fadiga física do observador, envelhecimento, humor, ou outros fatores, podem alterar o resultado. Apesar de tais limitações a visão humana é capaz de identificar sutis diferenças de cor entre objetos, embora tal percepção ainda seja uma resposta

subjetiva fisiológica e psicológica (DOUGLAS; BREWER, 1998; JOHNSTON; KAO, 1989; RAGAIN; JOHNSTON, 2001; RUSSELL; GULFRAZ; MOSS, 2000; YAP; SIM; LOGANATHAN, 1999).

Mesmo a visão humana sendo capaz de detectar sutis diferenças na cor de diferentes objetos, comunicar sua magnitude e natureza é uma tarefa subjetiva, complexa e limitada. (OKUBO et al., 1998). Assim, a habilidade de selecionar cores não é inerente a um observador, entretanto, estes podem ser treinados para a execução de tal tarefa utilizando um método padronizado para discriminação de cor (RUSSELL; GULFRAZ; MOSS, 2000).

Apesar de toda a individualidade para a interpretação da cor, um sistema numérico de medição de cor pode ser elaborado, de maneira que cores que apresentem as especificações numéricas próximas serão interpretadas como cores similares aos diferentes observadores (CIE., 1986a).

2.2 Literatura Odontológica Correlata

Em 1931, Clark (CLARK, 1931) publicou um trabalho que dá início ao que viria a ser uma escala comparativa entre cores de dentes naturais e artificiais em porcelana. Este primeiro estudo colheu os dados referentes às cores dos dentes naturais de 1000 pacientes de seu consultório em um período de 8 anos. Para avaliar as cores dos dentes, ele fez uso de um método espectral quantitativo, assim analisou, estabeleceu e registrou as especificações da cor dos dentes e posteriormente se utilizou do mesmo método para comparar os dados colhidos com os materiais estéticos disponíveis em sua época. Em seu trabalho procurou reafirmar os conceitos de matiz, brilho e intensidade.

Em 1978, Powers, Dennison e Koran (POWERS; DENNISON; KORAN, 1978) avaliaram a estabilidade de cor de resinas compostas de aplicação direta do tipo pasta base e

catalisadora. No total 7 marcas de resinas compostas, uma resina sem carga e três vernizes foram submetidos ao envelhecimento artificial acelerado. A avaliação da cor foi feita visualmente, com tabelas de cor de Munsell, e pela reflexão espectrofotométrica. O tempo total de envelhecimento foi de 900 horas, a 43°C e 90% de umidade relativa com exposição da superfície polida à radiação ultravioleta (2500 watts) acompanhado de borrifamento intermitente de água a cada 18 minutos. Como resultado a maioria das resinas apresentaram valores diminuídos de luminosidade e saturação e contraste, quando comparados com os valores iniciais. Os autores concluíram que após dez horas de envelhecimento, já foram observadas mudanças visuais significantes na cor de quatro resinas compostas e em dois vernizes e após novecentas horas a maioria dos compósitos e a resina sem carga mostraram mudanças visuais na cor significativamente diferentes dos controles. Para algumas resinas, as mudanças na cor, observadas em 900 horas, não haviam ocorrido em períodos de tempo menores, afirmam ainda que o acúmulo de pigmentos, a desidratação, a sorção de água e decomposição química dos componentes da resina composta são fatores que contribuem para a instabilidade da cor da restauração.

Em 1985, Ferracane, Moser e Greener (FERRACANE; MOSER; GREENER, 1985), realizaram estudos clínicos para avaliação da descoloração de compósitos *in vivo* com o objetivo de determinar os efeitos da formulação do monômero, do tipo de catalisador e do efeito das duplas ligações de carbono não reagidas sobre a estabilidade de cor de materiais contendo BISGMA após sua fotoindução por luz UV em diferentes períodos de tempo. Foram utilizadas 5 resinas compostas com diferentes concentrações de TEGDMA, diferentes tipos de cura (amina/peróxido, luz visível), e diferentes aminas ativadoras (DMPT, DMAPE). Para os compostos quimicamente ativados a mistura foi feita em partes iguais com a cura ocorrendo entre 3 a 4 minutos após a mistura, para as resinas fotopolimerizáveis foi utilizado luz UV por 60 segundos. Foram confeccionados 6 espécimes para cada material e com idade de 24 horas

expostos à luz UV sendo os dados colhidos com 1, 7 e 14 dias. Após o teste todas as resinas alteraram de cor, as ativadas quimicamente apresentaram as maiores alterações e as fotopolimerizáveis alteraram de cor devido à canforquinona alegam os autores. Uma possível explicação para a alteração de cor se dá devido a uma oxidação das duplas ligações de carbono, afirmaram que a descoloração pode surgir como uma mudança no matiz da restauração como um todo, ou como um manchamento em suas margens. Relata ainda que a alteração da cor é caracterizada como um amarelamento visual geralmente seguido pelo escurecimento do material restaurador em consequência do emprego de luz UV.

Em 1986, a Comissão Internacional de Iluminação (Commission Internationale l'Éclairage – CIE) (CIE., 1986a), publica a criação de um novo sistema de especificação de cor chamado de sistema CIE-Lab. Este sistema fornece uma percepção tridimensional da cor, onde o “L” representa a luminosidade da cor, o “a” representa a quantidade de vermelho-verde, e o “b” representa a quantidade de amarelo-azul.

Em 1987, Ruyter e Nilner, analisaram a estabilidade de cor de três resinas indiretas indicadas para a confecção de facetas em coroas totais (Dentacolor, Elcebond, Visio-Gem), e compararam seus resultados com outras com três resinas termo e autopolimerizáveis. Foram confeccionados 6 corpos-de-prova para cada material, 3 eram armazenados em água destilada a 37°C e expostos à fonte de luz. Os outros 3 espécimes também eram imersos em água destilada a 37°C, porém, mantidos ao abrigo da luz. As amostras sofram submetidas à análise por espectrofotômetro e caracterizada pelas médias de L*, a* e b* do sistema CIE-Lab e o ΔE calculado. Todas as resinas fotopolimerizáveis apresentaram alteração de cor, mas a resina Elcebon apresentou a alteração de cor mais discrepante em relação às outras duas. Dentre as outras três resinas, a quimicamente ativada apresentou grande alteração de cor, enquanto as termopolimerizáveis se mantiveram estáveis. O estudo mostrou que houve significativa

alteração da cor nos materiais estudados e considerou alterações de cor (ΔE) acima de 3,3 unidades foram consideradas clinicamente inaceitáveis.

Em 1988, Brauer (BRAUER, 1988), publicou um trabalho com o objetivo de avaliar diferentes resinas compostas após sua exposição à radiação UV, e armazenadas em água ou a seco em diferentes intervalos de tempo. Os espécimes depois de curados foram armazenados a 37°C e submetidos à fonte de luz RS, e à luz de xenônio sendo armazenados em água ou a seco em intervalos de 6 horas, 1 dia e 7 dias. Os autores concluíram que a irradiação dos materiais pela luz RS a seco produz descoloração similar àquela produzida pela exposição à luz de xenônio em água e que a alteração de cor aumentou em concordância com o tempo de exposição. Os materiais fotopolimerizáveis foram mais estáveis, em relação a mudanças de cor, do que os ativados quimicamente que continham aminas aromáticas terciárias como aceleradores. E que a alteração de cor dos compostos expostos a temperatura de 60°C, quando na ausência de luz, é mais rápida e mais severa em água do que a seco. Afirmaram ainda que na cavidade oral, as restaurações estão expostas aos efeitos combinados da luz, da umidade, do manchamento e do desgaste mecânico, efeitos que resultam em uma indesejável mudança de cor, resultado de reações fotoquímicas de seus componentes.

Em 1989, Johnston e Kao (JOHNSTON; KAO, 1989), publicaram um trabalho onde verificaram a acuidade da observação humana (visual) e da determinação por meio de instrumentos colorimétricos para a descrição da cor ou de sua diferença entre os dentes humanos e coroas protéticas segundo os critérios do Serviço de Saúde Público Norte Americano (United States Public Health Service). Afirmam que existe uma correlação estatisticamente significativa entre as diferenças de cor obtidas instrumentalmente e aquelas avaliadas visualmente, para especificação de parâmetros de cor dos materiais e que alterações de $\Delta E \geq 3,7$ foram julgadas inaceitáveis pelos observadores avaliados. Salientam ainda a

importância de fatores como a translucidez e do plano de fundo sobre as inconstâncias de resultados apresentados pelos observadores humanos. .

Em 1989, Satou, Khan, Matsumae, Satou e Shintaniet (SATOUE et al., 1989), publicaram um trabalho onde investigaram os efeitos das características da superfície das resinas compostas sobre o seu potencial de manchamento por corantes. Foram desenvolvidas 5 resinas experimentais sem componentes inorgânicos em suas composições, sendo seu manchamento pelos compostos Óleo laranja e Vermelho 3 mensurados por colorimetria. Relataram grande manchamento por Óleo laranja para compostos altamente hidrofóbicos e grande manchamento por Vermelho 3 para compostos que apresentavam alta absorção de água.

Em 1990, Schwabacher e Goodkind (SCHWABACHER; GOODKIND, 1990) analisaram as coordenadas de cores de 2832 dentes humanos *in vivo* e as colocaram no espaço cilíndrico de cor de Matiz valor e croma com a auxílio do programa BASIC. Posteriormente compararam seus achados com a distribuição de cores das escalas Vita, Bioform e a escala publicada por Clark. Relataram que as escala de cores não apresentam boa correspondência com o espaço amostral de cor dos dentes que estudaram nos quesitos matiz, valor e brilho do espaço marelo-vermelho, porém, as escalas apresentam cores que correspondem as do dentes naturais em um limitado número de amostras.

Ainda em 1990, Seghi, Gritz e Kim (SEGHI; GRITZ; KIM, 1990), avaliaram 9 resinas compostas fotopolimerizáveis quanto a sua fotorreação e correspondentes mudanças de cor ocorridas. Os autores relataram que a fotopolimerização produz mudanças na cor, visualmente significantes, nas resinas fotoativadas. Em geral, apresentam um efeito cromático azulado, resultando na diminuição do amarelo. Portanto, a seleção de uma resina mais amarela ou com maior croma pode ser recomendada como mecanismo de compensação num processo restaurador.

Em 1996, Inokoshi, Burrow, Kataumi, Yamada e Takatsu (INOKOSHI et al., 1996), estudaram a opacidade intrínseca e a alteração de cor de três tipos de materiais odontológicos em diferentes períodos de imersão em água. Realizou-se a mensuração da cor e da opacidade inicial dos produtos, utilizando colorímetro fotoelétrico (CD-270) e o sistema tridimensional CIE-Lab. Para a mensuração da opacidade, realizou-se a leitura das amostras sob um fundo padrão preto e sob um fundo padrão branco. A opacidade das amostras era representada pela relação de contraste (Cr – contrast ratio), onde $Cr = Rb/Rw$, sendo Rb a refletância da amostras sob fundo padrão preto e Rw sob fundo padrão branco. Valores altos para Cr significavam uma alta opacidade do material restaurador. Logo em seguida a esta mensuração inicial, as amostras foram armazenadas em água destilada à 60°C por até 4 semanas. No final de cada semana, realizava-se a mensuração da cor e da opacidade das amostras. Embora todos os materiais apresentarem alteração de cor estatisticamente significante após 4 semanas de armazenamento em água à 60°C, a magnitude desta diferença era diretamente dependente ao tipo de material restaurador. Os compósitos fotopolimerizados mostraram desprezível descoloração após 4 semanas, onde tal alteração cromática era dificilmente detectada por inspeção visual. Já os compósitos quimicamente polimerizados mostraram descoloração, tornando-se amarelo escuro ou marrom escuro, onde eram claramente reconhecidas por inspeção visual. Os cimentos de ionômero de vidro reforçados por resina mostraram uma abrupta alteração de cor (escurecimento) em relação à mensuração inicial. A alteração da cor de todos os materiais resultou em uma diminuição de L^* , um pequeno aumento de a^* e um moderato aumento de b^* , indicando a tendência para a descoloração para o amarelo escuro ou marrom escuro. Em relação à opacidade, os compósitos fotopolimerizados mostraram desprezível alteração da opacidade após 4 semanas. Todos os cimentos de ionômero de vidro reforçado por resina mostraram abrupta perda da opacidade em relação à fase inicial. Este abrupta diminuição da opacidade e a alteração de cor dos cimentos de ionômero de vidro

reforçado por resina pode ser devido à reação ácido base entre as partículas de vidro e o ácido poliacrílico e aceleração da polimerização dos radicais livres quando imersos em água a 60°C. E isto pode resultar em um aumento no índice de reflexão da matriz.

Em 1997, O'Brien, Hemmendinger, Boenke, Linger e Groh, (O'BRIEN et al., 1997) apresentaram uma relação entre valores de diferença de cor (ΔE) e as correspondentes avaliações clínicas: Considerando perfeito ($\Delta E=0$), excelente ($\Delta E= 0,5$ a 1), bom ($\Delta E=1$ a 2), clinicamente aceitável ($\Delta E=1$ a 3,5), insatisfatório ($\Delta E>3,5$). Alguns indivíduos apresentam a capacidade de distinguir diferença de cor com $\Delta E=0,5$, outros não conseguiram observar diferença nem com $\Delta E=4,0$ o que gera motivo de discordância entre pacientes, cirurgiões dentistas e protéticos.

Em 1998, Douglas e Brewer (DOUGLAS; BREWER, 1998), publicaram um trabalho com o objetivo de estabelecer um limite visual de aceitabilidade, expresso em unidades de diferença de cor ΔE^* , e determinar os limites existentes entre perceptibilidade e aceitabilidade de pequenas diferenças de cor. Os observadores consideraram aceitáveis a variação do vermelho (a^*) em 50% das vezes para ΔE^* igual ou maior que 1,1, para a variação do amarelo (b^*) o limite de tolerância de aceitabilidade foi de 50% para ΔE^* igual a 2,1. Assim os autores concluíram que os observadores foram mais críticos para variações de cor na região do espectro do vermelho, salientando que o desenvolvimento de instrumentos para medição de cor ajuda a resolver parcialmente problemas de seleção de cor, no entanto, é necessário estabelecer parâmetros que apresentam alguma significância visual, não sendo suficiente a determinação de que a diferença de cor entre um dente natural e a restauração é de 5 unidades de ΔE^*_{ab} , sendo necessário expressar esta diferença é clinicamente significativa.

Em 1998, Uchida, Vaidyanathan, Viswanadhane Vaidyanathanet (UCHIDA et al., 1998), realizaram estudo para caracterização das alterações de cor dos compósitos em função do matiz das resinas compostas por meio dos efeitos do meio ambiente, como a exposição à

luz ultravioleta. Foram selecionados 5 matizes, de 2 compósitos diferentes, para confecção de cinco corpos-de-prova de 20 mm de diâmetro e 1 mm de espessura para cada resina. As amostras foram submetidas à exposição à luz ultravioleta a 37°C por 24 horas após terem sido armazenadas por 24 horas em água destilada a 37°C. Os valores de luminosidade e croma foram mensurados antes e após a exposição à luz ultravioleta com um cromômetro Minolta. A alteração total de cor, bem como as alterações nos valores de luminosidade e croma, foram mensuradas na escala CIE-Lab e analisadas para controlar a alteração de cor. Os autores observaram que a degradação de cor foi significativa em função do matiz e ocorreu primariamente como um aumento no amarelamento. Alterações de cor aumentaram em função da luminosidade do matiz em ambos os sistemas compósitos. Os matizes mais claros de compósitos foram sujeitos a maior degradação de cor quando submetidos aos efeitos do meio ambiente como a exposição à luz ultravioleta.

Em 1999, Hosoya (HOSOYA, 1999), investigou a influência dos tempos de polimerização na alteração de cor de um compósito microparticulado (Silux Plus – 3M) durante 5 anos. Os corpos-de-prova foram fotoativados por luz halógena nos tempos de 20, 40 e 120 segundos sendo armazenados em saliva artificial a 37°C. A variação de cor final diferiu em função das e dos tempos fotoativação.

Ainda em 1999, Yap, Sim e Loganathan (YAP; SIM; LOGANATHAN, 1999), estudaram as diferenças de cor ocorridas com 3 materiais restauradores (resina composta Filtek Z100, cimentos de ionômero de vidro Fuji II LC e Dyract) antes e após suas respectivas curas segundo o sistema CIE-Lab de cores. Os resultados mostraram que todos os materiais apresentavam mudança de cor após a sua cura principalmente no eixo L* relativo à luminosidade, gerando alterações perceptíveis a observadores humanos e de significância clínica.

Em 2000, Douglas (DOUGLAS, 2000), publicou seu estudo sobre a avaliação da estabilidade de cor de vários sistemas de resinas indiretas de segunda geração (cerômeros), quando submetidos ao envelhecimento artificial acelerado. Para isso foram utilizados quatro sistemas de resina indireta de nova geração (Artglass, Zeta, Targis e Belleglass), um sistema de resina direta (Herculite XRV) e um controle em cerâmica dental (Omega 900). Foram confeccionados 5 corpos-de-prova para cada material com 10 mm de diâmetro e 3 mm de espessura. As amostras foram submetidas ao envelhecimento artificial acelerado por um período de 300 horas. Alterações de cor (ΔE) foram calculadas entre as medidas iniciais e as medições feitas após 150 e 300 horas de envelhecimento artificial acelerado. Depois de 300 horas de envelhecimento acelerado todas as resinas indiretas testadas demonstraram estabilidade de cor no limite ou abaixo do nível quantitativo para serem consideradas clinicamente aceitáveis.

Em 2001 Stober, Gilde e Lenz (STOBER; GILDE; LENZ, 2001), realizaram estudo de estabilidade de cor com 7 marcas comerciais de resinas indiretas de segunda geração com alto teor de carga de partículas inorgânicas (Colombus, Artglass, Sinfony, Targis, Zeta LC, Zeta HC, Belleglass HP/dentina e Belleglass HP/esmalte). Foram confeccionados 21 corpos-de-prova com 6 mm de diâmetro e 5 mm de espessura para cada material testado. Os espécimes receberam acabamento e polimento e foram divididos em 7 grupos de tratamentos diferentes: 1- envelhecimento artificial acelerado por 168 horas; 2- imersão em enxaguatório bucal; 3- imersão em chá; 4- imersão em café; 5- imersão em vinho; 6- imersão em solução turmerica 0.1% (cúrcuma); 7- grupo controle – água deionizada. Todas as soluções foram mantidas a uma temperatura de 37°C e os corpos-de-prova imersos nas soluções por oito semanas. Foram realizadas leituras de cor com colorímetro antes e após os tratamentos. A partir destas mensurações, verificou-se que o vinho tinto e a solução de cúrcuma causaram a descoloração mais severa ($\Delta E > 10$). Chá, café e irradiação ultravioleta causaram descolorações não

visíveis ($\Delta E < 1$), visíveis ($\Delta E > 1$), e em alguns casos, clinicamente inaceitáveis ($\Delta E > 3,3$). Com esses resultados, os autores julgaram ser importante a melhoria da estabilidade de cor de tais resinas compostas estudadas.

Em 2002, a ABNT (ABNT-NBRISO_4287, 2002), publica sua norma sobre especificações geométricas do produto (GPS) com termos, definições e parâmetros da rugosidade e análise de perfil.

Também em 2002, Buchalla, Atti, Hilgers e Hellwig (BUCHALLA et al., 2002), estudaram o efeito da exposição à luz artificial (envelhecimento artificial) na cor e translucidez de uma resina composta híbrida e de uma resina composta microparticulada, com ênfase na influência da presença ou ausência de água durante esse processo. Após a confecção de 10 corpos-de-prova de cada resina composta, com 15,5mm de diâmetro e 7mm de altura, os mesmos foram seccionados em duas partes, as quais foram distribuídas entre os dois grupos experimentais: envelhecimento em câmara de luz artificial, com ou sem armazenamento em água. Foram, então, realizadas as leituras de cor, por meio do uso de um colorímetro. Foram calculadas as diferenças de cor após um mês e, então, os dados foram analisados estatisticamente. Como resultados, os autores encontraram que a diferença total de cor ($\Delta E_{a^*b^*}$) aumentou de acordo com o tempo, tanto no grupo com água como no grupo sem água, em ambos os materiais estudados. O armazenamento em água resultou em um aumento na diferença de translucidez, porém em uma diminuição no valor de amarelo (Δb^*), do que o armazenamento sem água. Ambos os materiais, sob as duas condições experimentais, mostraram uma diminuição da luminosidade (ΔL^* negativo). A partir destes resultados, os autores sugerem que os materiais resinosos sofrem mudanças de cor mensuráveis, devido à exposição à luz do dia. As maiores alterações de cor ocorreram sob a influência de armazenamento em água.

Em 2003 Schulze, Marshall, Gansky e Marshall (SCHULZE et al., 2003), realizaram um estudo a fim de avaliar as mudanças de cor e microdureza de cinco resinas compostas de polimerização química e cinco resinas compostas fotopolimerizáveis, após envelhecimento artificial acelerado por meio de exposição à luz ultravioleta. Para a avaliação da microdureza Knoop, foram confeccionados cinco corpos-de-prova (8mm de diâmetro por 5mm de espessura) para cada material escolhido e para cada variação estudada. Os corpos-de-prova foram embebidos em resina epóxica, polidos, e então realizou-se os testes de microdureza, antes e depois do processo de envelhecimento artificial. Para a avaliação da estabilidade de cor, foram feitos três corpos-de-prova para cada situação estudada, porém com tamanho diferente (20mm de diâmetro e 1mm de espessura). O teste de estabilidade de cor, antes e depois do envelhecimento artificial, foi feito por meio de um espectrofotômetro de reflectância. O processo de envelhecimento artificial envolvia a exposição das amostras à uma luz ultravioleta e à água em uma máquina Weather-Ometer, totalizando uma energia de radiação de 150kJ/m² e 122 horas. A análise dos resultados mostrou que todos os materiais, após o envelhecimento, tiveram um aumento nos valores de microdureza. Todos os materiais estudados também tiveram uma alteração de cor. Porém, as resinas compostas fotopolimerizáveis apresentaram uma estabilidade de cor maior que as quimicamente polimerizáveis. Não foi estabelecida uma correlação entre microdureza e mudança de cor.

Em 2004, Janda, Roulet, Kaminsky, Steffin e Latta (JANDA et al., 2004), avaliaram a influência de dois tipos de aparelhos polimerizadores (luz halógena e arco de plasma) e diferentes tempos de polimerização nos valores de amarelo (valor-b) de materiais restauradores resinosos, após o envelhecimento artificial. Foram confeccionadas oito amostras para cada grupo (10mm de diâmetro por 1mm de espessura) de cada material (Charisma, Durafill, Definite e Dyract) que foram polimerizadas com luz halógena (Translux Energy) por 20, 40 ou 60 segundos, e com arco de plasma (Apollo 95-E) por 3, 10 ou 20 segundos. Após a

polimerização, as amostras foram armazenadas em ambiente escuro e seco por 90 minutos e então foi realizada a primeira mensuração de cor por meio de um espectrofotômetro. Foi realizado, então, o envelhecimento artificial por 24 horas, e depois, nova leitura de cor foi feita. Todos os valores de cor foram mensurados e calculados de acordo com o Sistema CIE-Lab. Portanto, antes e depois do envelhecimento, os valores de amarelo (valores-b) foram determinados e sua variação (Δb) foi calculada. Quando polimerizados com a lâmpada halógena por 20 e 40 segundos, os materiais Durafill, Charisma e Dyract revelaram significantes valores de Δb negativos. O valor-b do material Definite permaneceu praticamente constante. Quando polimerizados por 60 segundos, os materiais Durafill e Definite tornaram-se mais amarelos enquanto que Charisma e Dyract tornaram-se menos amarelos. Quando polimerizados com o arco de plasma, todos os materiais sofreram um intenso processo clareador após o envelhecimento (Δb significativamente negativo). Pode-se concluir, então, que a alteração dos valores de amarelo destes materiais depende do tipo de luz polimerizadora usada e do tempo de polimerização. A luz halógena forneceu resultados significativamente superiores, o que levou os autores a concluir que a estabilidade de cor de materiais polimerizados com arco de plasma não é aceitável.

Ainda em 2004, Joiner (JOINER, 2004), publica sua revisão de literatura com artigos encontrados no “Medline” datados de 1966 até aquele presente ano. Relata que o fenômeno da cor é uma resposta psicofísica à interação física da energia da luz com um objeto, e a experiência subjetiva individual de um observador. Segundo o autor, três fatores podem influenciar a percepção da cor: a fonte de luz, o objeto que está sendo observado e o observador que está vendo o objeto. A fonte de luz pode emitir energia radiante com comprimento de onda variável e isto é caracterizado pela relativa quantidade de energia emitida em cada comprimento de onda em um espectro visível. A fonte de luz que ilumina um objeto afeta a percepção da cor, já que fontes individuais contêm quantidades variáveis de luz

em cada comprimento de onda. A refletância espectral de um objeto caracteriza a cor que o compõe, sendo freqüentes os problemas relacionados com as tentativas de se comunicar a cor para outras pessoas.

Em 2004, Vichi, Ferrari e Davidson (VICHI; FERRARI; DAVIDSON, 2004), testaram a influência da exposição à água na opacidade e estabilidade de cor de três resinas (Spectrum TPH, Tetric Ceram e Z100). Eles utilizaram seis cores da escala Vita Clássica para cada resina, confeccionando três discos para cada resina e para cada cor, com 15 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. As amostras foram analisadas por um espectrofotômetro utilizando um fundo cinza como padrão. Para a análise de opacidade foi utilizado primeiramente um fundo padrão preto e depois um fundo branco. A opacidade foi calculada pela razão de refletância da medida sob o fundo preto pela de fundo branco. Após as medidas iniciais, as amostras foram guardadas em água por 30 dias em uma temperatura de 60°C e medidas novamente. Como resultado, mostrou-se que a água agiu como um agente de descoloração sob as resinas e a resina Spectrum TPH teve uma pior desempenho quando comparada às outras duas ($\Delta E > 3,3$). Os resultados de opacidade demonstraram que a água agiu como um fator de opacificação das amostras, aumentando a opacidade das resinas, principalmente da resina

Em 2005, Janda, Roulet, Latta, Steffin e Ruttermann (JANDA et al., 2005), avaliaram a influência de diferentes unidades polimerizadoras e de diferentes tempos de polimerização na estabilidade de cor de compósitos armazenados a seco ou em água submetidos ao teste de envelhecimento artificial acelerado (Suntest). As resinas testadas foram Charisma (resina microparticulada), Durafill (resina híbrida), Definite (ormocer) e Dyract AP (compômero). As unidades polimerizadoras foram Translux Energy (Heraeus-Kulzer, Hanau, Germany) que utiliza luz halógena e emite luz entre 400 e 515 nm; e Apollo 95E (Dental/Medical Diagnostic Systems, Westlake Village, CA, USA), que utiliza luz de plasma e emite luz entre 440 e 495

nm. O tempo de fotopolimerização utilizado pelo Translux Energy foi de 20, 40 e 60s e pela Apollo 95E foi de 3, 10 e 20s. Para mensuração da cor utilizou o espectrofotômetro SF 600 Plus (Datacolor, Dietikon, Switzerland) pelo método de CIE-Lab. Os autores concluíram que o armazenamento a seco provocou suave alteração de cor nos compósitos, enquanto o envelhecimento artificial acelerado possui uma ativa influência na cor e o armazenamento em água provoca uma alteração de cor intermediária. No armazenamento a seco, os compósitos polimerizados pelo Apollo 95E não apresentaram nenhuma significativa alteração de cor. Já para o Translux Energy, a alteração de cor foi observada ($\Delta E > 1$, consideradas alterações visíveis a olho nu) para o Definite para o tempo de polimerização de 40 e 60s e para Dyract AP a 60s. Para o armazenamento em água, observaram grande significância de descoloração, predominantemente para ΔL e Δb , principalmente para as amostras polimerizadas com Apollo 95E. Isto se deve à absorção de água que influencia no índice de refração. Quando as amostras foram polimerizadas com Apollo 95E, observou-se alta diferença estatística nos resultados do armazenamento a seco e em água. Todos os compósitos mostraram melhor estabilidade de cor quando polimerizadas com luz halógena. Sendo o tempo de polimerização considerado ideal para boa estabilidade de cor foi de 40s.

Também em 2005, Mutlu-Sagesen, Ergun, Ozkan e Semiz (MUTLU-SAGESEN et al., 2005), avaliaram os efeitos de soluções corantes sobre diferentes cores de uma resina composta e compararam esses efeitos com os da água destilada. Os espécimes foram imersos em soluções de clorexidina, café, suco de laranja e água destilada. As variações de cores foram aferidas segundo o sistema de cores CIE-Lab. Os autores concluíram que as soluções corantes mancharam mais que a água destilada, que existe diferença entre o manchamento de diferentes cores de uma mesma resina composta, que a clorexidina, o café e o suco de laranja são soluções com baixo poder de manchamento e que as alterações de cores encontradas estavam dentro do aceitável clinicamente.

Em 2008, Schneider, Pfeifer, Consani, Prahel e Ferracane (SCHNEIDER et al., 2008), avaliaram o grau de conversão a dureza e o amarelamento (ΔL^*) de resinas compostas formuladas com fenil-propadiona (PPD), canforquinona (CQ) ou uma combinação dos dois fotoiniciadores em diferentes concentrações. Concluíram que a fenil-propadiona ou a combinação de PPD/CQ diminuíram a taxa máxima de polimerização nos compostos experimentais sem afetar da taxa de conversão. O uso de fenil-propadiona não diminui o amarelamento dos compostos, mas diminui a dureza e a taxa máxima de conversão.

Proposição

3- Proposição

No presente trabalho, o objetivo foi avaliar, *in vitro*, as variáveis relacionadas à alteração de cor e à rugosidade superficial de diferentes marcas comerciais de resinas compostas micro-híbridas de inserção direta: Charisma (Heraeus-Kulzer), Filtek Z-250 (3M-Espe), Herculite XRV, Opallis (FGM), TPH Spectrum (Dentsply) e W3D (Wilcos), no matiz A e croma 2, antes e após o processo de envelhecimento artificial acelerado, tendo como fatores de variação o tipo de fonte de luz empregada para a fotopolimerização, halógena e LED, com densidades de potência de 300 mW/cm² e 600 mW/cm² por 40s, configurando densidades de energias radiantes de 12 e 24 J/cm².

Materiais e Métodos

4- Materiais e métodos

4.1 – Informações gerais

Todos os procedimentos práticos deste trabalho foram executados por um único operador, desde a confecção dos corpos-de-prova até a avaliação da rugosidade e a operação do espectrofotômetro, em um ambiente com controle de temperatura ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) e de umidade relativa do ar ($50 \pm 10\%$).

4.2 – Material

Para a obtenção dos corpos-de-prova foram utilizadas 6 marcas de resinas compostas micro-híbridas (fig. 3), comumente utilizadas em procedimentos restauradores diretos de dentes anteriores, envolvendo seis marcas comerciais, conforme a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Marcas das resinas compostas utilizadas no presente trabalho conjuntamente com sua composição orgânica básica, porcentagem na presença do componente orgânico em volume e número do lote.

Resina	Fabricante	Composição orgânica	% em Vol.	Lote
Charisma	Heraeus-Kulzer	Bis-GMA, TEGDMA	36%	10223
Filtek Z-250	3M-Espe	BIS-GMA, Bis-EMA, UDMA	40%	7WW
Herculite XRV	Kerr	BIS-GMA, TEGDMA	41%	460833
Opallis	FGM	BIS-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA	42-43%	51206
TPH Spectrum	Dentsply	BIS-GMA, UDMA	39-41%	803401
W3D	Wilcos	Bis-GMA, TEGMA, Bis-EMA, UDMA	39%	060/07

* Bis-GMA – Bisfenol A-glicidil dimetacrilato; Bis-EMA – Bisfenol A dimetacrilato etoxilato; TEGDMA – Dimetacrilato trietilenoglicol; UDMA - Dimetacrilato de uretano.



Figura 3. Marcas das resinas compostas micro-híbridas utilizadas no presente trabalho.

4.3 – Acessórios e equipamentos

4.3.1 - Matriz para confecção dos corpos-de-prova

A matriz utilizada na confecção dos corpos-de-prova foi torneada em super amida gerando duas peças distintas. A primeira peça, chamada de cilindro superior, consistiu em um cilindro com orifício central, transpassado com 7 mm de diâmetro, no sentido base-topo, com formato semelhante ao de um tubo. Uma segunda peça, aqui chamada de base, consistiu em um cilindro de diâmetro igual ao diâmetro externo do cilindro superior com uma haste cilíndrica, cujo diâmetro se encaixava perfeitamente ao diâmetro do orifício transpassado existente na primeira peça, assim esta segunda peça exercia a função de êmbolo. Havia, ainda, um espaçador de 2 mm de espessura, que quando encaixado na haste da base, entre esta e o cilindro superior, proporcionava uma diferença de 2 mm de altura entre os topos das duas peças em questão, tal manobra determinava a espessura do corpo-de-prova. A imagem de tal conjunto de dispositivos pode ser visualizada na figura 4.

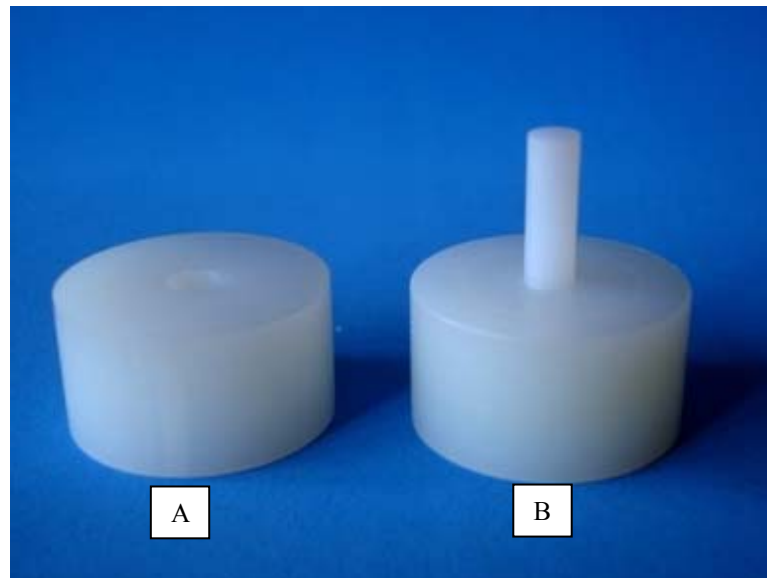


Figura 4. A matriz, utilizada para obtenção dos corpos-de-prova. Cilindro superior (A) e base (B).

4.3.2 - Dos aparelhos fotoativadores e demais equipamentos

Para fotopolimerização das resinas compostas, foi utilizado um aparelho de lâmpada halógena VIP – Variable Intensity Polymerizer (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA) comparativamente ao do sistema LED (Diodo emissor de Luz, Fig. 5-B) como fonte de luz, o Ultrablue IS (DMC, São Carlos, Brasil, fig. 5-A). Ambos os aparelhos possuíam condições de padronização para emissão de luz, permitindo que fossem utilizadas diferentes densidades de fluxo radiante, quando da irradiação das amostras com 300 mW/cm^2 e 600 mW/cm^2 .

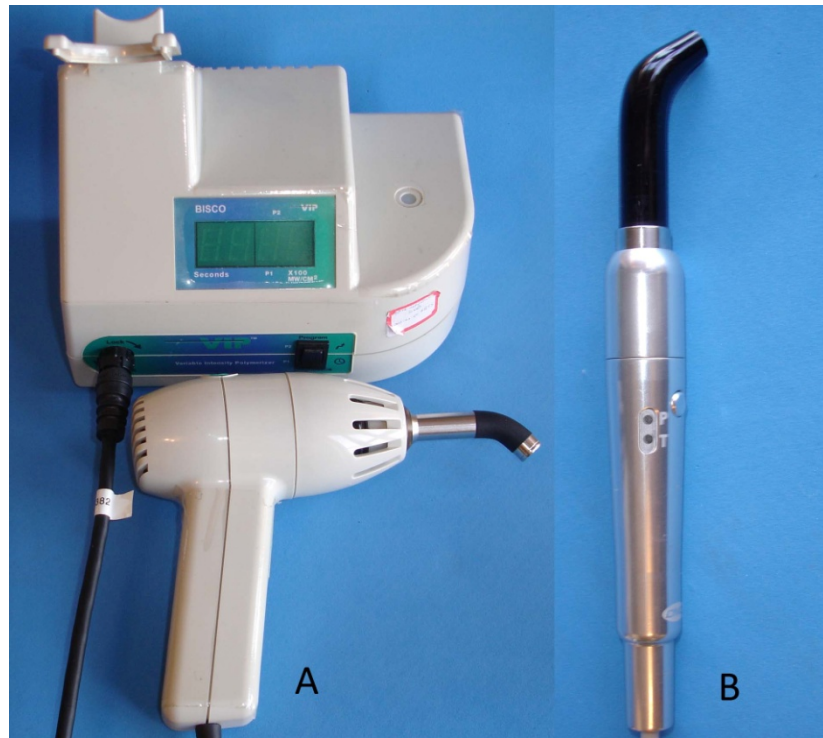


Figura 5. Aparelhos fotopolimerizadores VIP (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA) (A) e Ultrablue IS (DMC, São Carlos, Brasil) (B).

Para a realização dos ensaios foram utilizados os equipamentos do Laboratório Integrado de Pesquisa em Biocompatibilidade de Materiais (LIPEM) na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e do Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru – USP, que envolveu: Sistema Acelerado de Envelhecimento para não-metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, Brasil), Espectrofotômetro Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) e Rugosímetro Hommler Tester T1000 basic (Hommelwerke GmbH ref. # 240851 – Schwenningem , Alemanha).

4.4 – Métodos

4.4.1 – Obtenção dos corpos-de-prova

Para a confecção dos corpos-de-prova, cada resina estudada foi inserida na matriz em incremento único, o qual era pressionado por uma lamínula de vidro para que houvesse escoamento do excesso de material resinoso. A técnica escolhida eliminou a presença de ar da superfície do compósito, impedindo a formação de uma camada superficial com polimerização inibida pelo oxigênio. Em seguida, tal resina composta era fotoativada por um tempo constante de 40 segundos para cada aparelho fotopolimerizador com densidades de potência que variavam entre 300 mW/cm^2 e 600 mW/cm^2 (fig. 6). Para cada condição experimental confeccionou-se 10 corpos-de-prova totalizando 240 corpos-de-prova divididos em 24 grupos.

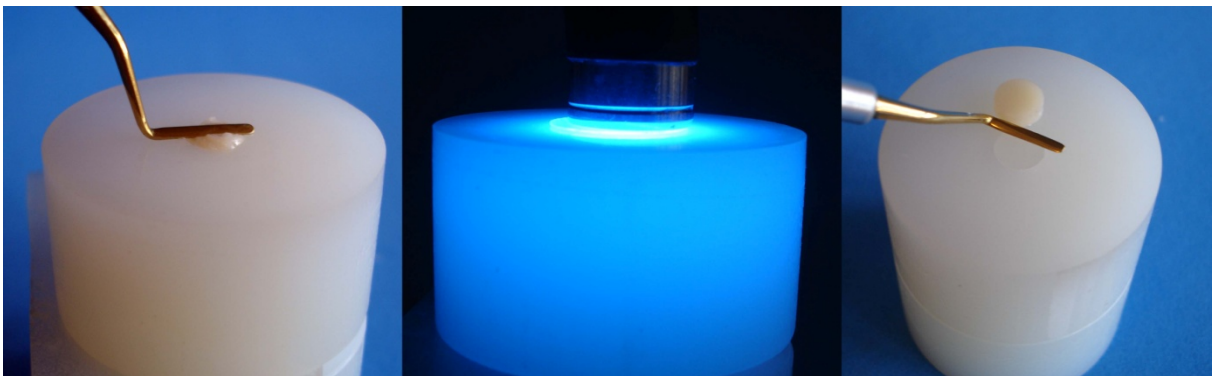


Figura 6. Obtenção dos corpos-de-prova, inserção da resina composta na matriz (esquerda), fotopolimerização (centro), corpo-de-prova recém obtido (direita).

Tabela 2 – Grupos formados para as condições experimentais.

Resina	Grupo	Fonte de Luz	Potência	Energia total
Charisma	H600	Halógena	600 mW/cm ²	24J
	H300	Halógena	300 mW/cm ²	12J
	L600	LED	600 mW/cm ²	24J
	L300	LED	300 mW/cm ²	12J
Filtek	H600	Halógena	600 mW/cm ²	24J
	H300	Halógena	300 mW/cm ²	12J
	L600	LED	600 mW/cm ²	24J
	L300	LED	300 mW/cm ²	12J
Herculite	H600	Halógena	600 mW/cm ²	24J
	H300	Halógena	300 mW/cm ²	12J
	L600	LED	600 mW/cm ²	24J
	L300	LED	300 mW/cm ²	12J
OPALLIS	H600	Halógena	600 mW/cm ²	24J
	H300	Halógena	300 mW/cm ²	12J
	L600	LED	600 mW/cm ²	24J
	L300	LED	300 mW/cm ²	12J
TPH	H600	Halógena	600 mW/cm ²	24J
	H300	Halógena	300 mW/cm ²	12J
	L600	LED	600 mW/cm ²	24J
	L300	LED	300 mW/cm ²	12J
W3D	H600	Halógena	600 mW/cm ²	24J
	H300	Halógena	300 mW/cm ²	12J
	L600	LED	600 mW/cm ²	24J
	L300	LED	300 mW/cm ²	12J

Após a fotopolimerização, os corpos-de-prova foram removidos da matriz por meio da retirada do espaçador seguida pelo pressionamento da base do êmbolo contra o cilindro superior (figura 1B). Em seguida, os corpos-de-prova eram imersos em água deionizada e armazenados em recipientes isolados (microtubos-Eppendorf, Epeendorf do Brasil-Brasil) os quais foram identificados e mantidos na ausência de luz a uma temperatura de $37 \pm 2^\circ\text{C}$ por sete dias.

Após este tempo, os corpos-de-prova receberam polimento superficial com utilização do sistema de acabamento e polimento dental Diamondpro (FGM), na seqüência decrescente de abrasividade, iniciando-se pela abrasividade média. A superfície abrasiva do

disco de lixa era posicionada paralelamente à superfície de topo do espécime, então era iniciada a seqüência de polimento que consistia do uso dos discos em seqüência (granulosidade média, fina e extrafina) por períodos de 5 segundos cada um. Durante cada troca de disco era realizado o umedecimento da superfície do corpo-de-prova com jatos de água provenientes de uma seringa tríplice, com a finalidade de impedir a ocorrência de superaquecimento e conseqüente alteração de superfície.

Depois de polidos, os espécimes eram lavados em um aparelho de ultra-som por 5 minutos para remoção total de resíduos. Em seguida, os mesmos eram submetidos às análises iniciais de rugosidade superficial e de cor. Depois de 24 horas deste procedimento, os espécimes eram colocados no Sistema de Envelhecimento Acelerado (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, Brasil).

4.5– Ensaios

4.5.1– Análise da Rugosidade

A análise de rugosidade foi realizada utilizando-se o rugosímetro Hommler Tester T1000 basic (Hommelwerke GmbH ref. # 240851 – Schwenningem, Deutschland). Este aparelho apresenta alta sensibilidade, o que permite a análise das condições mecânicas da superfície, sendo que a leitura obtida de determinada superfície é exposta no display do controle. Este rugosímetro é composto de duas partes principais:

Unidade Programadora de Controle e Registro da Leitura: onde são encontrados os comandos para o acionamento do aparelho e também o seletor do programa a ser utilizado. Nos diferentes controles pode-se programar a distância a ser percorrida pelo *pick-up*, ajustando-o de acordo com as dimensões do corpo-de-prova analisado.

Unidade Transversal Motorizada Percussora de Leitura: compõe-se de um motor com uma agulha que, ao ser movimentada, faz a sondagem da superfície selecionada de acordo com o programa pré-estabelecido.

A Unidade Transversal Motorizada Percussora de Leitura possui uma ponta apalpadora que se movimenta em uma única direção, permitindo detectar alterações superficiais. Essas irregularidades correspondem aos picos e vales da superfície dos espécimes. Desta forma, se obtém um valor que definido como rugosidade média (ou Ra) das superfícies. O Ra é definido como a média dos afastamentos do pick-up, tanto para cima como para baixo, em relação a uma linha central.

A agulha de leitura da ponta apalpadora do rugosímetro percorreu a distância de tracejamento e de medição ($L_t = 5,0$ e $L_m = 4,0$ mm), com filtragem (*cut-off*) ajustada em 0,25 mm para cada medida sobre o corpo-de-prova a uma velocidade de 0,500 mm/s. Como tolerância (T), que compreende os valores extremos a serem considerados nas leituras, padronizou-se a leitura dentro de uma T mínima = 0,0 e T máxima = 20 μm , respectivamente.

Para a leitura do Ra propriamente dito, a agulha de leitura do rugosímetro foi posicionada sobre cada corpo-de-prova, realizando três leituras em locais diferentes da superfície da amostra, sempre girando o corpo-de-prova 30° no sentido horário. Após as três leituras, foi feita a média aritmética dos valores e o resultado final foi considerado como valor inicial ou controle.

Após o processo de envelhecimento acelerado, novas leituras de rugosidade de superfície foram realizadas, seguindo o mesmo método, com o objetivo de reavaliar a superfície da resina.

4.5.2–Espectrofotometria Colorimétrica

Para verificar as alterações de cor sofridas pelos corpos-de-prova antes e após serem submetidos ao processo de envelhecimento acelerado, foi utilizado o Espectrofotômetro EasyShade (Vita, Alemanha).

O padrão de observação simulado pelo colorímetro espectrofotométrico EasyShade foi selecionado para o sistema CIE-Lab, recomendado pela CIE (Comission Internationale de l'Éclairage) e amplamente usado atualmente. Neste sistema, a variável a^* consiste no eixo das cores verde ($-a$) e vermelho ($+a$) e a variável b^* no eixo das cores azul ($-b$) e amarelo ($+b$). Os eixos a^* e b^* possuem ângulos retos e representam a dimensão da tonalidade ou cor. O terceiro eixo, chamado de L^* , é perpendicular ao plano a^*b^* e indica a luminosidade da amostra. Com este sistema qualquer cor pode ser especificada com as coordenadas L^* , a^* , b^* .

Após a leitura de rugosidade das amostras, estas foram submetidas à primeira leitura da cor, sendo colocadas sobre o bloco de fundo padrão branco (Standard For 45°, 0° Reflectance and Color Gardner Laboratory Inc. Maryland, EUA).

Em seguida, as amostras sob a ponta do Espectrofotômetro recebem a luz proveniente de 30 lâmpadas LED, com 10 cores diferentes, dispostas de forma circular, incidirão o feixe de luz em 45° com a superfície do material. Esse feixe é refletido em 0° de volta para o aparelho e assim, este capta e registra os valores de L^* , a^* e b^* de cada amostra.

Após 384 horas de ação de envelhecimento acelerado, os corpos-de-prova foram submetidos à nova leitura de cor pelo Espectrofotômetro. A estabilidade de cor foi determinada pela diferença (ΔE) entre as coordenadas obtidas das amostras antes e após o procedimento de envelhecimento.

A mudança total de cor, ΔE , é comumente usada para representar uma diferença de cor e é calculada a partir da fórmula (CIE., 1986b):

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

Valores de $\Delta E \geq 3,3$ são considerados clinicamente inaceitáveis (RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987).

4.5.3–Envelhecimento Artificial Acelerado

Após a obtenção dos valores iniciais ou de controle dos espécimes, estes foram levados ao Sistema Acelerado de Envelhecimento para materiais não-metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, Brasil.) onde foram submetidas à ação da luz ultravioleta B e da condensação de água em sua superfície, tais ações procuram simular de forma acelerada as forças da natureza, predizendo os efeitos adversos da umidade e dos raios UVB na durabilidade relativa dos materiais não-metálicos.

Em uma situação cotidiana, apenas 1% da radiação solar provoca degradação. No presente estudo, uma rede de oito fontes de luz UVB composta por tubos fluorescentes de 40 watts com emissão concentrada na região ultravioleta B, com radiação concentrada no comprimento de onda de 280/320 nanômetros foi capaz de mimetizar os efeitos cumulativos do sol. Os efeitos da umidade foram simulados por meio da condensação de água saturada com oxigênio diretamente na superfície dos espécimes.

Para fixação dos espécimes à máquina, os corpos-de-prova eram aderidos às placas fixadoras do aparelho utilizando-se silicone, e levados à câmara de condensação a uma distância de 50 mm da fonte de luz, onde a superfície não fixada recebia os efeitos degradantes. O programa de funcionamento foi ajustado para 4 horas de exposição à UV-B a 50° C e 4 horas de condensação a 50° C com um tempo máximo de envelhecimento de 384

horas, o que de acordo com a ASTM (ASTM, 2006) corresponderia a um envelhecimento de 10 anos.

Após o envelhecimento, os corpos-de-prova foram novamente submetidos aos mesmos processos, anteriormente descritos de leitura de cor e de rugosidade.

4.5.3 Estatística

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa GraphPad Prism 4 (PRISM software, GraphPad, San Diego, CA). Valores de $p < 0.05$ foram considerados com indicativo de significância. Foi utilizado o teste de homocedecidade para averiguação da homogeneidade de variâncias. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a três critérios e teste de comparações múltiplas de Tukey ($\alpha = 0,05$) para cor e para a rugosidade. Para a rugosidade ainda foi conduzido um teste T-pareado para verificar possíveis diferenças existentes, antes e após o envelhecimento acelerado, ($\alpha = 0,05$). Um teste de regressão linear foi realizado para se verificar a relação entre a variação da rugosidade superficial e a variação de cor.

Resultados

5- Resultados

Para facilitar a análise dos resultados, estes foram divididos pelos experimentos realizados, rugosidade superficial e análise de cor.

5.1 – Valores de rugosidade superficial antes e após o envelhecimento acelerado

Na tabela 3 podem ser encontradas as médias dos valores para a rugosidade (expressa pelo parâmetro Ra em μm) dos espécimes das 24 condições estudadas. Tais valores expressam o perfil médio da linha em que, no comprimento pré-determinado, a soma das áreas de pico acima da linha horizontal é igual à soma das áreas de vales abaixo, ou seja, a média aritmética dos desvios em altura do valor médio. Os resultados individuais podem ser encontrados no anexo A.

A análise estatística entre cada uma das condições estudadas foi realizada por meio da utilização do teste T de Student pareado comparando os valores obtidos 7 dias após a confecção dos corpos-de-prova com os valores obtidos após o envelhecimento acelerado.

Os resultados mostraram que para todas as resinas compostas independentemente do aparelho ou potência de fotopolimerização utilizados, houve um aumento estatisticamente significativo dos valores da rugosidade média (Ra) quando comparando a rugosidade antes e após o envelhecimento acelerado.

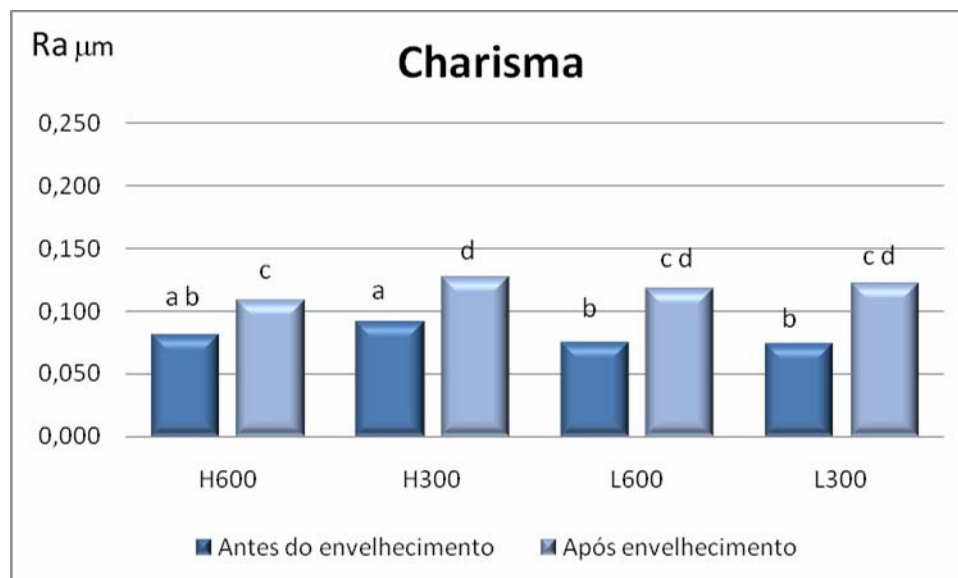
Tabela 3 - Valores médios (M.), em micrometros, do Ra e respectivos desvios padrão (D.P.) encontrados para a rugosidade após 7 dias da confecção dos espécimes e após o procedimento de envelhecimento acelerado.

Resina	Condição	M. antes	D. P.	M. após	D. P.	Diferença	Valor de P
	H600	0,081	0,016	0,109	0,016	0,028	P<0.0001
	H300	0,092	0,016	0,127	0,011	0,036	P<0.0001
Charisma	L600	0,075	0,010	0,118	0,011	0,043	P<0.0001
	L300	0,075	0,011	0,123	0,013	0,048	P<0.0001
	H600	0,081	0,020	0,211	0,020	0,130	P<0.0001
	H300	0,097	0,018	0,219	0,030	0,122	P<0.0001
Filtek	L600	0,085	0,009	0,218	0,011	0,133	P<0.0001
	L300	0,075	0,008	0,191	0,024	0,116	P<0.0001
	H600	0,082	0,012	0,220	0,023	0,138	P<0.0001
	H300	0,094	0,013	0,167	0,014	0,072	P<0.0001
Herculite	L600	0,103	0,013	0,216	0,011	0,113	P<0.0001
	L300	0,096	0,009	0,220	0,019	0,124	P<0.0001
	H600	0,093	0,025	0,117	0,016	0,024	0,001
	H300	0,100	0,025	0,117	0,024	0,018	0,019
OPALLIS	L600	0,067	0,012	0,091	0,006	0,024	P<0.0001
	L300	0,071	0,010	0,085	0,010	0,014	0,001
	H600	0,135	0,017	0,207	0,016	0,072	P<0.0001
	H300	0,145	0,020	0,209	0,009	0,064	P<0.0001
TPH	L600	0,122	0,013	0,205	0,009	0,083	P<0.0001
	L300	0,126	0,009	0,218	0,018	0,093	P<0.0001
	H600	0,081	0,014	0,140	0,012	0,059	P<0.0001
	H300	0,093	0,019	0,152	0,011	0,059	P<0.0001
W3D	L600	0,064	0,017	0,125	0,011	0,061	P<0.0001
	L300	0,074	0,017	0,145	0,014	0,072	P<0.0001

5.2 – Influência dos protocolos de fotoativação para os valores de rugosidade superficial antes e após o envelhecimento acelerado para cada resina composta.

5.2.1 – Charisma

A figura 7 representa os valores médios de rugosidade (expressa pelo parâmetro Ra em μm) nos 40 espécimes da resina composta Charisma submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o procedimento de envelhecimento acelerado.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 7 – Figura representativa das médias de rugosidade obtidas pelos espécimes da resina composta Charisma antes e após do processo de envelhecimento acelerado.

Para a comparação da influência dos protocolos de fotopolimerização sobre uma mesma resina composta foi utilizado o teste de análise de variância (ANOVA) a dois critérios. Subseqüentemente, foi necessária a aplicação de um teste de comparações múltiplas, tendo sido escolhido o de Tukey, ao nível de significância de 5%.

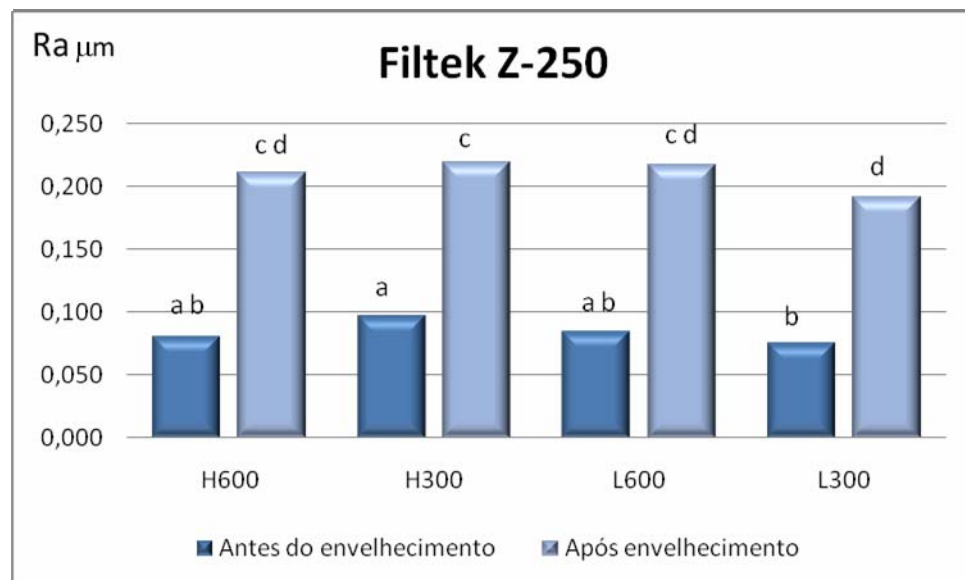
A análise estatística realizada para os espécimes antes do processo de envelhecimento acelerado demonstrou existir diferença estatisticamente significante quando comparado o grupo H300 com os grupos L600 e L300, não existindo diferença entre as demais comparações. Após o processo de envelhecimento acelerado a análise estatística demonstrou a existência de uma diferença estatisticamente significante entre os valores obtidos pelos grupos H600 e H300, quando comparados entre si, não existindo diferença entre as demais comparações entre grupos, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Teste de Tukey aplicado ao grupo composto pelos espécimes pertencentes à resina composta Charisma antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

Teste de Tukey	Antes			Após		
	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias
H600 vs H300	Não	ns	-0,0103	Sim	$p < 0,05$	-0,01780
H600 vs L600	Não	ns	0,006100	Não	ns	-0,008700
H600 vs L300	Não	ns	0,007000	Não	ns	-0,01330
H300 vs L600	Sim	$p < 0,05$	0,0164	Não	ns	0,009100
H300 vs L300	Sim	$p < 0,05$	0,0173	Não	ns	0,004500
L600 vs L300	Não	ns	0,0009000	Não	ns	-0,004600

5.2.2 – Filtek Z-250

A figura 8 representa a média dos valores de Ra para a rugosidade dos espécimes da resina composta Filtek Z-250 submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 8 – Figura representativa das médias de rugosidade obtidas pelos espécimes da resina composta Filtek Z-250 antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

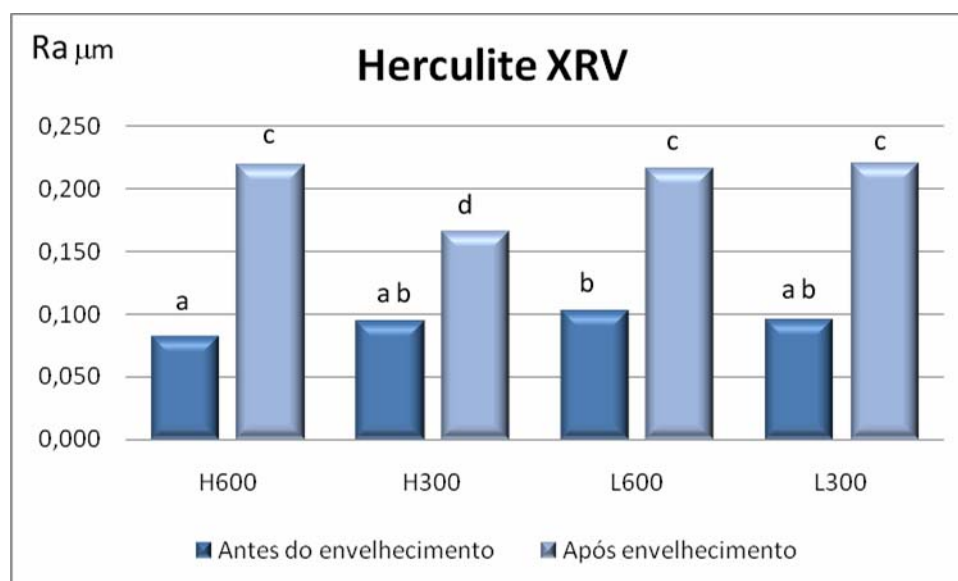
A análise estatística realizada para os espécimes antes do processo de envelhecimento acelerado demonstrou existir diferença estatisticamente significativa apenas quando comparados os grupos H300 e L300 entre si, não existindo diferença entre as demais comparações. Após o processo de envelhecimento acelerado, a análise estatística demonstrou a existência de uma diferença estatisticamente significativa entre os valores obtidos pelos mesmos grupos H300 e L300, quando comparados entre si, não existindo diferença entre as demais comparações entre grupos, como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5 – Teste de Tukey aplicado ao grupo composto pelos espécimes pertencentes à resina composta Filtek Z-250 antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

Teste de Tukey	Antes			Após		
	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias
H600 vs H300	Não	ns	-0,0161	Não	ns	-0,007800
H600 vs L600	Não	ns	-0,004700	Não	ns	-0,006400
H600 vs L300	Não	ns	0,005400	Não	ns	0,01970
H300 vs L600	Não	ns	0,01140	Não	ns	0,001400
H300 vs L300	Sim	$p < 0,05$	0,0215	Sim	$p < 0,05$	0,02750
L600 vs L300	Não	ns	0,01010	Não	ns	0,02610

5.2.3 – Herculite XRV

A figura 9 representa a média dos valores de Ra para a rugosidade dos espécimes da resina composta Herculite XRV submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 9 – Gráfico representativo das médias de rugosidade obtidas pelos espécimes da resina composta Herculite XRV antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

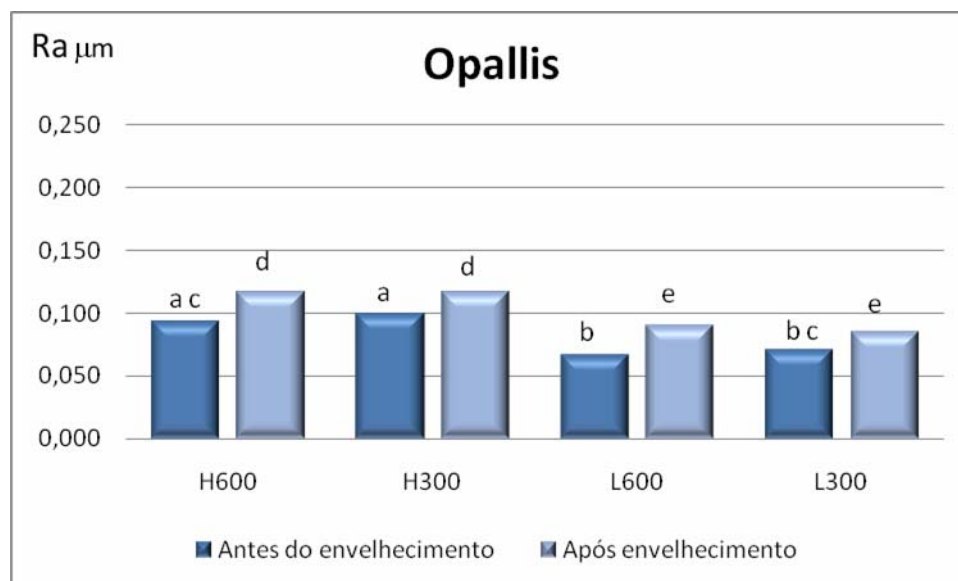
A análise estatística demonstrou existir diferença significativa apenas quando comparados os grupos H600 e L600 entre si, não existindo diferença entre as demais comparações antes do processo de envelhecimento acelerado. Após o processo de envelhecimento acelerado a análise estatística demonstrou haver diferença significativa entre os valores obtidos pelo grupo H300 em relação aos demais grupos, os quais não apresentam diferença estatística entre si, como pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6 – Teste de Tukey aplicado ao grupo composto pelos espécimes pertencentes à resina composta Herculite XRV antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

Teste de Tukey	Antes			Após		
	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias
H600 vs H300	Não	ns	-0,0125	Sim	$p < 0,001$	0,0530
H600 vs L600	Sim	$p < 0,01$	-0,0210	Não	ns	0,003300
H600 vs L300	Não	ns	-0,0141	Não	ns	-0,0006000
H300 vs L600	Não	ns	-0,008500	Sim	$p < 0,001$	-0,04970
H300 vs L300	Não	ns	-0,001600	Sim	$p < 0,001$	-0,0536
L600 vs L300	Não	ns	0,006900	Não	ns	-0,003900

5.2.4 – Opallis

A figura 10 representa a média dos valores de Ra para a rugosidade dos espécimes da resina composta Opallis submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 10 – Gráfico representativo das médias de rugosidade obtidas pelos espécimes da resina composta Opallis antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

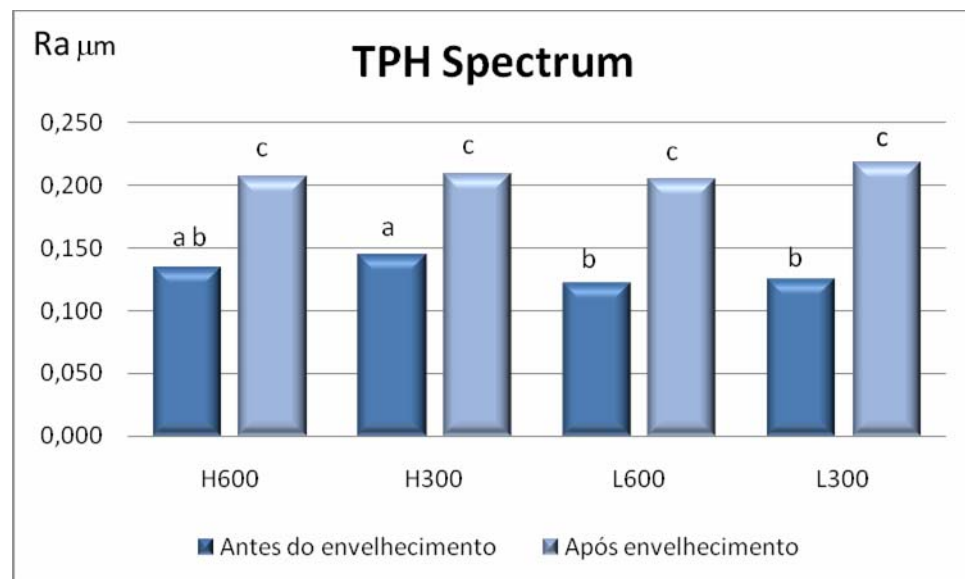
A análise estatística, realizada antes do processo de envelhecimento acelerado demonstrou existir diferença significativa quando comparados os grupos H600 e L600 entre si e na comparação entre o grupo H300 com os grupos L600 e L300, não existindo diferença entre as demais comparações. Após o processo de envelhecimento acelerado, a análise estatística demonstrou haver diferença estatisticamente significativa quando comparados os grupos H600 e H300 com os grupos L600 e L300, não existindo diferença entre as demais, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 – Teste de Tukey aplicado ao grupo composto pelos espécimes pertencentes à resina composta Opallis antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

Teste de Tukey	Antes			Após		
	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias
H600 vs H300	Não	ns	-0,006300	Não	ns	-0,0001000
H600 vs L600	Sim	$p < 0,05$	0,0262	Sim	$p < 0,01$	0,0262
H600 vs L300	Não	ns	0,0225	Sim	$p < 0,001$	0,0318
H300 vs L600	Sim	$p < 0,01$	0,03250	Sim	$p < 0,01$	0,0263
H300 vs L300	Sim	$p < 0,01$	0,0288	Sim	$p < 0,001$	0,0319
L600 vs L300	Não	ns	-0,003700	Não	ns	0,005600

5.2.5 – TPH Spectrum

A figura 11 representa a média dos valores de Ra para a rugosidade dos espécimes da resina composta TPH Spectrum submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 11 – Gráfico representativo das médias de rugosidade obtidas pelos espécimes da resina composta TPH Spectrum antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

A análise estatística, realizada antes do processo de envelhecimento acelerado demonstrou existir diferença significativa quando comparados os grupos L600 e L300 com o

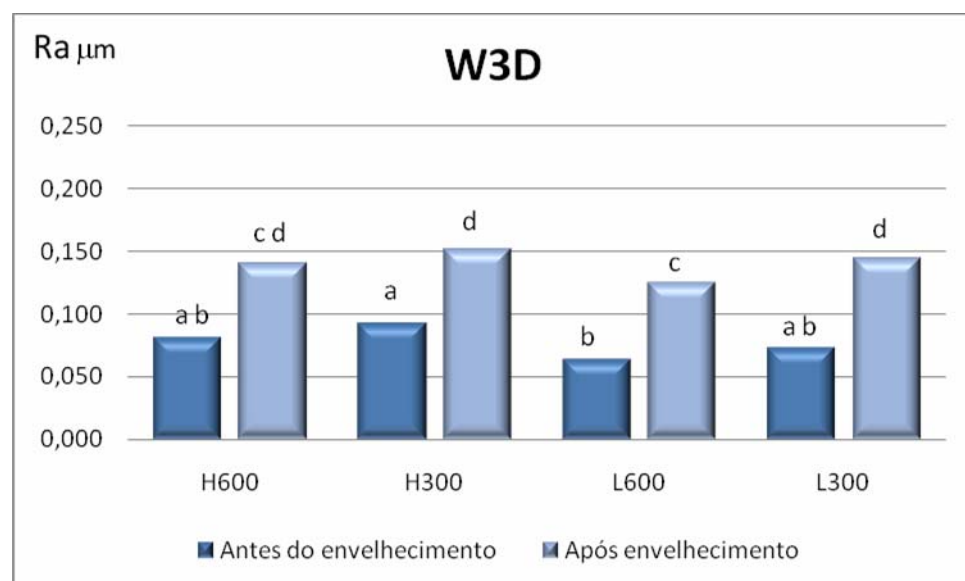
grupo H300, não existindo diferença entre as demais comparações. Após o processo de envelhecimento acelerado a análise estatística demonstrou não haver diferença estatisticamente significativa entre quaisquer valores obtidos por quaisquer grupos, como pode ser observado na tabela 8.

Tabela 8 – Teste de Tukey aplicado ao grupo composto pelos espécimes pertencentes à resina composta TPH Spectrum antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

Teste de Tukey	Antes			Após		
	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias
H600 vs H300	Não	ns	-0,0105	Não	ns	-0,002500
H600 vs L600	Não	ns	0,0125	Não	ns	0,002100
H600 vs L300	Não	ns	0,009100	Não	ns	-0,0114
H300 vs L600	Sim	$p < 0,05$	0,0230	Não	ns	0,004600
H300 vs L300	Sim	$p < 0,05$	0,0196	Não	ns	-0,008900
L600 vs L300	Não	ns	-0,003400	Não	ns	-0,01350

5.2.6 – W3D

A figura 12 representa a média dos valores de Ra para a rugosidade dos espécimes da resina composta W3D submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 12 – Gráfico representativo das médias de rugosidade obtidas pelos espécimes da resina composta W3D antes do processo de envelhecimento acelerado.

A análise estatística realizada para os espécimes antes do processo de envelhecimento acelerado demonstrou existir diferença estatisticamente significativa apenas quando comparados os grupos H300 e L600 entre si. Após o processo de envelhecimento acelerado, a análise estatística demonstrou a existência de uma diferença estatisticamente significativa entre os valores obtidos pelos mesmos grupos H300 e L600, quando comparados entre si, e entre os grupos L600 e L300 também quando comparados entre si, não existindo diferença entre as demais comparações entre grupos, como pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 – Teste de Tukey aplicado ao grupo composto pelos espécimes pertencentes à resina composta W3D antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

Teste de Tukey	Antes			Após		
	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias	P < 0.05%	Sumário	Dif. médias
H600 vs H300	Não	ns	-0,0118	Não	ns	-0,0121
H600 vs L600	Não	ns	0,0168	Não	ns	0,0147
H600 vs L300	Não	ns	0,007300	Não	ns	-0,004800
H300 vs L600	Sim	$p < 0,01$	0,0286	Sim	$p < 0,001$	0,02680
H300 vs L300	Não	ns	0,0191	Não	ns	0,007300
L600 vs L300	Não	ns	-0,009500	Sim	$p < 0,01$	-0,01950

5.3 – Cor antes e após o envelhecimento acelerado

Na tabela 10 pode ser visualizada a moda dos valores médios de cores encontrados, expressos pelo sistema Vita 3D Master, nas 24 condições estudadas. Tais valores expressam a cor Vita 3D Master informada pelo espectrofotômetro Vita Easyshade, O qual também indicava a cor pelo sistema CIE-Lab por meio dos valores de L*, a* e b*, cujas médias e valores de diferenças entre as condições estudadas (ΔE) podem ser visualizadas na Tabela 11 juntamente com as significâncias estatísticas entre os valores. Os resultados individuais podem ser encontrados nas tabelas localizadas no anexo B, C, D, E, F e G.

Tabela 10 – Moda dos valores de cores encontradas pelo espectrofotômetro Vita Easyshade para os 24 grupos estudados antes e após o processo de envelhecimento acelerado pelo sistema Vita 3D Master de cores.

Resina	Condição	3D Master antes	3D Master após
Charisma	H600	3,5M1	5M1,5
	H300	4M1	5M1,5
	L600	3,5M1	5M1,5
	L300	4M1	4,5M2
FILL-TEK	H600	3,5L1,5	4,5M2
	H300	3,5L1,5	4L2,5
	L600	3,5L1,5	4L2
	L300	3,5L1,5	4L2,5
Herculite	H600	3,5L1,5	5M2
	H300	3,5L2	5M2,5
	L600	3,5L1,5	5M2
	L300	3L2	5M2,5
OPALLIS	H600	3,5L1,5	4L2,5
	H300	3,5L1,5	4,5M2,5
	L600	3,5L1,5	4L2,5
	L300	3,5L2	4L2,5
TPH	H600	3,5M1	4R2,5
	H300	3,5R2	3,5R2
	L600	3,5R2	5M2
	L300	3R2	3M3
W3D	H600	3,5L1,5	5M3
	H300	3,5L1,5	5M3
	L600	3,5L1,5	5M3
	L300	3,5L1,5	4,5M3

Tabela 11 – Média dos valores CIE-Lab de cores encontradas pelo espectrofotômetro Vita Easysshade para os 24 grupos estudados antes e após o processo de envelhecimento acelerado e a diferença entre os valores encontrados ΔE .

Resina	Protocolo	CIE-Lab antes			CIE-Lab após			ΔE D. P.		Significancia estatística		
		L	a	b	L	a	b					
Charisma	H600	69,9	-1,3	16,8	60,9	1,9	26,3	13,6	1,1	b	c	
	H300	70,2	-2,1	18,0	62,8	1,3	27,0	12,3	1,6		c	d
	L600	70,2	-2,0	16,0	61,3	1,1	26,5	14,1	1,0	b	c	
	L300	70,7	-2,2	18,1	62,3	0,9	26,5	12,4	0,8		c	d
Filtek Z250	H600	72,8	-2,8	18,9	66,6	0,2	29,0	12,3	1,1	b	c	
	H300	73,5	-3,1	19,2	66,7	0,0	29,0	12,4	0,7	b	c	
	L600	73,4	-3,2	18,6	66,9	-0,2	29,3	12,8	0,9	b	c	
	L300	74,0	-3,4	19,2	67,3	-0,3	29,0	12,3	0,4	b	c	d
Herculite	H600	74,0	0,1	23,6	56,7	3,5	33,3	20,2	1,7			e
	H300	74,5	-0,3	24,7	60,0	2,6	35,3	18,2	1,0			e f g
	L600	74,1	0,3	21,1	61,5	2,4	34,2	18,6	1,4			f g h
	L300	75,0	0,1	23,4	57,5	2,6	33,7	20,6	1,0			e f
OPALLIS	H600	71,4	-1,8	20,2	66,7	-1,6	27,6	8,9	1,2	a		
	H300	71,3	-2,3	21,9	67,5	-0,6	29,5	8,8	0,6	a		
	L600	71,4	-2,0	20,6	67,4	-0,7	30,5	10,8	0,6	a		
	L300	72,3	-2,2	21,7	68,5	-1,1	29,8	9,1	1,4	a	b	
TPH	H600	73,9	2,5	23,5	61,8	3,7	30,9	14,5	2,7		c	d
	H300	74,5	2,3	24,2	65,1	3,4	32,2	12,7	2,9	b		
	L600	74,0	2,5	23,1	61,3	4,1	30,0	14,9	1,4			d
	L300	75,1	2,5	24,8	69,3	3,4	32,2	10,8	1,6	a	b	
W3D	H600	73,4	0,0	20,7	65,0	2,2	41,2	22,4	1,1			h i
	H300	74,3	-0,7	21,5	64,5	2,4	41,4	22,5	0,9			g h
	L600	73,6	-0,4	20,3	62,0	2,7	41,0	24,2	1,1			i
	L300	74,4	-0,4	21,8	63,6	2,0	41,3	22,5	1,0			h i

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

5.3.1 – Diferença de cor em função do método de fotoativação

Para o estudo da contribuição do protocolo de fotopolimerização sobre a alteração de cor das resinas compostas quando submetidas a estes, focou-se o protocolo de fotopolimerização como fator isolado de influência. Assim, aplicou-se a fórmula do ΔE para

os valores CIE-Lab dos espécimes pertencentes a uma mesma resina, antes e após o envelhecimento acelerado, procurando-se verificar a existência de uma diferença de cor, perceptível a um observador humano.

5.3.1.1 – Charisma

A figura 13 representa a média dos valores encontrados para o ΔE nos espécimes da resina composta Charisma submetidos a um dos protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

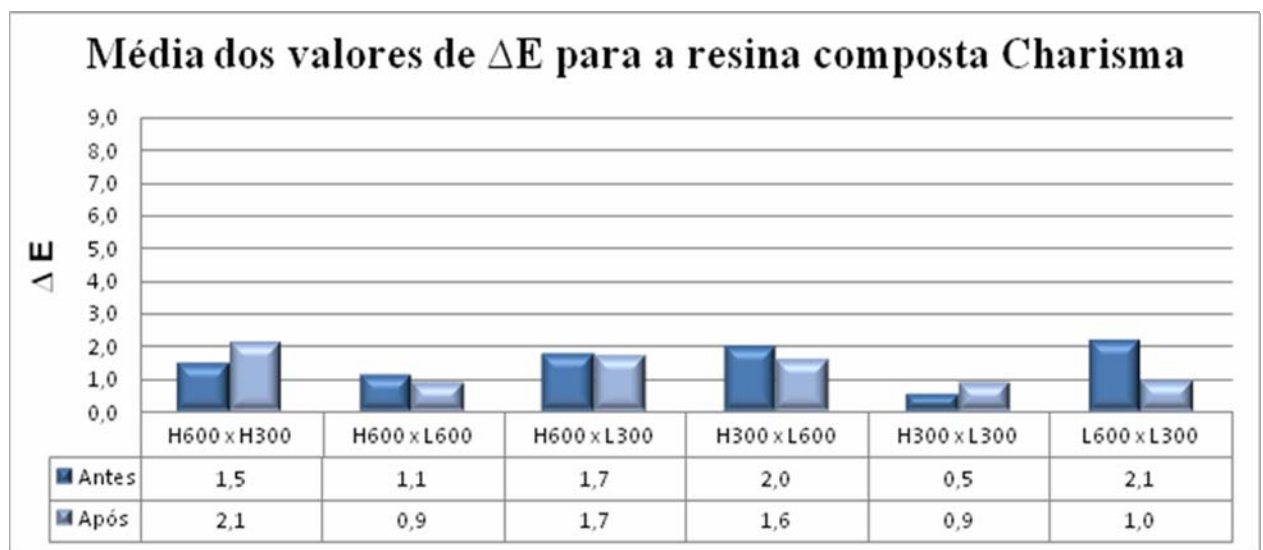


Figura 13 – Figura representativa das médias de valores obtidos para o ΔE entre as quatro condições estudadas antes e após o envelhecimento acelerado para a resina composta Charisma.

5.3.1.2 – Filtek Z250

A figura 14 representa a média dos valores encontrados para o ΔE nos espécimes da resina composta Filtek Z250 submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

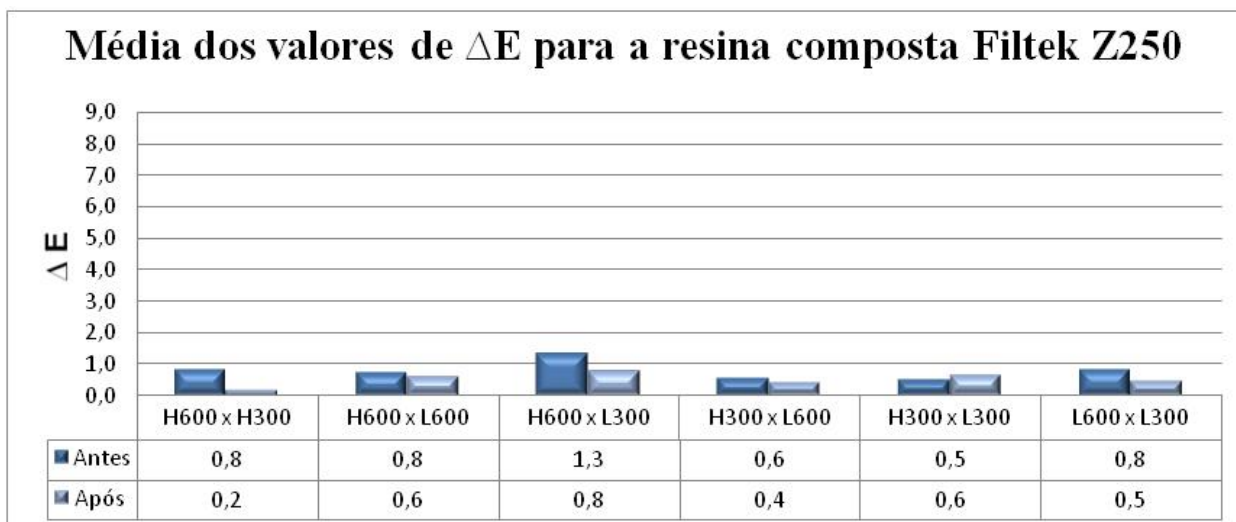


Figura 14 – Gráfico representativo das médias de valores obtidos para o ΔE entre as quatro condições estudadas antes e após o envelhecimento acelerado para a resina composta Filtek Z250.

5.3.1.3 – Herculite XRV

A figura 15 representa a média dos valores encontrados para o ΔE nos espécimes da resina composta Herculite XRV submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

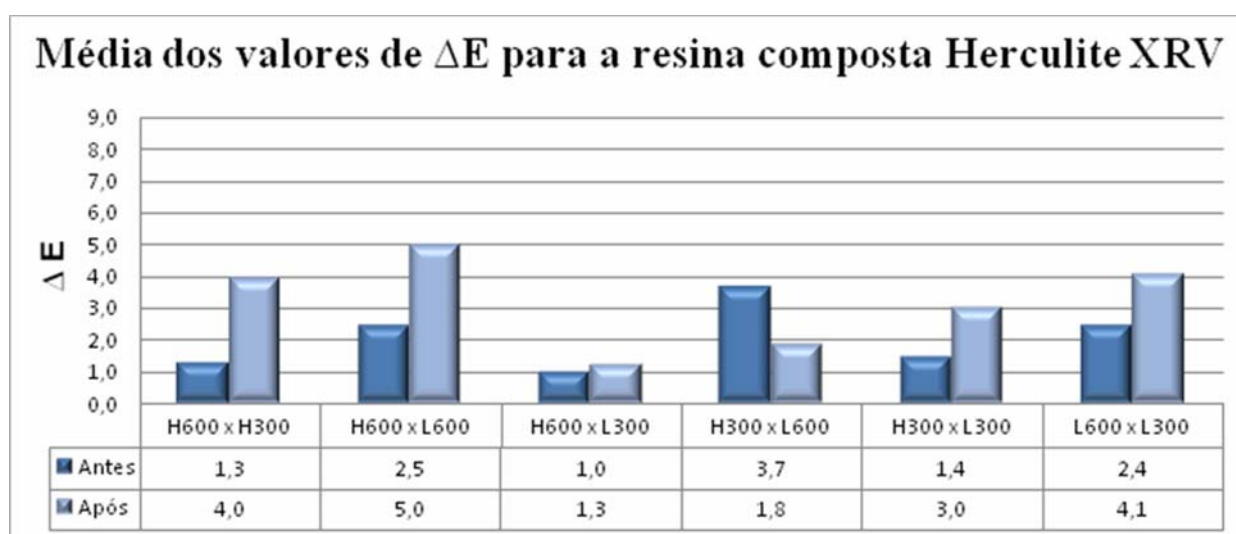


Figura 15 – Figura representativa das médias de valores obtidos para o ΔE entre as quatro condições estudadas antes e após o envelhecimento acelerado para a resina composta Herculite XRV.

5.3.1.4 – Opallis

A figura 16 representa a média dos valores encontrados para o ΔE nos espécimes da resina composta Opallis submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

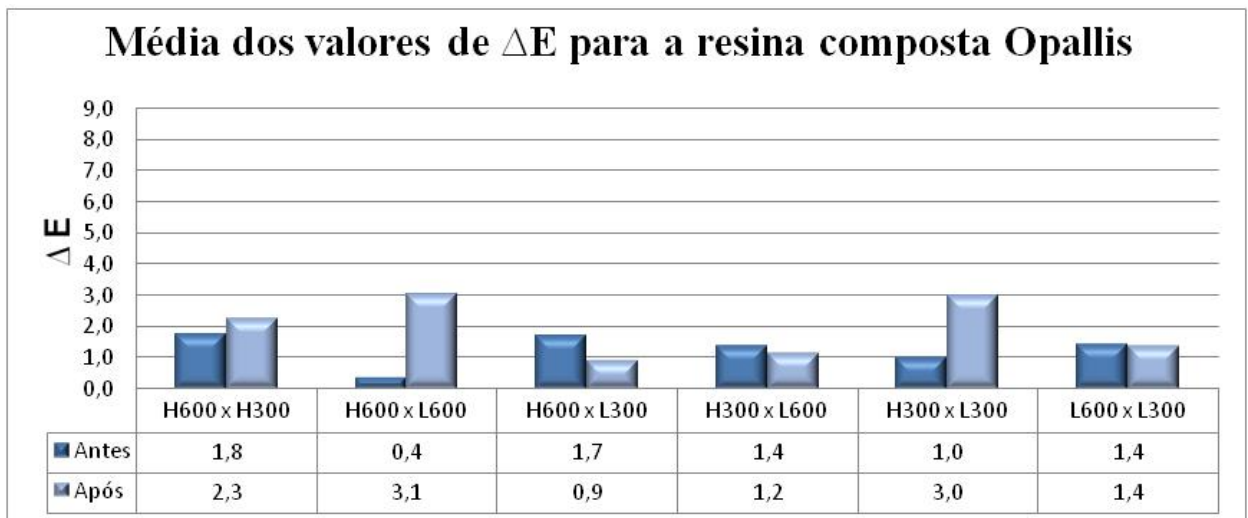


Figura 16 – Figura representativa das médias de valores obtidos para o ΔE entre as quatro condições estudadas antes e após o envelhecimento acelerado para a resina composta Opallis.

5.3.1.5 – TPH

A figura 17 representa a média dos valores encontrados para o ΔE nos espécimes da resina composta TPH submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

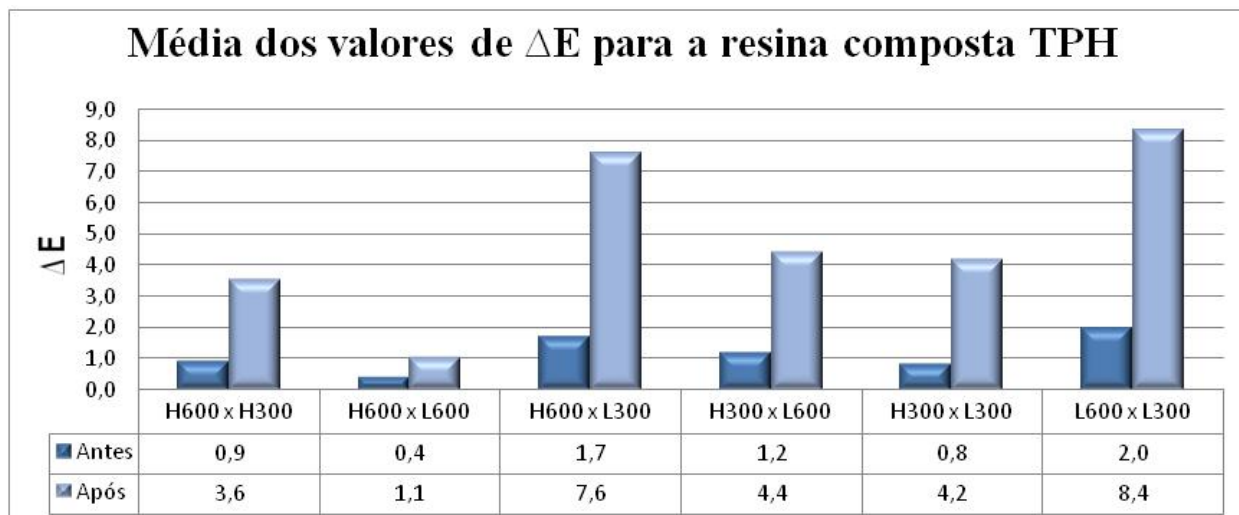


Figura 17 – Figura representativa das médias de valores obtidos para o ΔE entre as quatro condições estudadas antes e após o envelhecimento acelerado para a resina composta TPH.

5.3.1.6 – W3D

A figura 18 representa a média dos valores encontrados para o ΔE nos espécimes da resina composta Charisma submetidos a um dos 4 protocolos de fotopolimerização antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

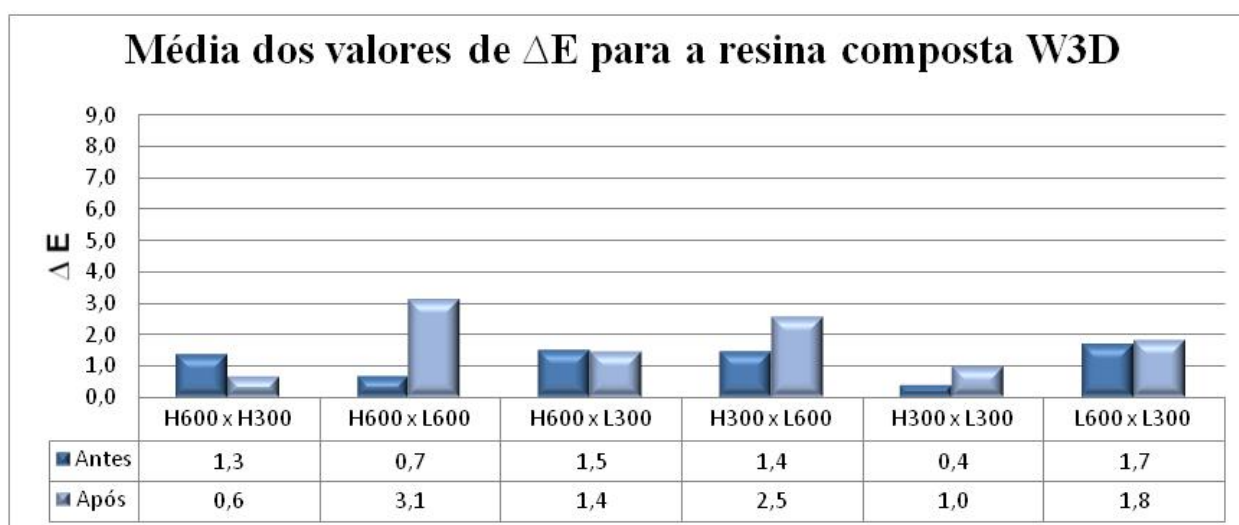


Figura 18 – Gráfico representativo das médias de valores obtidos para o ΔE entre as quatro condições estudadas antes e após o envelhecimento acelerado para a resina composta W3D.

5.3.2 – Direção das coordenadas de cores

5.3.2.1 – Coordenadas CIE-Lab a^* e b^*

A figura 19 representa a média dos valores de coordenadas encontrados para os espécimes após o processo de envelhecimento acelerado. Foi possível observar em todos os espécimes uma tendência de alteração de cor em direção ao vermelho e ao amarelo.

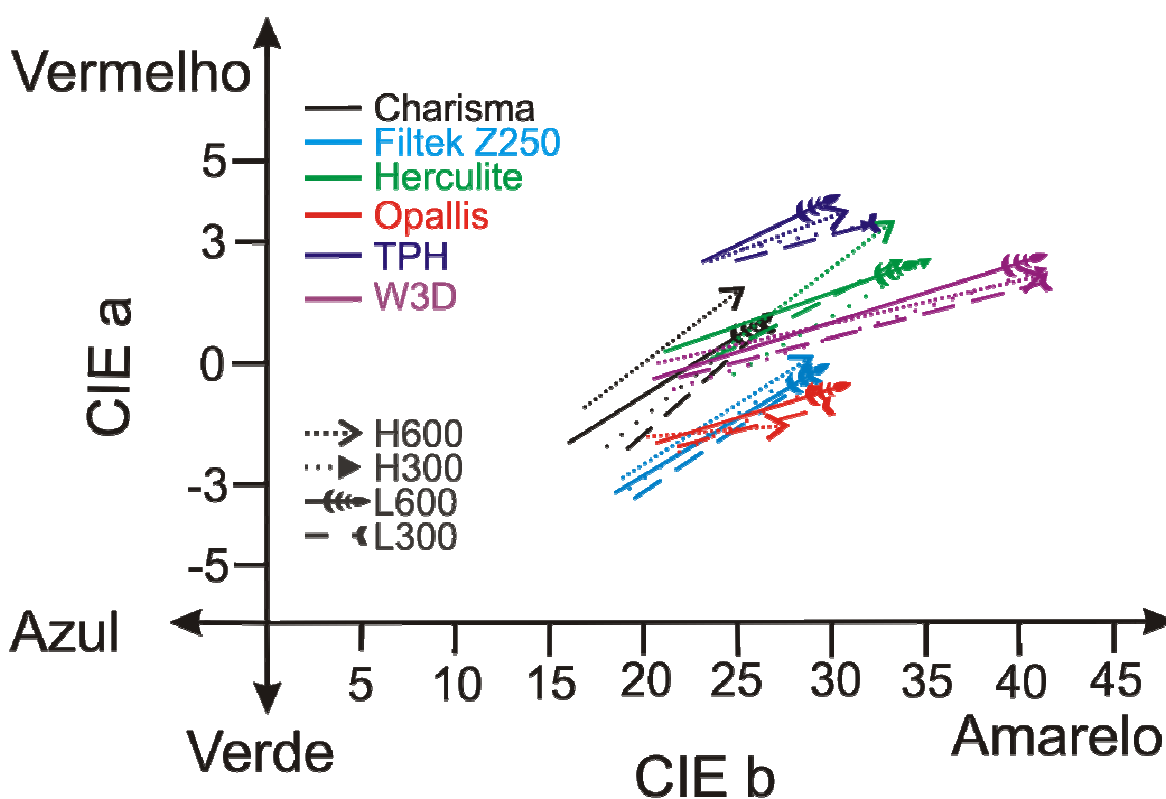


Figura 19 – Coordenada de mudanças das cores após o envelhecimento acelerado. A seta indica a média de coordenadas após o envelhecimento.

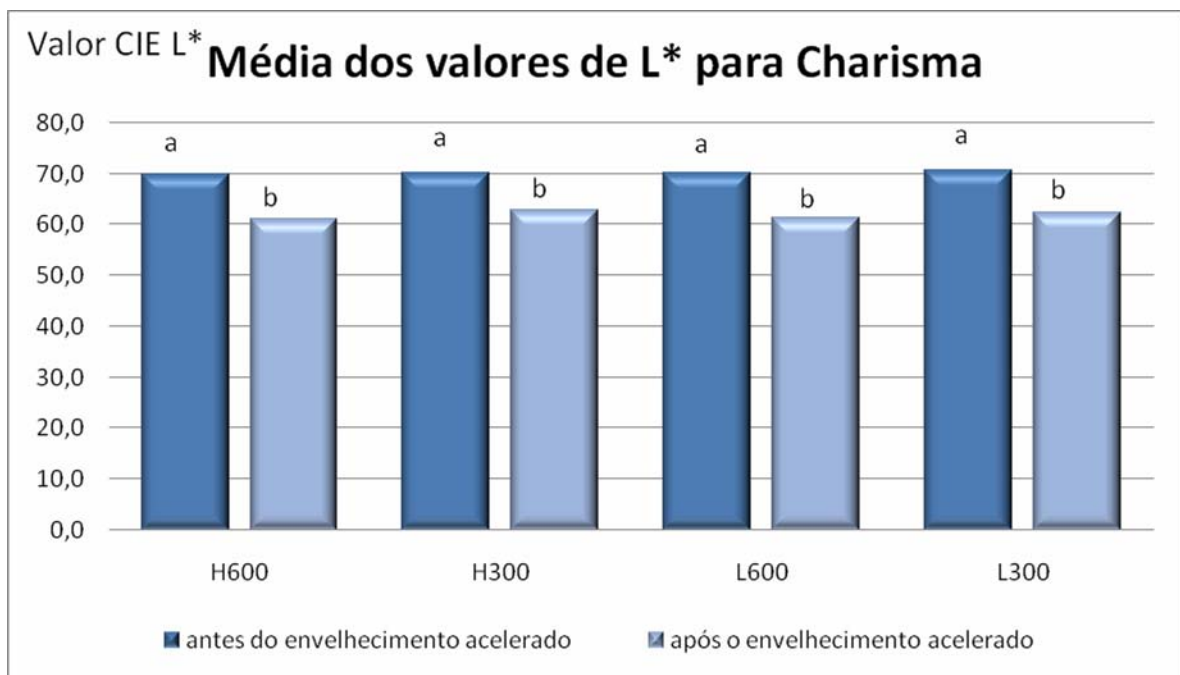
5.3.2.2 – Coordenadas CIE-Lab L^*

A Coordenada CIE-Lab L^* representa o quão claro ou escura é a cor, quanto mais próximo de 100 o valor mais clara é a cor, valores próximos de 0 representam cores muito escuras tendendo ao preto.

Os resultados mostram claramente que independentemente da técnica de

fotopolimerização utilizada ou da resina composta testada, sempre houve uma diminuição do valor de L^* , ou seja, a resina sempre tende a ficar mais escura após o processo de envelhecimento acelerado.

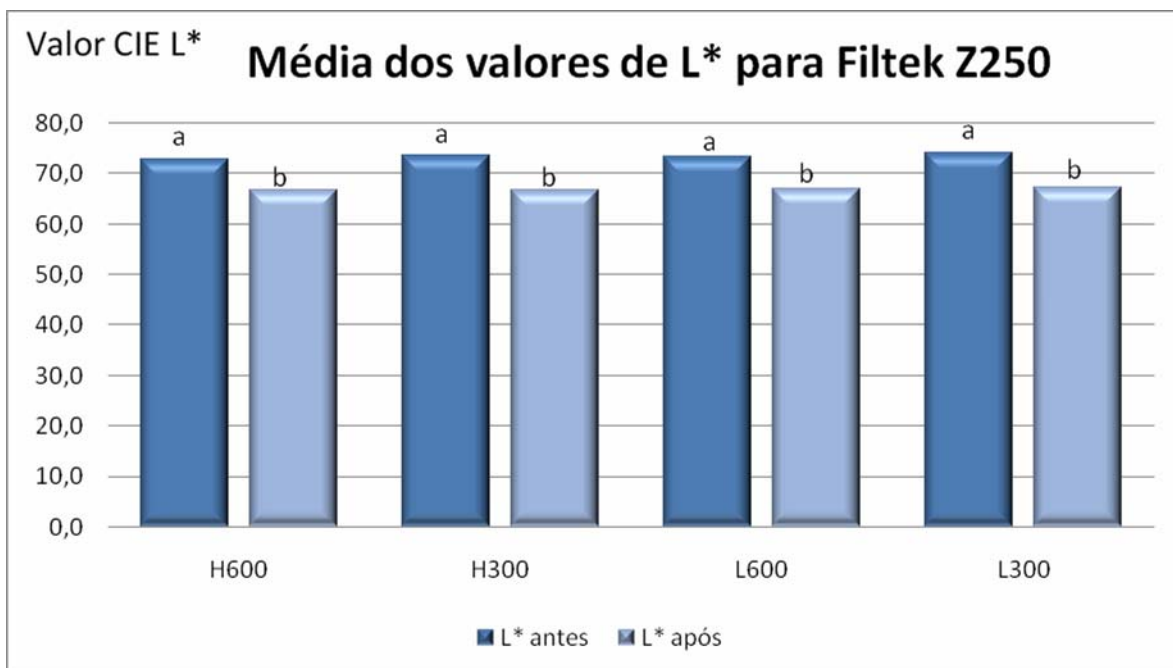
A figura 20 representa a média dos valores de CIE-Lab L^* encontrados os espécimes da resina composta Charisma.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 20 – Média dos valores de CIE-Lab L^* para a resina composta Charisma antes e após o envelhecimento acelerado.

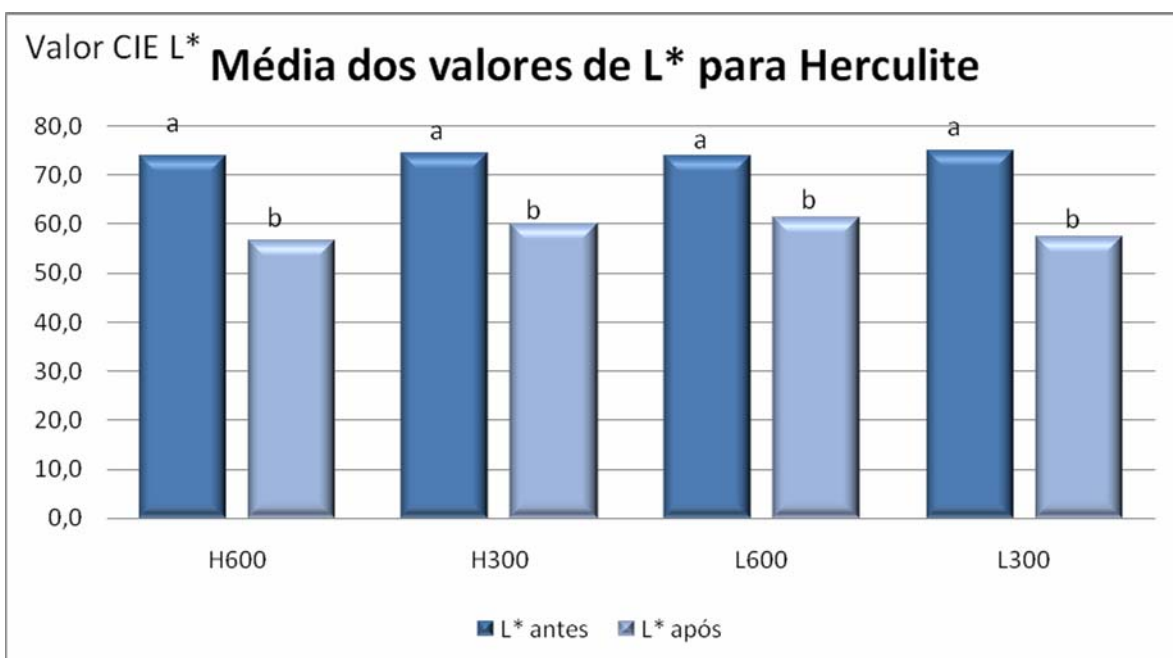
A figura 21 representa a média dos valores de CIE-Lab L^* encontrados os espécimes da resina composta Filtek Z250.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 21 – Média dos valores de CIE-Lab L* para a resina composta Filtek Z250 antes e após o envelhecimento acelerado.

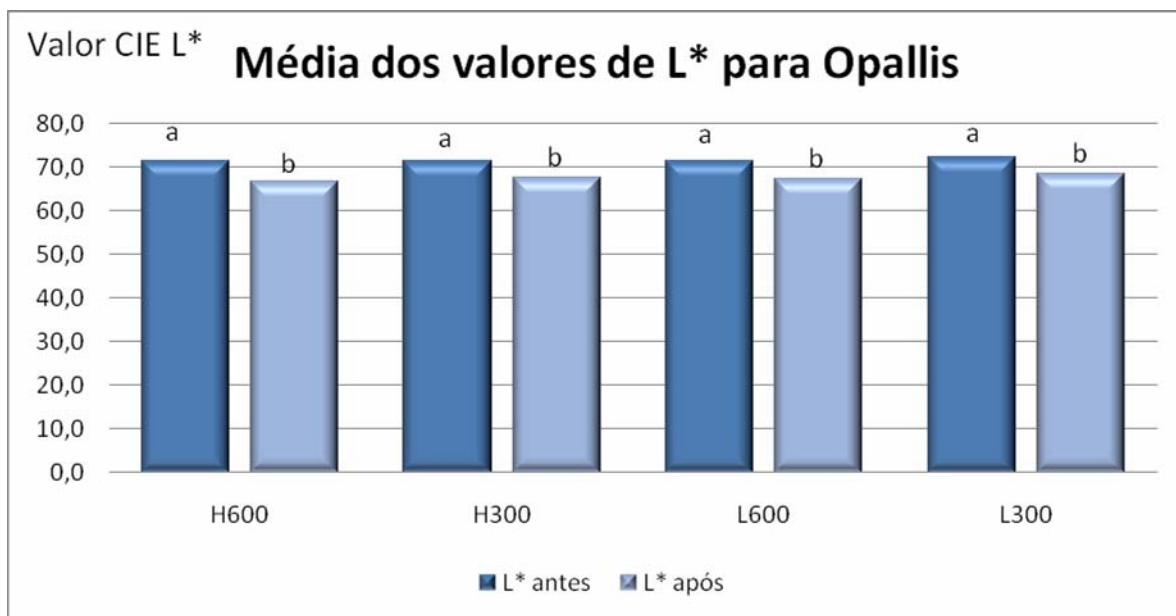
A figura 22 representa a média dos valores de CIE-Lab L* encontrados os espécimes da resina composta Herculite.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 22 – Média dos valores de CIE-Lab L* para a resina composta Herculite antes e após o envelhecimento acelerado.

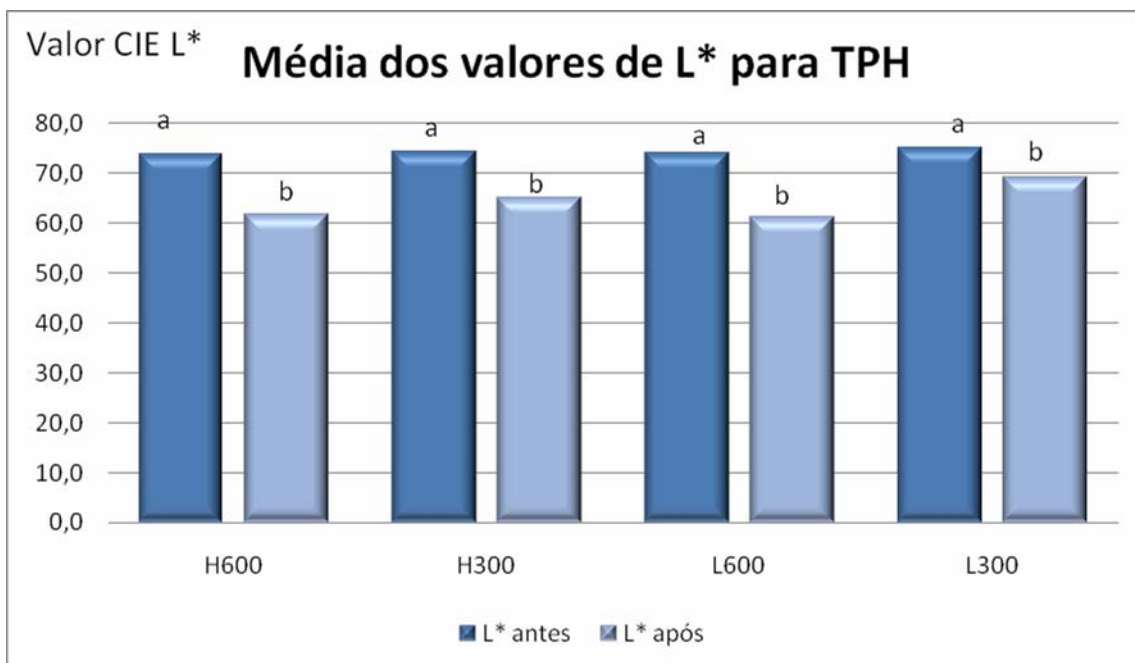
A figura 23 representa a média dos valores de CIE-Lab L* encontrados os espécimes da resina composta Opallis.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 23 – Média dos valores de CIE-Lab L* para a resina composta Opallis antes e após o envelhecimento acelerado.

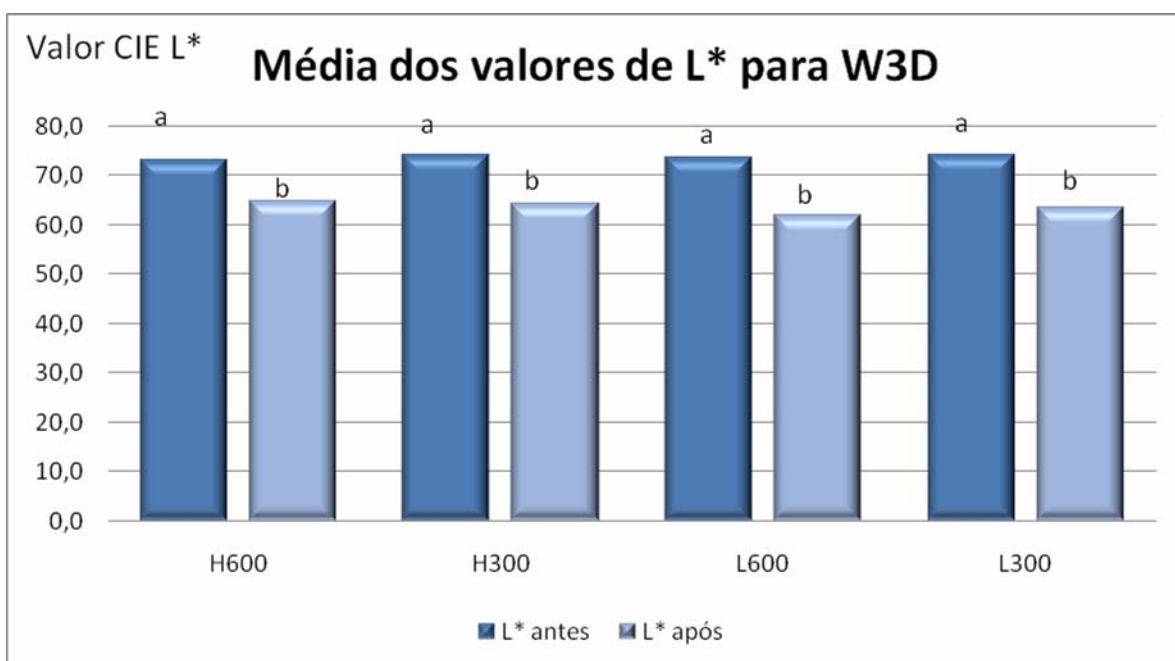
A figura 24 representa a média dos valores de CIE-Lab L* encontrados os espécimes da resina composta TPH.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 24 – Média dos valores de CIE-Lab L* para a resina composta TPH antes e após o envelhecimento acelerado.

A figura 25 representa a média dos valores de CIE-Lab L* encontrados os espécimes da resina composta W3D.



Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes

Figura 25 – Média dos valores de CIE-Lab L* para a resina composta W3D antes e após o envelhecimento acelerado.

Com o intuito de se aferir a correlação de entre o ΔE e a variação da rugosidade inicial e final foi realizado um teste de regressão linear cujo resultado pode ser observado na figura 26. Sendo que o valor para a reta foi de $r = 0,526$ indicando uma correlação positiva média.

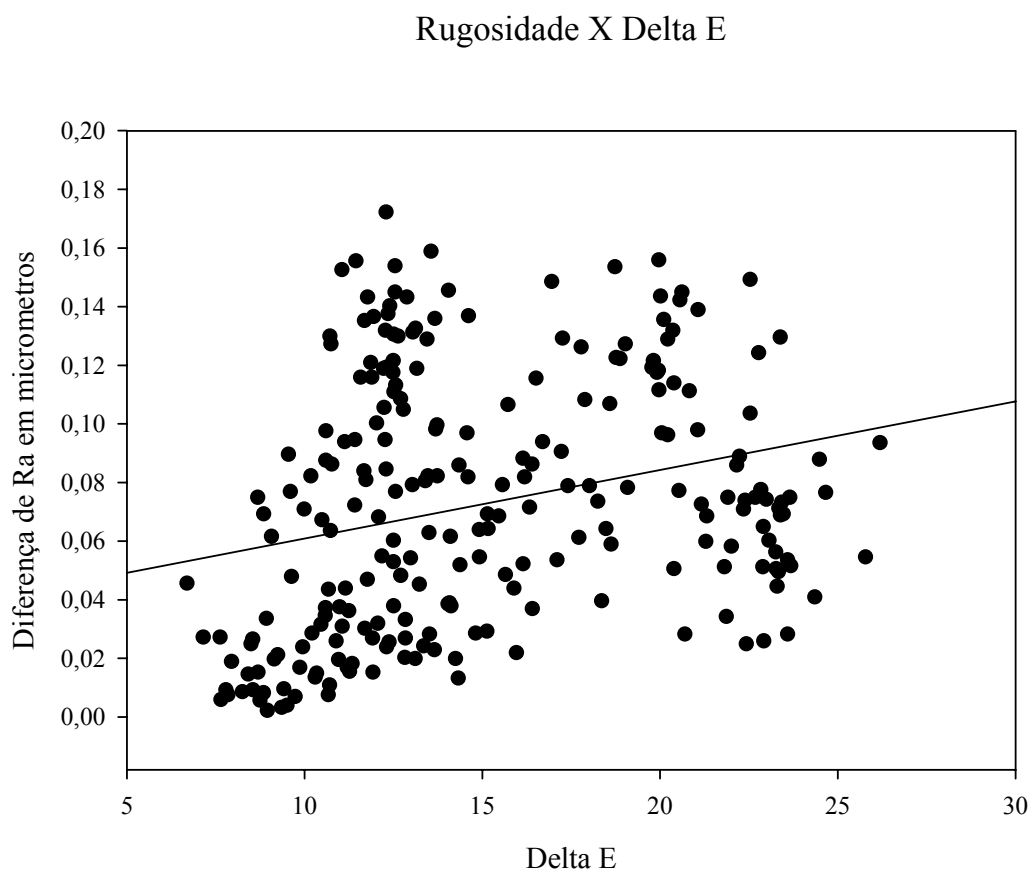


Figura 26 – Gráfico da regressão linear entre o ΔE e a variação da rugosidade nos espécimes, valor para a reta $r = 0,526$.

Discussão

6- Discussão

No presente capítulo, inicialmente serão tecidas considerações a respeito dos materiais e dos métodos aqui utilizados; ao final, serão comentados os resultados obtidos.

6.1 –Metodologia

A diversidade na formulação da matriz orgânica das seis resinas compostas selecionadas constitui um aspecto crítico quanto à uniformidade das propriedades dos compostos gerados (Tabela 1). Embora a somatória dos valores da quantidade total de monômeros, diluentes e fotoiniciadores sejam próximas a 40% (em volume) para todas as resinas, o conteúdo relativo a cada tipo de monômero, e mesmo a presença ou ausência deles, apresenta uma grande variação. Em face do exposto, a composição orgânica constituiu, por si só, um fator de variação de extrema importância sobre os resultados obtidos, podendo ser diretamente responsabilizada pela diferença de valores encontrados entre os grupos de resinas aqui estudados, corroborando com os achados de SCHNEIDER (SCHNEIDER et al., 2008).

A seleção da cor dos materiais estudados recaiu sobre o matiz A e o croma 2. Entretanto, existem alguns materiais que utilizam nomenclaturas diferentes para suas cores de resina, como a resina W3D. Neste caso foi escolhida a cor correspondente ao A2 da escala Vita Clássica, no caso 2M2, corroborando com os achados de IKEDA *et al.* (IKEDA et al., 2003), de que as cores de uma mesma resina composta podem apresentar comportamento distintos em relação à alteração de cores.

A utilização de diferentes tecnologias (lâmpada halógena e LED) como unidades fotoativadoras teve por finalidade avaliar uma possível diferença na polimerização dos compósitos frente às duas diferentes tecnologias. O sistema LED emite luz dentro da faixa espectral de 450-490 nanômetros enquanto que a tecnologia halógena emite luz com

comprimento de onda entre 400-500 nanômetros, inferindo um efeito fotoelétrico que poderia influenciar no grau de conversão do monômero, assim como no arranjo espacial das cadeias poliméricas formadas, como demonstrado por SILLIKAS (SILIKAS; ELIADES; WATTS, 2000), que relata que existe diferença entre a quantidade de energia emitida para a resina composta e sua taxa de conversão. Foram avaliadas ainda duas densidades de potência (300mW/cm^2 e 600mW/cm^2), haja vista que trabalhos como o de RUTTERMANN (RUTTERMANN et al., 2008) relatam que a alteração de cor de uma resina composta depende da forma e do tempo de exposição à fonte fotoativadora, e trabalhos como o de SEGHI (SEGHI; GRITZ; KIM, 1990) relatam uma mudança de cor na resina composta logo após sua fotoativação.

O aparelho de lâmpada halógena selecionado foi o VIP – Variable Intensity Polymerizer (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA) e para o sistema LED foi selecionado o Ultrablue IS (DMC, São Carlos, Brasil) de 2ª geração. Ambos os aparelhos tiveram seu desempenho comparado no que diz respeito à rugosidade superficial e a estabilidade de cor das resinas compostas ao serem fotoativadas com os mesmos.

Além da diferença existente entre a emissão espectral das fontes de luz (USUMEZ; OZTURK; OZTURK, 2005), a densidade de potência emitida é outro importante aspecto a ser considerado no processo de fotoativação, pois nem todos os fótons emitidos são absorvidos e efetivamente utilizados para a conversão de um monômero em polímero (NEUMANN et al., 2005). Assim, as diferentes densidades de potência selecionadas para este estudo, 300 mW/cm^2 e 600 mW/cm^2 , foram estabelecidas por constituírem em irradiâncias, parcial e total, do equipamento Ultrablue IS e puderam ser também utilizadas pelo aparelho de lâmpada halógena VIP, assim constituindo os fatores de variação para as duas tecnologias de fotoativação.

As propriedades de uma resina composta são fortemente influenciadas pela densidade de energia total emitida pelos aparelhos fotopolimerizadores (ASMUSSEN; PEUTZFELDT, 2005; EMAMI; SODERHOLM; BERGLUND, 2003; HOSOYA, 1999; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 2005). Assim, o tempo de fotoativação utilizado foi o maior tempo recomendado dentre os fabricantes das resinas compostas estudadas (40 segundos para W3D), para que dessa forma fosse mantido um mesmo valor de densidade de energia para todas as resinas e impedindo, assim, que alguma das resinas fossem expostas a uma quantidade de energia inferior ao recomendado pelo fabricante.

Em relação à rugosidade superficial de uma resina composta, a estrutura polimérica da matriz orgânica bem como as características das partículas de carga exercem influência direta na lisura superficial do material. Desta forma, procedimentos de acabamento e polimento influenciam na textura da resina composta e podem atuar sobre a descoloração e rugosidade (ROEDER; TATE; POWERS, 2000; VENTURINI et al., 2006). Clinicamente, quando a superfície de uma restauração apresenta $Ra \geq 0,2\mu\text{m}$ existe uma maior retenção de biofilme e conseqüente acúmulo de bactérias, este fato aumenta os riscos de recidivas cárias e inflamação periodontal (BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997). Quando as alterações de textura são superiores a $0,3\mu\text{m}$, estas podem ser detectadas pelos lábios ou pela língua e geram uma sensação de desconforto ao paciente (JUNG, M.; SEHR; KLIMEK, 2007).

A análise superficial desta característica pode ser feita por diferentes métodos, como, por exemplo, pelo uso de um rugosímetro com ponta apalpadora de superfície, consistindo em método quantitativo, e por meio da observação da superfície por um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) que consiste em um método qualitativo (AGRA; VIEIRA, 2002). O rugosímetro permite a leitura de diferentes parâmetros de rugosidade, sendo que a rugosidade média (Ra) é o parâmetro empregado para o estudo da rugosidade

superficial dos materiais dentários (BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997; JUNG, M.; SEHR; KLIMEK, 2007; MAIR, 1991). Por outro lado, os microscópios permitem a visualização da superfície do objeto com aumento de até 900.000 vezes dependendo do material, mas normalmente o aumento é da ordem de 10.000, pois quanto mais próximo da superfície da amostra, mais limitado está o campo de observação, logo, pode-se estar analisando uma pequena área onde não existe rugosidade, enquanto várias outras áreas permanecem rugosas. Ainda que os microscópios permitam que sejam feitas comparações entre materiais, a quantificação entre as diferenças em sua rugosidade é limitada do ponto de vista quantitativo. Por este fato foi optado pela utilização do rugosímetro como método de avaliação da rugosidade superficial no presente trabalho.

Ao ser realizada a leitura da rugosidade de uma superfície, alguns parâmetros devem ser levados em consideração. Após a obtenção dos dados da leitura, o aparelho realiza uma filtragem dos mesmos a fim de corrigir ondulações de grande magnitude, por meio de um programa nele incorporado. A rugosidade de uma superfície é denominada textura primária quando apresenta irregularidades cuja altura seja maior que o comprimento, e textura secundária quando essas irregularidades apresentarem o seu comprimento maior que a altura.

Para a realização do teste de rugosidade por apalpamento, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua norma ABNT NBRISO 4287 (ABNT-NBRISO_4287, 2002), define que se deve utilizar o “sistema M” de medição no qual é traçada uma linha média ideal da superfície do espécime e os demais pontos de interesse são verificados indiretamente em relação a ela. Tal linha é disposta paralelamente ao perfil filtrado traçado, de tal modo que a soma das áreas determinadas pelas oscilações acima e abaixo sejam idênticas.

Dentro do “sistema M” existem várias informações possíveis de serem obtidas acerca das características da superfície das amostras. Neste trabalho foi escolhida a

Rugosidade Média Global (Ra) como forma de comparação entre as mesmas, porque esta característica representa a média aritmética entre os valores absolutos dos pontos de afastamento do perfil de rugosidade em relação à Linha Média dentro do percurso de medição.

Para avaliar a estabilidade de cor de compósitos resinosos, diferentes métodos têm sido utilizados, desde técnicas de análise visuais diretas dos corpos-de-prova com o auxílio de escalas de cor, assim como análises instrumentais por meio do uso de colorímetros e espectrofotômetros. As análises diretas, por serem subjetivas, apresentam baixa correlação de acerto entre os examinadores (OKUBO et al., 1998), enquanto que as instrumentais tendem a apresentar resultados mais reprodutíveis. Os colorímetros são dependentes do tipo de iluminante (LEE; LIM; KIM, 2004; PARK; LEE; LIM, 2006) e podem ser influenciados pelo padrão de fundo de leitura dos corpos-de-prova (LEE; POWERS, 2007). Já os espectrofotômetros, por utilizarem uma câmara escura e condições de iluminação padronizadas, apresentam um maior índice de repetição de valores de medida, além de poderem ser utilizados diferentes sistemas de mensuração das alterações de cor, como o sistema de Munsell, o CIE-Lab, o CIEDE 2000, ou ainda o DIN 99 (CUI et al., 2002; LEE, 2005b; LEE; POWERS, 2005). Porém, existe uma tendência de os trabalhos relacionados às resinas compostas usarem o sistema CIE-Lab para este fim (BRACKETT et al., 2007; CHOI et al., 2005; DOUGLAS, 2000; HASSEL et al., 2009; HOSOYA, 1999; IKEDA et al., 2003; ISHIKAWA-NAGAI et al., 2009; JANDA et al., 2004; JANDA et al., 2005; JOHNSTON; KAO, 1989; JOINER, 2004; KIM, B.J.; YU; LEE, 2008; KIM, I.J.; LEE, 2007; KIM, S.H.; LEE, 2008; KOLBECK et al., 2006; LEE, 2005a; LEE; POWERS, 2005; MUTLU-SAGESEN et al., 2005; PIRES-DE-SOUZA FDE et al., 2007; RUTTERMANN et al., 2008; STOBER; GILDE; LENZ, 2001), por esta razão optou-se por utilizar o mesmo sistema no presente estudo.

O desempenho clínico de restaurações realizadas com resinas compostas pode ser consignado em diferentes períodos de observação, especialmente quanto às características visuais, dentre elas a mimetização da estrutura adjacente, através da cor, textura e forma, porém seu real sucesso só pode ser referendado após esta ser exposta às reais condições orais, sendo que pesquisas de curto prazo têm revelado poucas informações comportamentais, direcionando, portanto, para pesquisas que apresentem um acompanhamento clínico longitudinal de um material restaurador (MILLAR; ROBINSON; INGLIS, 1997). Porém, tais estudos apresentam algumas limitações de ordem prática e financeira, pois apresentam substanciais custos inerentes, um período médio e longo prazo para que se possa observar a real influência dos parâmetros selecionados, além de necessitarem da efetiva colaboração dos pacientes envolvidos no projeto, que devem fazer retornos periódicos e informarem aspectos de sua vida cotidiana, como mudança de dieta ou alteração de domicílio.

Assim, a simulação laboratorial das condições existentes no meio oral possibilita prever o possível comportamento destes materiais, antecipando uma provável manifestação desfavorável do material, em função dos fatores específicos relacionados a fotoativação, tais como as fontes de luz e os parâmetros inerentes a irradiância. Portanto, a sinalização propiciada pelo envelhecimento artificial acelerado, por meio da avaliação das alterações induzidas na cor e rugosidade superficial, pode trazer evidências preliminares a respeito do comportamento dos materiais e que, do ponto de vista clínico, necessitaria de períodos de observação imprevisíveis para evidenciar o real efeito dos fatores relacionados a fotoativação.

Portanto, para que se pudesse viabilizar, em um menor tempo, uma metodologia que possibilitasse avaliar a estabilidade de cor de materiais odontológicos, foi implementado o método de envelhecimento acelerado que originalmente foi elaborado para determinar como produtos comerciais, como tintas automotivas e plásticos, reagem à exposição às condições ambientais (POWERS; DENNISON; KORAN, 1978). Tal processo simula o efeito de uma

longa exposição do material a ciclos de luz ultravioleta e a mudanças de temperatura e umidade, procurando desta forma acelerar a influência destes fatores sobre o material em questão.

Um dos fatores mais importantes na alteração da cor de uma resina composta relaciona-se às mudanças estruturais ocorridas em sua matriz resinosa em decorrência da radiação UV (ultravioleta), principalmente a UV-B, assim como pela energia térmica. Essa descoloração gerada a partir de modificações internas não pode ser eliminada com o polimento, pois a radiação UV causa a quebra das ligações químicas do composto alterando suas características ópticas (FERRACANE; BERGE; CONDON, 1998; KOLBECK et al., 2006; UCHIDA et al., 1998).

No presente trabalho o processo de alteração de cor de diferentes resinas compostas foi estabelecido pelo Sistema Acelerado de Envelhecimento para materiais não-metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, Brasil.), submetendo a superfície das amostras à ação da luz UV-B e da condensação de água, com alternância entre ciclos da temperatura e umidade relativa ar, provocando alterações intrínsecas na matriz e, conseqüentemente, alteração na cor dos espécimes. Desta forma, foram expostos a um total de 384 horas do processo de envelhecimento artificial, correspondendo a tempo aproximado de 10 anos de envelhecimento natural (ASTM, 2006). A determinação deste total de horas está baseada em um estudo preliminar (RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987) que avaliou a estabilidade de cor de resinas indiretas, e demonstrou que, de um total de 1440 horas de envelhecimento artificial, grande parte desta alteração de cor ocorre nas primeiras 300 horas do processo de envelhecimento. Talvez isto se deva ao fato de a sorção da água pelo compósito ocorrer somente até haver saturação das cadeias poliméricas livres, o que acaba por estabilizar a estrutura e as propriedades físico-mecânicas do compósito, reduzindo a

degradação da interface partícula/matriz e da própria estrutura da matriz polimérica (FERRACANE; BERGE; CONDON, 1998).

Deve ser observado que o processo de envelhecimento acelerado limita-se a expor os espécimes dentro de um número limitado de fatores deletérios quando comparado ao ambiente bucal. Entretanto, pesquisas laboratoriais que observam o tempo natural para o envelhecimento dos espécimes de resina composta apresentaram resultados que corroboraram com as observações de estudos laboratoriais que fizeram uso do processo de envelhecimento acelerado para o quesito alteração de cor (HOSOYA, 1999; USUMEZ; OZTURK; OZTURK, 2005). Validando, portanto, a presente metodologia para pesquisas que buscam avaliar intrinsecamente os fatores de alterações de cor relacionados aos parâmetros de fotopolimerização, tais como fontes de luz e densidade de potência.

6.2 - Resultados

A Tabela 3 demonstra que as resinas compostas estudadas apresentaram um aumento estatisticamente significativo de sua rugosidade superficial após o envelhecimento artificial acelerado quando comparadas com os valores de rugosidade antes do processo de envelhecimento acelerado. Deve ser salientado que a média de valores iniciais de rugosidade das resinas compostas, antes do processo de envelhecimento acelerado, independentemente dos protocolos de fotoativação, não estava do limite de $Ra=0,2\mu m$ estabelecido por BOLLEN *et al.* (BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997). Após o processo de envelhecimento acelerado as resinas Filtek Z250, Herculite XRV e TPH Spectrum apresentaram valores médios de rugosidade superficial acima deste limiar (Filtek Z250 H600, H300 e L600, Herculite XRV H600, L600 e L300, TPH Spectrum H600, H300, L600, L300).

A influência dos protocolos de fotoativação sobre as resinas compostas não apresentou um padrão uniforme e os melhores resultados alcançados por uma condição em

determinada marca não foram consignados em outras, indicando que o fator composição ou formulação intrínseca constitui fator decisivo para determinar as alterações da rugosidade.

Não obstante as resinas compostas utilizadas no presente estudo são classificadas, segundo sua carga inorgânica, como do tipo micro-híbridas, as diferenças entre os valores iniciais e finais de rugosidade média não podem ser explicadas exclusivamente pela composição monomérica da matriz orgânica dos compostos, uma vez que as diferentes resinas avaliadas apresentaram resultados distintos quanto aos valores e quanto à influência dos métodos de fotoativação (Tabela 3). Enquanto a marca Charisma apresentou uma diferença de R_a entre $0,028\mu\text{m}$ (H600) e $0,048\mu\text{m}$ (L300), a resina Herculite XRV apresentou uma diferença entre $0,072\mu\text{m}$ (H300) e $0,138\mu\text{m}$ (H600), da mesma forma enquanto a marca Opallis, a qual apresentou o melhor desempenho no quesito rugosidade, com variações médias de R_a entre $0,014\mu\text{m}$ (L300) e $0,024\mu\text{m}$ (H600 e L600) a marca W3D obteve médias de R_a entre $0,059\mu\text{m}$ (H600 e H300) $0,072\mu\text{m}$ (L300). Logo, a procura por uma resposta lógica a este fato nos leva aos demais constituintes de matriz orgânica de tais compostos como os agentes fotoiniciadores e aminas terciárias e sua intensa relação com as energias UV e a interação que estas energias provocam sobre estas moléculas alterando sua estrutura molecular e, por conseguinte, suas propriedades (FERRACANE; MOSER; GREENER, 1985; JANDA et al., 2004).

A maioria dos polímeros possui em suas cadeias moleculares grupos funcionais que podem absorvem energias UV, tais grupos apresentam uma ligação do tipo π entre dois átomos de sua cadeia podendo ser um grupo carbonila $\text{C}=\text{O}$, anéis aromáticos ou ligações $\text{C}=\text{C}$. Quando uma molécula de polímero absorve luz ultravioleta através de grupos funcionais, essa energia leva a estrutura a um estado mais instável. Este excesso de energia pode ser reduzido de várias formas, dentre elas a transferência desta excitação à outra molécula, de forma que a primeira molécula retorna ao estado estabilizado. Estes grupos, também, podem retornar ao seu estado original por

etapas, re-emitindo o excesso de energia em comprimento de onda mais longo, tais como luz visível ou calor. Se a molécula excitada dispersar o excesso de energia por algum meio, haverá um rompimento, isto é, a degradação fotoquímica promovendo alterações das propriedades mecânicas e ópticas do polímero (EDIDIN et al., 2000).

Dentro do sistema de cores do universo CIE-Lab, a alteração de cor de um corpo é avaliada pelo ΔE que representa a distância, em linha reta, da posição determinada pelos pontos cartesianos tomando como referência as coordenadas L^* , a^* e b^* na esfera de cores do sistema. Sendo os valores de ΔE números naturais, existe uma tendência de se representar uma escala de valores com o intuito de estabelecer uma relação entre o valor do ΔE e a capacidade olho humano de detectar tal diferença de cor (RAGAIN; JOHNSTON, 2000; RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987).

Embora existam divergências entre autores sobre qual seria o valor numérico do ΔE que determinaria uma diferença de cor que tornaria uma restauração clinicamente inaceitável, valores de ΔE a partir de 3,3 começam a ser considerados inaceitáveis por 50% dos observadores e valores de ΔE acima de 3,8 são considerados inaceitáveis por todos os observadores (LEE et al., 2005; RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987), porém não é apenas a aceitabilidade unânime dos observadores que determina a necessidade estética da troca de uma restauração, assim valores de ΔE a partir de 3,3 são considerados como justificativa suficiente para a substituição do material restaurador (INOKOSHI et al., 1996; RAGAIN; JOHNSTON, 2001). Desta forma a maioria dos trabalhos considera como fator limite para a aceitabilidade de alteração de cor da resina composta o valor de $\Delta E=3,3$ (JOHNSTON; REISBICK, 1997; KIM, I.J.; LEE, 2007; KIM, S.H.; LEE, 2008; LEE, 2005a; LEE; LIM; KIM, 2003, 2004; LEE et al., 2001b, 2001a; LEE et al., 2004; LEE; POWERS, 2001, 2004, 2007; PIRES-DE-SOUZA FDE et al., 2007; RUYTER; NILNER; MOLLER, 1987; SARAFIANOU et al., 2007; SCHULZE et al., 2003; SPROULL, 2001; TAKAHASHI et al.,

2008; USUMEZ; OZTURK; OZTURK, 2005; VICHI; FERRARI; DAVIDSON, 2004; WATTS; ADDY, 2001; YAP; SIM; LOGANATHAN, 1999), muito embora outros autores utilizem o valor de delta $\Delta E=3,7$ como limite (DOUGLAS, 2000; PARAVINA; KIMURA; POWERS, 2005; PARK; LEE; LIM, 2006) ou mesmo um valor de $\Delta E=2$, como crivo (BRACKETT et al., 2007; IKEDA et al., 2003).

Seguindo o valor adotado pela maioria dos trabalhos consultados, no presente estudo foi adotado o valor de $\Delta E=3,3$ como limiar de aceitação para a alteração de cor das resinas compostas. Foi observado que todos os valores de ΔE encontrados para as resinas Charisma, Filtek Z-250, Herculite XRV, Opallis, TPH Spectrum e W3D foram maiores que o ΔE estipulado, em todas as condições, indicando que após um tempo estimado de 10 anos, as referidas resinas apresentariam alterações significantes comparadas à cor original obtida no momento de sua confecção, independentemente da fonte de luz ou densidade de potência que houvesse sido fotoativada. Em face da colocação, estaria indicada substituição das restaurações, por motivos estéticos, uma vez que o menor ΔE encontrado foi de 8,8 e, portanto, muito acima do limiar de aceitação.

Nesse sentido, reforça-se o conceito de que embora as resinas compostas estudadas pertençam à mesma classificação, quanto ao tamanho das partículas inorgânicas, elas apresentaram comportamentos distintos, tanto em relação à rugosidade superficial quanto aos valores de ΔE , independentemente da fonte de luz ou do protocolo de fotoativação. A Tabela 11 indica a semelhança estatística do ΔE quando se analisa individualmente as resinas e demonstra que existe considerável variação quando se compara os resultados entre elas. Este comportamento se deve possivelmente à composição e, mais fortemente, à concentração dos monômeros, aos fotoiniciadores e aminas presentes em cada composto comercial. Sabe-se ainda que a canforquinona, o fotoiniciador mais comumente utilizado (aproximadamente 0,1% em volume total), influencia na cor final da restauração, pois possui uma intensa cor

amarela e possui alto grau de absorção de energia em 468nm, tendo influência direta sobre o amarelamento da mesma, ainda que esta já esteja polimerizada (JANDA et al., 2004). As aminas são conhecidas por formar produtos de reação durante a fotorreação, tendendo a causar a descoloração do material restaurador sob influência de luz e calor. A descoloração depende da quantidade e do tipo da amina utilizada como acelerador no sistema de fotopolimerização (JANDA et al., 2007).

O mesmo tipo de semelhança de comportamento pode ser observado na Figura 19 onde é visto que, independentemente do protocolo de fotoativação, todos os espécimes se tornaram mais avermelhados e amarelados, sendo que a composição do material restaurador exerceu maior influência do que o protocolo de fotoativação, pois quando comparamos a condição de fotoativação isoladamente, um melhor ou pior desempenho varia de composto para composto. Nenhuma condição de fotoativação foi capaz de impedir ou influenciar o escurecimento das resinas compostas, como mostrado pelas Figuras 20, 21, 22, 23, 24, 25. Novamente, o maior ou menor grau de alteração de luminosidade foi dependente da composição orgânica do material.

Os componentes resinosos das resinas compostas, como os tipos e concentrações de monômeros, ativadores, iniciadores e inibidores utilizados, podem interferir na estabilidade de cor (IKEDA et al., 2003; SEGHI; GRITZ; KIM, 1990), no grau de conversão do polímero e, conseqüentemente, no arranjo estrutural das cadeias moleculares, na quantidade de ligações duplas remanescentes e ligações cruzadas formadas (ASMUSSEN; PEUTZFELDT, 1998; EDIDIN et al., 2000; EMAMI; SODERHOLM; BERGLUND, 2003; FERRACANE; BERGE; CONDON, 1998; FERRACANE; MOSER; GREENER, 1985; FINER; SANTERRE, 2004b; KNEZEVIC et al., 2001; MUNKSGAARD; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 2000; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 1992; SCHNEIDER et al., 2008; STANSBURY, 2000; STANSBURY; DICKENS, 2001; STAVRIDAKIS; KAKABOURA;

KREJCI, 2005). Se o polímero formado se apresentar mais predisposto à interação com a água ou outro solvente, este poderá penetrar na matriz resinosa, ocasionando a hidratação do composto e relaxamento destas ligações, em um efeito conhecido com plastificação. Uma vez no interior da matriz, o solvente pode causar a deterioração da mesma e de sua interface de ligação com a partícula inorgânica (BUCHALLA et al., 2002; EDIDIN et al., 2000; FERRACANE, 2006; FINER; SANTERRE, 2004a; LUIZ et al., 2007; SIDERIDOU; TSERKI; PAPANASTASIOU, 2003), bem como em sua cor (SATOU et al., 1989).

Entre as marcas de resinas estudadas, a marca Opallis apresentou os melhores resultados para a variação de cor antes e após o envelhecimento acelerado com um ΔE entre 8,8 (grupo H300) e 10,8 (L600). Em sua composição esta resina apresenta os monômeros BIS-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA em quantidade de 42-43% em volume, o que é uma composição similar a existente na marca W3D que é composta pelos mesmos monômeros resinosos (BIS-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA), porém em uma quantidade diferente, pois apresenta 39% de matriz orgânica no volume total. Além desta clara diferença de quantidade, provavelmente existem diferenças entre as concentrações destes monômeros e comonômeros e, possivelmente, nos fotoiniciadores e aminas terciárias, justificando o comportamento da resina composta W3D que apresentou a menor estabilidade de cor, com um ΔE entre 22,4 (grupo H600) e 24,2 (L600).

Esta mesma observação ocorreu entre as resinas Charisma e Herculite XRV que apresentam em sua composição orgânica BIS-GMA e TEGDMA em quantidades de 36% (Charisma) e 41% (Herculite XRV) e um comportamento bastante distinto frente ao envelhecimento acelerado, ou seja, a resina Charisma apresentou um ΔE entre 12,3 (grupo H300) e 14,1 (L600) enquanto a resina Herculite XRV um ΔE entre 18,2 (grupo H300) e 20,6 (L300).

Apesar de uma composição monomérica diferente (BIS-GMA, Bis-EMA e UDMA representando 40% do volume), a resina composta Filtek Z250 apresentou resultados similares ao da marca Charisma com um ΔE entre 12,3 (grupo H600 e L300) e 12,8 (L600). Já a resina TPH Spectrum que apresenta em sua composição BIS-GMA, UDMA e matriz orgânica entre 39% e 41% em volume, apresentou um ΔE entre 10,8 (grupo L300) e 14,9 (L600) e a maior sensibilidade frente às condições de fotoativação, ou seja, a maior variação dentro de seus grupos, indicando que uma menor densidade de potência (12J) é capaz de melhorar significativamente seu ΔE , fato possivelmente relacionado à estrutura espacial de sua rede polimérica e número de cadeias pendentes (FERRACANE, 2006).

O monômero TEGDMA apresenta uma maior tendência de sorção de água em relação ao UDMA, tendendo a formar uma rede polimérica menos resistente a hidrossolubilização (FERRACANE, 2006). Já o UDMA tende a formar uma rede polimérica com maior conversão de monômeros e assim, maior estabilidade (ASMUSSEN; PEUTZFELDT, 1998). Assim, a diferença entre as concentrações destes dois monômeros poderia justificar a discrepância de resultados entre as resinas Charisma e Herculite XRV.

Dentre as hipóteses que possam justificar os fatos observados existe, ainda, um fator relacionado à percepção da cor e ao espalhamento da luz junto à interface matriz/carga, uma vez que a afinidade química entre as cargas inorgânicas e a matriz de resina é baixa, sendo que uma melhor compatibilidade é conseguida por meio da modificação química da superfície das partículas inorgânicas, pelo uso de um agente de união.

Para tanto, os fabricantes utilizam geralmente os organossilanos que apresentam em uma extremidade de sua cadeia a propriedade de união com os grupos silanóis da camada externa das partículas inorgânicas em uma ligação silânica do tipo Si-O-Si, e em outra extremidade grupamentos que o permitem fazer uma ligação orgânica com os monômeros resinosos da matriz. Esta interface é sensível a degradação hidrofílica e pode alterar ou

modificar o espalhamento da luz e a percepção da cor (VICHI; FERRARI; DAVIDSON, 2004). Assim, diferenças entre agentes silânicos poderiam ser outro aspecto que responderia pelas diferenças encontradas entre as resinas estudadas.

Os protocolos de fotoativação não foram capazes de modificar a cor ou a alteração de cor de maneira perceptível ($\Delta E \geq 3,3$) para a maioria das resinas (Charisma, Filtek Z250, Opallis e W3D) como observado nas Figuras 13, 14, 16 e 18. Porém, o protocolo de fotoativação proporcionou alteração de cores perceptíveis, mesmo antes do processo de envelhecimento acelerado (Figura 9, H300 X L600), para a resina Herculite XRV. Também influenciou, após o envelhecimento acelerado, as resinas Herculite XRV (Figura 15, H600 X H300, H600 X L600 e L600 X L300) e TPH Spectrum (Figura 17, H600 X H300, H600 X L300, H300 X L600, H300 X L300 e L600 X L300), exercendo sobre a última maior influência. Estes resultados indicam uma maior sensibilidade destas resinas aos protocolos de fotoativação e conseqüente influência destes sobre a formação de suas redes poliméricas.

Dentre as fontes de luz estudadas, pode-se observar que o aparelho de fotoativação LED com densidade de potência de 600 mW/cm^2 demonstrou médias maiores, em valores absolutos, quanto à alteração de cor após o envelhecimento acelerado para cinco (Charisma, Filtek Z250, Opallis, TPH Spectrum, W3D) das seis resinas. Os demais protocolos variaram em seu desempenho em função da resina composta estudada, sendo que o aparelho LED a 300 mW/cm^2 apresentou valores absolutos menores, quanto à alteração de cor após o envelhecimento acelerado, para as resinas TPH Spectrum ($\Delta E=10,8$) e Filtek Z250 ($\Delta E=12,3$), obtendo a mesma média quando comparado ao protocolo que utilizava a lâmpada halôgena a 600 mW/cm^2 .

Este mesmo método apresentou as melhores médias de valores absolutos para as resinas Filtek Z250 ($\Delta E=12,3$) e W3D ($\Delta E=22,4$). Por outro lado, o protocolo que utilizou a

lâmpada halôgena a 300 mW/cm^2 obteve as menores médias de valores absolutos para as resinas Charisma ($\Delta E=12,3$), Herculite XRV ($\Delta E=18,2$) e Opallis ($\Delta E=8,8$).

Não distante dessas considerações, deve-se destacar que mesmo quando houve destaque para um protocolo de fotoativação em valores absolutos para o desempenho de uma determinada de resina composta, estes estão muito próximos do obtidos pelas outras condições, e em alguns casos dentro dos mesmos níveis de significância estatística (Charisma, Filtek Z-250 e Opallis). Portanto, dentro da metodologia proposta, não se pode evidenciar um único protocolo de fotoativação, com relação à fonte de luz e densidade de potência que possa influenciar no melhor desempenho das resinas compostas frente à alteração de cor após o seu envelhecimento.

Decorrente da relação entre o aumento da rugosidade e a alteração de cor das resinas estudadas, observou-se uma correlação positiva média ($r = 0,526$), inferindo que os componentes orgânicos responsáveis pela alteração de cor da resina composta não influenciam de forma absoluta na degradação da rede polimérica quando atacada pela luz UV e pelo processo de ciclo termal e de condensação de água.

Conclusões

7- Conclusões

Após a análise dos resultados e o tratamento estatístico estabelecido para as diferentes condições experimentais, quanto ao padrão de alteração de cor e rugosidade superficial das diferentes marcas comerciais de resinas compostas micro-híbridas fotoativadas com fontes de luz do sistema LED e lâmpada halógena, envelhecidas artificialmente pelo sistema C-UV, as seguintes conclusões podem ser estabelecidas:

1 – Os valores de rugosidade superficial, antes e após o processo de envelhecimento acelerado demonstraram alterações significativas, sendo que de forma geral a influência exercida pelos protocolos de fotoativação apresentou resultados distintos para as diferentes resinas compostas;

2 – A alteração de cor das resinas compostas, após o processo de envelhecimento acelerado, mostrou-se mais acentuada à observada inicialmente, determinando valores de ΔE com grande variabilidade entre os materiais e muito superior ao valor de ΔE considerado clinicamente aceitável, independente das irradiâncias emitidas pelos aparelhos de LED e lâmpada halógena.

3 – O processo de envelhecimento acelerado induziu modificações estruturais dos componentes orgânicos das diferentes resinas compostas avaliadas, inferindo de forma concomitante numa correlação positiva média entre rugosidade superficial e alteração de cor.

Referências Bibliográficas

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-NBRISO_4287. Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade. São Paulo; 2002.

Agra CM, Vieira GF. Quantitative analysis of dental porcelain surfaces following different treatments: correlation between parameters obtained by a surface profiling instrument. *Dent Mater J.* 2002;21(1):44-52.

Ahmad I. Three-dimensional shade analysis: perspectives of color--Part I. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1999;11(7):789-96; quiz 98.

Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater.* 1998;14(1):51-6.

Asmussen E, Peutzfeldt A. Polymerization contraction of resin composite vs. energy and power density of light-cure. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(5):417-21.

ASTM SG-a. Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials. Pennsylvania, United States; 2006.

Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997;13(4):258-69.

Brackett MG, Brackett WW, Browning WD, Rueggeberg FA. The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites. *Oper Dent.* 2007;32(5):443-50.

Brauer GM. Color changes of composites on exposure to various energy sources. *Dent Mater.* 1988;4(2):55-9.

Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *J Prosthet Dent.* 2002;87(3):264-70.

Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, C. YH. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE: MATERIALS IN MEDICINE.* 2005;16:7.

CIE. CIE 15.2. Colorimetry. Austria: Central Bureau of the CIE; 1986.

Clark EB. An analysis of tooth color. *Jornal America Dental Association.* 1931;31(12):11.

Cui G, Luo MR, Rigg B, Roesler G, Witt K. Uniform Colour Spaces Based on the DIN99 Colour-Difference Formula. *COLOR research and application.* 2002;27(4):9.

Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent.* 2000;83(2):166-70.

Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 1998;79(3):254-60.

Edidin AA, Jewett CW, Kalinowski A, Kwarteng K, Kurtz SM. Degradation of mechanical behavior in UHMWPE after natural and accelerated aging. *Biomaterials.* 2000;21(14):1451-60.

Emami N, Soderholm KJ, Berglund LA. Effect of light power density variations on bulk curing properties of dental composites. *J Dent.* 2003;31(3):189-96.

Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22(3):211-22.

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;42(3):465-72.

Ferracane JL, Moser JB, Greener EH. Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins. *J Prosthet Dent.* 1985;54(4):483-7.

Finer Y, Santerre JP. Salivary esterase activity and its association with the biodegradation of dental composites. *J Dent Res.* 2004a;83(1):22-6.

Finer Y, Santerre JP. The influence of resin chemistry on a dental composite's biodegradation. *J Biomed Mater Res A.* 2004b;69(2):233-46.

Hassel AJ, Doz P, Nitschke I, Rammelsberg P. Comparing L*a*b* color coordinates for natural teeth shades and corresponding shade tabs using a spectrophotometer. *Int J Prosthodont.* 2009;22(1):72-4.

Hosoya Y. Five-year color changes of light-cured resin composites: influence of light-curing times. *Dent Mater.* 1999;15(4):268-74.

Ikeda T, Nakanishi A, Yamamoto T, Sano H. Color differences and color changes in Vita Shade tooth-colored restorative materials. *Am J Dent.* 2003;16(6):381-4.

Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent.* 1996;21(2):73-80.

Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Sakai M, Kristiansen J, Da Silva JD. Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *J Dent.* 2009.

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(3):280-5.

Janda R, Roulet JF, Latta M, Kaminsky M, Ruttermann S. Effect of exponential polymerization on color stability of resin-based filling materials. *Dent Mater.* 2007;23(6):696-704.

Janda R, Roulet JF, Latta M, Steffin G, Ruttermann S. Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light. *Eur J Oral Sci.* 2005;113(3):251-7.

Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989;68(5):819-22.

Johnston WM, Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater.* 1997;13(2):89-97.

Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12.

Jung M, Sehr K, Klimek J. Surface texture of four nanofilled and one hybrid composite after finishing. *Oper Dent.* 2007;32(1):45-52.

Jung YH, Cho BH, Nah KS, Kim HI, Kwon YH. Effect of diode-pumped solid state laser on polymerization shrinkage and color change in composite resins. *Lasers Med Sci.* 2009.

Kim BJ, Yu B, Lee YK. Shade distribution of indirect resin composites compared with a shade guide. *J Dent.* 2008;36(12):1054-60.

Kim IJ, Lee YK. Changes in color and color parameters of dental resin composites after polymerization. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;80(2):541-6.

Kim SH, Lee YK. Changes in color and color coordinates of an indirect resin composite during curing cycle. *J Dent.* 2008;36(5):337-42.

Knezevic A, Tarle Z, Meniga A, Sutalo J, Pichler G, Ristic M. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *J Oral Rehabil.* 2001;28(6):586-91.

Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. *Dent Mater.* 2006;22(1):63-8.

Lee YK. Influence of color coordinates on the color changes after polymerization and thermocycling of dental resin composites. *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE.* 2005a;40:6.

Lee YK. Comparison of CIELAB DeltaE(*) and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dent Mater.* 2005b;21(7):678-82.

Lee YK, Lim BS, Kim CW. Difference in polymerization color changes of dental resin composites by the measuring aperture size. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2003;66(1):373-8.

Lee YK, Lim BS, Kim CW. Influence of illuminating and viewing aperture size on the color of dental resin composites. *Dent Mater.* 2004;20(2):116-23.

Lee YK, Lim BS, Kim CW, Powers JM. Color characteristics of low-chroma and high-translucence dental resin composites by different measuring modes. *J Biomed Mater Res.* 2001a;58(6):613-21.

Lee YK, Lim BS, Kim CW, Powers JM. Comparison of color of resin composites of white and translucent shades with two shade guides. *J Esthet Restor Dent.* 2001b;13(3):179-86.

Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Powers JM. Changes of optical properties of dental nano-filled resin composites after curing and thermocycling. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004;71(1):16-21.

Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Powers JM. Color and translucency of A2 shade resin composites after curing, polishing and thermocycling. *Oper Dent.* 2005;30(4):436-42.

Lee YK, Lu H, Powers JM. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. *Dent Mater.* 2006;22(7):653-60.

Lee YK, Powers JM. Color and optical properties of resin-based composites for bleached teeth after polymerization and accelerated aging. *Am J Dent.* 2001;14(6):349-54.

Lee YK, Powers JM. Calculation of colour resulting from composite/composer layering techniques. *J Oral Rehabil.* 2004;31(11):1102-8.

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;18(2):150-5.

Lee YK, Powers JM. Influence of background color on the color changes of resin composites after accelerated aging. *Am J Dent.* 2007;20(1):27-30.

Lu H, Powers JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. *Am J Dent.* 2004;17(5):354-8.

Luiz BKW, Amboni RDMC, Prates LHM, Bertolino JR, Pires ATN. Influence of drinks on resin composite: Evaluation of degree of cure and color change parameters. *Polymer Testing.* 2007;26:7.

Lynch CD, McConnell RJ, Wilson NH. Challenges to teaching posterior composites in the United Kingdom and Ireland. *Br Dent J.* 2006;201(12):747-50.

Mair LH. Effect of surface conditioning on the abrasion rate of dental composites. *J Dent.* 1991;19(2):100-6.

Marchant JA, Onyango CM. Color invariant for daylight changes: relaxing the constraints on illuminants. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2001;18(11):2704-6.

Millar BJ, Robinson PB, Inglis AT. Clinical evaluation of an anterior hybrid composite resin over 8 years. *Br Dent J.* 1997;182(1):26-30.

Mjor IA, Moorhead JE, Dahl JE. Selection of restorative materials in permanent teeth in general dental practice. *Acta Odontol Scand.* 1999;57(5):257-62.

Munksgaard EC, Peutzfeldt A, Asmussen E. Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. *Eur J Oral Sci.* 2000;108(4):341-5.

Mutlu-Sagesen L, Ergun G, Ozkan Y, Semiz M. Color stability of a dental composite after immersion in various media. *Dent Mater J.* 2005;24(3):382-90.

Neumann MG, Miranda WG, Jr., Schmitt CC, Rueggeberg FA, Correa IC. Molar extinction coefficients and the photon absorption efficiency of dental photoinitiators and light curing units. *J Dent.* 2005;33(6):525-32.

O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater.* 1997;13(3):179-85.

Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent.* 1998;80(6):642-8.

Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology.* 2005;93(1):46-51.

Park JH, Lee YK, Lim BS. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *J Prosthet Dent.* 2006;96(6):402-11.

Peutzfeldt A, Asmussen E. Influence of aldehydes on selected mechanical properties of resin composites. *J Dent Res.* 1992;71(8):1522-4.

Peutzfeldt A, Asmussen E. Resin composite properties and energy density of light cure. *J Dent Res.* 2005;84(7):659-62.

Pires-de-Souza Fde C, Garcia Lda F, 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(2):119-23.

Powers JM, Barakat MM, Ogura H. Color and optical properties of posterior composites under accelerated aging. *Dent Mater J.* 1985;4(1):62-7.

Powers JM, Dennison JB, Koran A. Color stability of restorative resins under accelerated aging. *J Dent Res.* 1978;57(11-12):964-70.

Ragain JC, Jr., Johnston WM. Color Acceptance of Direct Dental Restorative Materials by Human Observers. *COLOR research and application*. 2000;25(4):8.

Ragain JC, Jr., Johnston WM. Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *J Esthet Restor Dent*. 2001;13(1):41-8.

Roeder LB, Tate WH, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of packable composites. *Oper Dent*. 2000;25(6):534-43.

Russell MD, Gulfranz M, Moss BW. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *J Oral Rehabil*. 2000;27(9):786-92.

Ruttermann S, Servos A, Raab WH, Janda R. In vitro effect of light-emitting diode light polymerization on the color stability of three resin-based restorative materials. *Acta Odontol Scand*. 2008;66(1):43-9.

Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater*. 1987;3(5):246-51.

Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G. Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. *Oper Dent*. 2007;32(4):406-11.

Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dent Mater*. 1989;5(6):384-7.

Schanda J. Colorimetry. In: DeCusatis C, editor. *Handbook of Applied Photometry*. New York: Optical Society of America Springer-Verlag; 1998.

Schneider LF, Pfeifer CS, Consani S, Prahl SA, Ferracane JL. Influence of photoinitiator type on the rate of polymerization, degree of conversion, hardness and yellowing of dental resin composites. *Dent Mater*. 2008;24(9):1169-77.

Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater*. 2003;19(7):612-9.

Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent*. 1990;64(4):425-31.

Seghi RR, Gritz MD, Kim J. Colorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization. *Dent Mater*. 1990;6(2):133-7.

Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*. 2003;24(4):655-65.

Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater*. 2000;16(4):292-6.

Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *J Prosthet Dent.* 2001;86(5):453-7.

Stansbury JW. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *J Esthet Dent.* 2000;12(6):300-8.

Stansbury JW, Dickens SH. Determination of double bond conversion in dental resins by near infrared spectroscopy. *Dent Mater.* 2001;17(1):71-9.

Stavridakis MM, Kakaboura AI, Krejci I. Degree of remaining C=C bonds, polymerization shrinkage and stresses of dual-cured core build-up resin composites. *Oper Dent.* 2005;30(4):443-52.

Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater.* 2001;17(1):87-94.

Takahashi MK, Vieira S, Rached RN, de Almeida JB, Aguiar M, de Souza EM. Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: a comparative study. *Oper Dent.* 2008;33(2):189-95.

Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent.* 1998;79(4):372-7.

Usumez A, Ozturk N, Ozturk B. Two-year color changes of light-cured composites: influence of different light-curing units. *Oper Dent.* 2005;30(5):655-60.

Venturini D, Cenci MS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent.* 2006;31(1):11-7.

Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater.* 2004;20(6):530-4.

Vichi A, Fraioli A, Davidson CL, Ferrari M. Influence of thickness on color in multi-layering technique. *Dent Mater.* 2007;23(12):1584-9.

Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001;190(6):309-16.

Yap AU, Sim CP, Loganathan V. Polymerization color changes of esthetic restoratives. *Oper Dent.* 1999;24(5):306-11.

Zamarripa E, Ancona AL, D'Accorso NB, Macchi RL, Abate PF. Effect of energy density on color stability in dental resin composites under accelerated aging. *Acta Odontol Latinoam.* 2008;21(1):11-5.

Anexos

ANEXO A - Tabela com os valores individuais pra a média das 3 leituras realizadas para a rugosidade, expressa pelo parâmetro Ra em μm antes e após o processo de envelhecimento acelerado.

Resina	Protocolo	Tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Charisma	H600	antes	0,111	0,087	0,092	0,103	0,063	0,069	0,066	0,069	0,077	0,077	
		após	0,138	0,115	0,105	0,123	0,096	0,107	0,089	0,093	0,129	0,099	
	H300	antes	0,099	0,119	0,107	0,111	0,084	0,081	0,082	0,081	0,078	0,075	
		após	0,143	0,137	0,130	0,136	0,115	0,111	0,119	0,141	0,121	0,119	
	L600	antes	0,074	0,085	0,069	0,077	0,079	0,075	0,084	0,085	0,050	0,075	
		Após	0,137	0,113	0,130	0,125	0,108	0,123	0,122	0,105	0,104	0,114	
	L300	Antes	0,064	0,060	0,071	0,077	0,073	0,086	0,077	0,094	0,063	0,079	
		Após	0,136	0,128	0,118	0,115	0,118	0,106	0,140	0,109	0,142	0,115	
	Filtek	H600	Antes	0,056	0,089	0,107	0,074	0,064	0,106	0,106	0,078	0,059	0,065
			após	0,212	0,216	0,242	0,192	0,185	0,200	0,249	0,209	0,204	0,201
		H300	antes	0,106	0,088	0,091	0,115	0,121	0,097	0,087	0,056	0,099	0,105
			após	0,242	0,182	0,220	0,226	0,219	0,240	0,227	0,156	0,217	0,259
L600		antes	0,089	0,086	0,072	0,085	0,083	0,095	0,084	0,072	0,102	0,083	
		após	0,207	0,216	0,224	0,204	0,242	0,223	0,216	0,217	0,207	0,218	
L300		antes	0,083	0,079	0,072	0,061	0,079	0,071	0,061	0,084	0,080	0,080	
		após	0,199	0,194	0,153	0,233	0,211	0,208	0,169	0,168	0,185	0,193	
Herculite		H600	antes	0,066	0,099	0,068	0,083	0,100	0,085	0,092	0,072	0,078	0,077
			após	0,193	0,248	0,210	0,236	0,256	0,204	0,231	0,190	0,202	0,226
		H300	antes	0,098	0,091	0,116	0,086	0,104	0,070	0,095	0,082	0,109	0,094
			após	0,169	0,187	0,155	0,150	0,158	0,177	0,156	0,155	0,187	0,172
	L600	antes	0,106	0,118	0,082	0,116	0,118	0,086	0,092	0,099	0,106	0,107	
		após	0,214	0,208	0,204	0,227	0,234	0,209	0,221	0,225	0,202	0,219	
	L300	antes	0,105	0,093	0,078	0,099	0,110	0,090	0,096	0,091	0,099	0,100	
		após	0,182	0,228	0,196	0,229	0,223	0,211	0,224	0,236	0,242	0,231	
	OPALLIS	H600	antes	0,118	0,111	0,111	0,072	0,061	0,071	0,117	0,086	0,066	0,121
			após	0,133	0,137	0,113	0,096	0,106	0,104	0,144	0,101	0,113	0,124
		H300	antes	0,106	0,099	0,086	0,115	0,062	0,075	0,136	0,104	0,136	0,078
			após	0,111	0,125	0,106	0,123	0,077	0,144	0,145	0,112	0,145	0,084
L600		antes	0,061	0,068	0,051	0,091	0,076	0,063	0,051	0,076	0,063	0,072	
		após	0,089	0,102	0,088	0,098	0,096	0,086	0,082	0,091	0,089	0,088	
L300		antes	0,076	0,051	0,085	0,075	0,065	0,066	0,070	0,074	0,066	0,081	
		após	0,085	0,078	0,104	0,083	0,071	0,079	0,074	0,090	0,097	0,092	
TPH		H600	antes	0,114	0,122	0,130	0,120	0,141	0,122	0,159	0,134	0,167	0,139
			após	0,211	0,190	0,209	0,215	0,227	0,204	0,217	0,171	0,221	0,202
		H300	antes	0,134	0,147	0,129	0,183	0,167	0,126	0,134	0,158	0,155	0,120
			após	0,216	0,211	0,211	0,204	0,221	0,212	0,204	0,210	0,216	0,187
	L600	antes	0,110	0,128	0,115	0,107	0,117	0,112	0,122	0,141	0,127	0,144	
		após	0,209	0,208	0,208	0,213	0,205	0,193	0,201	0,193	0,196	0,220	
	L300	antes	0,114	0,128	0,138	0,139	0,117	0,115	0,127	0,124	0,120	0,135	
		após	0,191	0,217	0,235	0,226	0,201	0,244	0,201	0,206	0,240	0,220	
	W3D	H600	antes	0,063	0,107	0,075	0,071	0,072	0,075	0,090	0,073	0,085	0,099
			após	0,137	0,132	0,120	0,145	0,141	0,135	0,141	0,148	0,135	0,167
		H300	antes	0,050	0,102	0,075	0,111	0,095	0,101	0,096	0,110	0,085	0,103
			após	0,153	0,153	0,146	0,162	0,146	0,159	0,174	0,144	0,154	0,131
L600		antes	0,050	0,057	0,045	0,054	0,071	0,076	0,104	0,056	0,057	0,072	
		após	0,127	0,112	0,118	0,148	0,125	0,116	0,132	0,112	0,132	0,132	

L300	antes	0,095	0,056	0,063	0,099	0,082	0,087	0,076	0,057	0,055	0,067
	após	0,144	0,143	0,127	0,123	0,167	0,159	0,151	0,154	0,143	0,138

ANEXO B - Tabela com os resultados individuais da cor pelo sistema CIE-Lab, com os valores L*, a* e b* antes e após o processo de envelhecimento acelerado para a resina Charisma.

Charisma		H600			H300			L600			L300		
Tempo	Especime	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Antes	1	69,6	-1,4	16,3	70,3	-2,1	17,5	70,0	-1,9	16,2	70,1	-2,1	18,0
	2	70,1	-1,4	17,0	70,2	-2,1	17,8	70,6	-2,1	15,5	70,1	-2,2	17,6
	3	70,2	-1,7	16,7	69,8	-1,9	17,8	69,9	-1,8	15,9	70,8	-2,0	18,5
	4	70,0	-1,2	16,7	70,1	-2,1	18,3	70,2	-1,9	16,6	70,8	-2,1	18,8
	5	69,8	-1,3	17,1	70,4	-2,1	18,4	70,4	-2,0	16,2	71,3	-2,3	18,4
	6	69,8	-1,3	16,8	70,0	-2,2	18,1	70,2	-1,9	16,5	71,0	-2,1	18,0
	7	69,7	-0,9	16,8	70,0	-2,1	18,0	69,9	-2,2	15,8	70,9	-2,0	17,7
	8	69,7	-0,8	16,3	70,0	-2,0	17,8	70,2	-2,1	15,9	70,8	-2,3	18,2
	9	70,1	-1,4	17,3	70,3	-2,1	18,2	70,0	-2,1	16,2	70,3	-2,4	17,6
	10	70,2	-1,4	16,8	70,4	-2,0	17,8	70,1	-2,1	15,4	70,7	-2,1	17,8
Após	1	60,1	1,9	24,2	57,8	2,3	26,4	59,3	2,4	25,7	62,4	1,0	25,8
	2	62,2	1,9	27,6	64,8	0,1	27,5	62,7	1,0	27,6	63,6	1,0	27,3
	3	61,0	1,5	27,2	60,6	1,7	27,2	61,9	1,0	27,1	62,3	1,1	26,1
	4	60,9	2,0	27,3	63,0	2,0	27,5	59,7	2,0	27,5	61,5	1,0	26,6
	5	62,0	1,6	27,0	63,4	1,3	27,6	60,6	1,4	27,2	61,2	1,2	26,2
	6	60,4	1,8	26,9	63,3	0,7	27,2	62,1	0,6	26,0	61,9	1,1	26,9
	7	62,3	1,3	26,5	64,1	0,6	27,0	61,6	1,0	26,6	60,3	0,9	25,6
	8	61,9	1,9	26,8	62,5	2,6	26,6	63,4	0,4	26,5	63,7	0,0	27,5
	9	61,4	1,4	25,9	64,8	0,9	26,8	61,0	0,1	25,2	62,0	1,3	27,0
	10	56,9	3,6	24,1	64,1	0,8	26,6	61,1	1,0	25,8	63,8	0,6	26,4

ANEXO C - Tabela com os resultados individuais da cor pelo sistema CIE-Lab, com os valores L*, a* e b* antes e após o processo de envelhecimento acelerado para a resina Filtek Z-250.

Herculite XRV		H600			H300			L600			L300		
Tempo	Especime	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Antes	1	71,7	-2,4	17,8	73,8	-3,0	19,2	73,3	-3,2	18,2	74,4	-3,4	19,2
	2	73,0	-2,5	19,1	73,7	-2,9	19,4	73,8	-3,3	18,8	73,8	-3,3	19,2
	3	72,6	-3,0	19,2	73,4	-3,1	19,3	73,6	-3,2	18,8	73,7	-3,2	19,0
	4	73,6	-3,3	19,6	73,0	-3,0	19,2	73,0	-3,2	18,5	74,3	-3,4	19,5
	5	73,3	-2,7	19,1	73,9	-3,1	19,0	72,9	-3,2	18,4	74,4	-3,5	19,7
	6	70,1	-2,9	18,8	73,6	-3,2	19,5	73,2	-3,2	18,6	73,8	-3,5	18,7
	7	73,6	-3,1	19,0	73,6	-3,2	19,6	73,0	-3,0	18,9	73,8	-3,4	19,1
	8	73,2	-2,7	18,7	73,8	-3,4	19,0	73,5	-3,4	18,3	73,9	-3,5	19,1
	9	73,2	-3,0	18,8	72,6	-2,7	18,6	73,4	-3,1	18,8	73,9	-3,3	19,2
	10	73,5	-2,8	19,2	73,5	-3,1	19,0	74,0	-3,1	19,0	73,7	-3,4	19,3
Após	1	66,9	-0,2	27,9	67,6	-0,1	29,0	67,0	-0,4	28,4	67,1	-0,5	28,2
	2	68,4	-0,8	28,7	67,5	0,6	28,3	67,3	-0,2	29,0	67,6	-0,6	28,6
	3	66,9	-0,4	29,1	65,6	0,1	28,7	68,4	-0,6	28,2	67,8	-0,6	28,9
	4	66,1	0,0	29,0	65,9	-0,2	28,9	66,7	-0,4	28,7	66,9	-0,2	28,8
	5	66,4	-0,1	29,2	65,0	0,9	28,7	66,0	0,4	29,6	67,3	-0,1	29,2
	6	66,9	-0,2	29,1	68,7	-1,9	30,2	66,8	0,5	29,8	67,3	-0,4	28,8
	7	66,7	-0,1	29,4	66,1	0,4	28,8	65,5	0,1	29,2	67,8	-0,2	29,8
	8	66,9	0,6	29,5	68,0	-0,6	29,1	67,5	-0,7	30,8	67,1	-0,2	28,8
	9	66,4	0,8	28,7	66,2	1,1	29,4	67,8	-1,2	29,6	66,5	-0,1	29,1
	10	64,4	2,5	29,4	66,4	0,0	28,9	66,1	0,1	29,6	67,4	0,3	29,5

ANEXO D - Tabela com os resultados individuais da cor pelo sistema CIE-Lab, com os valores L*, a* e b* antes e após o processo de envelhecimento acelerado para a resina Herculite XRV.

Herculite XRV		H600			H300			L600			L300		
Tempo	Especime	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Antes	1	74,9	0,5	23,9	74,0	-0,3	24,2	74,2	-0,3	20,8	75,7	0,0	23,5
	2	73,8	-0,1	23,9	75,1	0,1	25,2	73,5	0,3	21,1	75,2	0,3	23,5
	3	74,4	0,1	23,8	74,2	-0,1	24,6	73,9	0,5	20,9	74,8	0,0	23,2
	4	73,4	0,1	23,5	75,0	-0,4	24,7	74,2	0,4	21,3	74,9	0,0	23,2
	5	73,7	-0,1	23,0	73,7	-0,4	24,7	73,6	0,3	21,7	74,6	0,0	23,4
	6	72,7	0,2	23,3	75,2	-0,1	25,0	74,1	0,7	21,1	75,3	-0,1	23,6
	7	74,9	-0,2	23,9	74,6	-0,5	25,0	73,0	0,4	20,9	74,9	0,2	23,2
	8	73,5	-0,2	22,8	75,7	-0,3	25,0	74,3	0,3	20,4	75,3	0,1	23,4
	9	73,4	0,3	23,5	74,3	-0,5	24,5	74,5	0,5	20,7	74,5	0,2	23,4
	10	74,8	0,4	23,8	73,0	-0,4	23,8	75,3	0,2	22,2	74,2	0,0	23,2
Após	1	58,5	3,2	33,2	61,7	2,1	34,8	60,3	3,3	31,4	58,6	3,0	34,4
	2	61,1	2,0	35,0	57,5	3,8	34,1	63,4	1,6	35,0	58,4	3,2	34,1
	3	56,4	4,3	32,8	59,0	2,1	34,7	58,6	3,1	30,9	59,2	1,9	35,5
	4	57,9	3,0	33,7	60,7	2,7	36,0	58,0	3,5	34,1	52,9	2,7	30,7
	5	56,6	3,2	32,9	60,2	2,1	35,0	63,9	1,7	34,9	56,5	1,9	32,5
	6	56,2	3,5	33,7	60,2	2,8	35,7	61,0	2,5	34,5	58,7	2,4	34,2
	7	56,6	3,5	33,7	61,0	2,4	36,0	63,3	0,8	35,3	58,8	3,0	35,2
	8	56,6	3,0	33,0	61,4	2,5	36,1	66,0	1,4	36,1	57,1	2,6	32,7
	9	52,7	4,9	31,8	61,2	2,6	36,5	59,5	2,1	34,2	58,2	3,1	34,7
	10	54,5	4,1	32,9	57,0	2,8	33,8	60,7	3,5	35,4	56,2	1,9	32,6

ANEXO E - Tabela com os resultados individuais da cor pelo sistema CIE-Lab, com os valores L*, a* e b* antes e após o processo de envelhecimento acelerado para a resina Opallis.

Herculite XRV		H600			H300			L600			L300		
Tempo	Especime	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Antes	1	70,6	-1,7	20,5	71,5	-2,3	21,8	71,5	-1,9	20,3	72,2	-2,3	22,9
	2	70,7	-1,7	19,1	71,4	-2,3	21,8	71,3	-1,8	20,4	73,0	-2,3	23,4
	3	71,0	-1,4	20,4	71,5	-2,3	21,7	71,5	-2,1	20,2	72,1	-2,3	21,7
	4	72,3	-1,7	19,9	69,9	-2,3	21,7	71,6	-1,8	21,0	71,7	-2,4	22,0
	5	71,1	-2,1	20,7	72,7	-2,4	22,0	71,8	-2,1	20,4	72,0	-2,4	22,8
	6	72,3	-1,8	19,7	71,1	-2,1	22,4	71,3	-2,2	21,0	72,3	-2,1	20,4
	7	71,6	-2,1	20,5	69,6	-1,6	21,9	71,2	-2,0	20,7	72,7	-2,0	20,4
	8	71,8	-1,9	19,9	71,5	-2,5	22,0	71,1	-2,2	20,5	73,1	-2,0	21,1
	9	71,5	-1,9	20,4	71,7	-2,3	22,2	71,6	-1,8	20,3	71,1	-1,8	20,8
	10	71,4	-2,1	21,0	72,0	-2,6	21,7	71,2	-1,8	21,0	72,5	-2,3	21,3
Após	1	66,9	-1,0	28,0	67,0	-0,3	29,1	68,4	-0,9	30,0	68,7	-1,3	29,8
	2	67,2	-1,2	29,4	68,4	-0,9	29,7	67,3	-0,4	30,1	68,4	-1,3	28,8
	3	65,9	-0,9	27,8	67,7	-0,9	29,9	68,5	-1,3	30,3	67,4	-1,5	28,1
	4	67,4	-1,9	26,8	67,8	-0,8	29,5	67,9	-0,7	31,0	68,5	-1,2	30,1
	5	66,3	-2,8	25,3	67,5	-1,0	28,8	67,8	-0,8	30,5	68,6	-1,0	29,6
	6	66,5	-1,8	26,5	68,9	-0,8	30,9	67,6	-0,9	30,1	68,1	-1,4	29,8
	7	65,5	-2,3	25,1	65,7	-0,3	30,3	67,6	-0,8	30,5	69,7	-0,8	29,3
	8	67,6	-2,1	29,3	67,8	-0,6	28,6	66,9	-0,8	30,9	69,2	-1,7	30,2
	9	66,2	-1,2	28,5	67,3	-0,1	29,2	65,6	0,1	30,5	67,6	0,2	31,1
	10	67,7	-0,6	29,6	66,5	-0,1	29,4	65,9	-0,2	30,7	68,7	-0,7	31,2

ANEXO F - Tabela com os resultados individuais da cor pelo sistema CIE-Lab, com os valores L*, a* e b* antes e após o processo de envelhecimento acelerado para a resina TPH Spectrum.

Herculite XRV		H600			H300			L600			L300		
Tempo	Especime	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Antes	1	73,8	2,5	23,1	74,3	2,2	24,1	73,6	2,4	22,9	75,2	2,6	25,0
	2	73,6	2,3	22,8	74,5	2,3	24,0	74,6	2,4	23,2	74,4	2,6	24,4
	3	73,6	3,0	23,7	74,4	2,3	24,0	74,4	2,7	23,4	76,1	2,7	26,0
	4	74,5	2,8	23,7	74,6	2,4	24,5	73,5	2,4	23,2	75,4	2,5	24,9
	5	74,0	2,5	23,5	74,5	2,3	24,4	74,1	2,5	22,9	75,1	2,5	24,6
	6	73,7	2,5	23,5	74,6	2,2	23,7	73,7	2,5	23,0	74,9	2,3	24,4
	7	74,1	2,3	23,8	74,4	2,4	24,3	73,9	2,5	23,0	74,6	2,3	24,3
	8	74,0	2,7	23,8	74,2	2,3	24,2	74,0	2,6	23,2	75,4	2,4	24,5
	9	74,1	2,4	23,8	75,0	2,5	24,6	74,3	2,8	23,2	75,2	2,5	24,9
	10	74,0	2,5	23,5	74,2	2,2	24,3	74,2	2,5	23,0	74,1	2,6	25,0
Após	1	61,2	4,2	30,2	64,8	3,7	33,9	62,8	2,0	31,3	69,3	3,2	32,6
	2	60,3	3,8	30,6	61,8	3,8	32,2	65,9	1,8	33,4	71,5	3,7	33,5
	3	57,8	3,9	31,1	62,7	3,4	32,7	59,3	4,4	30,2	70,9	3,7	35,1
	4	65,2	3,2	31,7	70,7	2,5	32,9	59,8	4,2	30,6	68,0	3,2	32,6
	5	65,8	5,3	29,9	65,4	3,1	32,5	59,3	4,1	29,3	68,1	3,4	34,0
	6	61,4	4,2	28,6	59,9	5,2	30,4	58,8	4,2	29,2	69,1	2,9	33,3
	7	56,8	4,3	30,4	67,7	2,8	31,7	59,6	8,1	25,6	71,1	3,9	32,1
	8	59,9	2,7	32,4	59,9	3,8	31,5	61,1	4,4	29,4	71,3	3,0	33,8
	9	61,7	2,5	32,0	71,1	2,6	32,8	60,3	4,0	28,8	66,1	3,4	32,4
	10	67,7	3,4	32,3	66,9	3,2	31,8	65,9	3,6	32,4	67,6	3,1	23,1

ANEXO G - Tabela com os resultados individuais da cor pelo sistema CIE-Lab, com os valores L*, a* e b* antes e após o processo de envelhecimento acelerado para a resina W3D.

Herculite XRV		H600			H300			L600			L300		
Tempo	Especime	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Antes	1	73,2	-0,1	21,2	74,1	-0,5	21,3	73,9	-0,2	20,3	74,0	-0,6	21,3
	2	73,6	-0,1	20,9	74,0	-0,8	21,4	74,1	-0,7	19,6	74,9	-0,4	22,0
	3	74,2	-0,3	21,0	74,2	-0,9	21,3	73,4	-0,5	20,2	74,4	-0,2	21,9
	4	73,3	0,0	20,5	74,8	-0,4	21,7	74,0	-0,6	19,9	74,2	-0,9	21,6
	5	73,9	0,3	20,6	74,4	-0,8	21,5	73,1	-0,2	20,1	73,8	-0,6	21,6
	6	72,9	0,0	20,4	74,0	-0,8	21,4	73,8	-0,3	20,1	75,1	-0,1	22,0
	7	71,9	-0,1	19,8	74,5	-0,4	21,5	73,1	0,0	21,1	74,4	0,1	21,8
	8	73,7	-0,3	21,4	74,2	-0,6	22,0	73,7	0,0	20,4	73,8	-0,3	22,3
	9	73,8	0,2	20,8	74,4	-0,5	21,3	73,8	-0,6	20,4	74,8	-0,8	21,6
	10	73,2	-0,1	20,9	74,6	-0,8	21,5	73,4	-0,5	20,3	74,4	-0,2	21,4
Após	1	62,0	2,7	40,4	63,1	2,5	40,8	61,0	3,5	41,0	62,1	2,4	41,1
	2	66,6	1,4	42,7	64,3	2,3	41,9	60,0	3,1	40,9	63,6	1,4	43,7
	3	65,7	1,6	42,6	65,7	1,6	42,9	65,0	2,1	41,9	63,5	2,7	41,9
	4	62,4	3,9	40,4	66,2	2,0	41,6	57,8	3,7	40,1	65,2	1,1	42,1
	5	64,8	2,2	42,2	64,0	2,3	42,1	64,6	2,0	42,1	63,4	2,0	41,0
	6	69,5	0,2	41,4	65,5	1,5	41,7	62,1	2,6	41,3	64,3	2,8	40,0
	7	61,3	4,0	40,6	63,2	3,4	40,9	58,4	3,4	39,2	63,7	1,3	41,7
	8	63,8	2,1	40,8	64,9	1,9	41,7	65,3	1,7	42,1	63,0	2,0	40,2
	9	69,6	0,5	40,7	62,1	2,8	41,0	61,7	2,4	40,5	63,9	1,9	40,9
	10	64,7	3,0	40,5	65,8	3,9	39,6	63,7	2,1	41,1	63,4	2,0	40,8

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)