

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

Fabíola Rejane Zanin

**ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL ACELERADO –
INFLUÊNCIA NA ALTERAÇÃO DE COR E RUGOSIDADE
SUPERFICIAL DE RESINAS INDIRETAS**

Ribeirão Preto
2005

FABÍOLA REJANE ZANIN

**ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL ACELERADO –
INFLUÊNCIA NA ALTERAÇÃO DE COR E RUGOSIDADE
SUPERFICIAL DE RESINAS INDIRETAS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Odontologia.

Área de concentração: Reabilitação Oral

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza.

Ribeirão Preto

2005

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisas, desde que citada a fonte.

Zanin, Fabíola Rejane

Envelhecimento artificial acelerado – influência na alteração de cor e rugosidade superficial de resinas indiretas. Ribeirão Preto, 2005.

90 p.:il.; 29,7 cm

Dissertação de mestrado, apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração: Reabilitação Oral.

Orientadora: Pires de Souza, Fernanda de Carvalho Panzeri.

1. Resinas indiretas – Espectrofotometria, Envelhecimento Acelerado, Rugosidade.

Dedicatória

A Deus,

*que me guiou e protegeu durante
a elaboração deste trabalho.*

Ao meu Pai, Rosalino Zanin e

À minha Mãe, Rita de Cássia Innocenti Zanin,

*sempre presentes ao meu lado
incentivando-me a chegar até aqui.*

Agradecimentos Especiais

A Deus por guiar minha vida e meus passos e por levar-me a fazer as coisas certas no tempo certo.

Aos meus pais que se esforçaram e privaram-se de algumas coisas para sempre oferecer o melhor para mim. Acreditaram na minha capacidade e no meu empenho e me incentivaram em meus estudos. Obrigada por todas as oportunidades, pelo carinho e dedicação.

Ao meu querido amigo e companheiro, Henis Mian, agradeço pela compreensão, carinho, presença e apoio em todos os momentos da elaboração desse trabalho. Obrigada pela sua paciência e por seu incansável incentivo.

À minha orientadora Prof. Dra. Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza, agradeço por ter me aceito e recebido como orientada. Sua orientação foi além daquela necessária para a elaboração dessa dissertação, ajudou-me também em decisões para a vida, tornando-se uma grande amiga.

Minha sincera admiração.

Ao Prof. Dr. Simonides Consani, pela colaboração na elaboração desse trabalho, recebendo-nos gentilmente em seu ambiente de trabalho.

À Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela colaboração na realização deste trabalho.

A todos os professores da FORP-USP, por contribuírem para minha formação como cirurgiã-dentista e por me auxiliarem na pós-graduação.

Aos colegas do curso de pós-graduação pela oportunidade de vivência durante o curso de mestrado.

Aos amigos Osmar Cardoso e Adriana Mancin que me ajudaram com suas experiências no desenvolvimento deste trabalho.

À Regiane de Cássia Tirado e à Ana Paula Xavier, pelos esclarecimentos sobre normas, regras e prazos e pela paciência com os pós-graduandos.

Aos funcionários do LIPEN, Edson Volta e Ricardo de Souza Antunes, pelo auxílio na realização dos testes deste trabalho. Vocês foram de fundamental importância.

À Ana Paula Macedo, pelo auxílio no manuseio dos aparelhos do Laboratório de Solda a Laser.

Ao técnico em prótese dentária, Lício Firmino, pelas informações para confecção de corpos-de-prova.

A todos os funcionários da FORP-USP, que auxiliam a manter o funcionamento dessa instituição.

A todos que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação de mestrado, muito obrigada.

*A sabedoria é suprema; portanto,
adquire a sabedoria. Sim, com tudo que possuis
adquire o entendimento.*

Provérbios 4:7

RESUMO

A proposta desse estudo foi avaliar *in vitro* a alteração de cor e a rugosidade superficial de três marcas de resinas indiretas de nova geração, após serem submetidas ao processo de envelhecimento artificial acelerado. Foram confeccionados 12 corpos-de-prova (15 mm diâmetro e 2 mm espessura) para as resinas: Artglass (Heraeus Kulzer), Solidex (Shofu), Targis (Ivoclar Vivadent) que receberam acabamento e polimento com discos Sof-Lex - 3M. As primeiras mensurações para o teste de rugosidade e de espectrofotometria colorimétrica foram realizadas, respectivamente, com Rugosímetro Surfcomer SE 1700 (Kosakalab) e Espectrofotômetro PCB 6807 (BYK GARDNER), que utiliza a escala CIE L*a*b* para determinação da cor. As amostras foram submetidas ao processo de envelhecimento artificial acelerado por 384 horas, e após esse período foram novamente submetidas ao processo de leitura de cor e de rugosidade. A estabilidade de cor foi determinada pela diferença (ΔE) entre coordenadas L*, a* e b* obtidas das amostras antes e após o envelhecimento. Os resultados foram submetidos à ANOVA (Tukey) e mostraram que todas as resinas apresentaram alterações de cor, sem significância estatística ($p > 0,05$). A resina Solidex foi a que apresentou maior valor de alteração de cor ($\Delta E = 4,31$), e que apresentou um padrão de rugosidade ($R_a = 0,079$) estatisticamente diferente das resinas Art-Glass ($R_a = 0,141$) e Targis ($R_a = 0,124$) ($p < 0,001$).

Conclusão: Todas as resinas apresentaram alteração de cor e aumento de rugosidade após o envelhecimento artificial acelerado. A resina Solidex apresentou a maior alteração de cor e a menor rugosidade após o envelhecimento acelerado.

ABSTRACT

This study had the aim of assessing *in vitro* color change and surface roughness of three brands of new generation indirect resins, after being submitted to accelerated aging process. Twelve specimens were constructed (15 mm diameter and 2 mm width) for the resins: Artglass (Heraeus Kulzer), Solidex (Shofu), Targis (Ivoclar Vivadent) which were finished and polished with the disks Sof-Lex - 3M. The first measurements for the roughness and spectrophotometer colorimeter tests were performed, respectively, with the Surfcoorder Profilometer SE 1700 (Kosakalab) and Spectrophotometer PCB 6807 (BYK GARDNER), which uses the scale CIE L*a*b* for color determination. The samples were submitted to the accelerated artificial aging process for 384 hours, and then submitted once again to the process of color and roughness reading. Color stability was determined by the difference (ΔE) between coordinates L*, a*, and b* obtained from the samples before and after aging. The results were submitted to ANOVA (Tukey) and showed that all resins presented color changes with no statistical significance ($p > 0.05$). Solidex resin showed the highest value of color change ($\Delta E = 4.31$), and a roughness pattern ($R_a = 0.079$) statistically different from the resins Art-Glass ($R_a = 0.141$) and Targis ($R_a = 0.124$) ($p < 0,001$).

Conclusion: All resins showed color change and an increase of roughness after artificial accelerated aging. Solidex resin showed the highest color change and the lowest roughness after accelerated aging.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. Resinas compostas de aplicação direta.....	36
2.2. Resinas indiretas de primeira geração.....	46
2.3. Resinas indiretas de segunda geração.....	50
3. OBJETIVO	54
4. MATERIAL E MÉTODO	56
4.1. Material.....	57
4.2. Acessórios e equipamentos.....	57
4.3. Método.....	58
4.3.1. <i>Confecção da matriz</i>	58
4.3.2. <i>Obtenção dos corpos-de-prova</i>	59
4.4. Realização dos ensaios.....	62
4.4.1. <i>Análise de rugosidade</i>	62
4.4.2. <i>Espectrofotometria colorimétrica</i>	64
4.4.3. <i>Envelhecimento artificial acelerado</i>	67
5. RESULTADOS	70
5.1. Alteração de cor.....	71
5.2. Rugosidade.....	81
6. DISCUSSÃO	86
6.1. Alteração de Cor.....	87
6.2. Rugosidade.....	90
7. CONCLUSÕES	93
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

A busca pela estética, tanto dos pacientes, quanto dos cirurgiões dentistas, vem fazendo com que a Odontologia se aperfeiçoe a cada dia no que se refere à inovação e aperfeiçoamento de técnicas e materiais. Um dos materiais que melhor simulam propriedades óticas dos dentes naturais é a cerâmica. Coroas metalocerâmicas têm sido utilizadas na odontologia há mais de 40 anos (McLEAN, 1991). A cerâmica além de apresentar a propriedade de simular a estrutura dental, apresenta ainda, grande resistência à descoloração, sendo sua resistência à descoloração superior a qualquer material restaurador estético, devido à sua inércia química. No entanto, restaurações metalocerâmicas apresentam numerosas características indesejáveis: a natureza opaca da subestrutura de metal não simula a translucidez natural dos dentes; os vários passos clínicos e laboratoriais utilizados para a sua obtenção são cansativos; e a abrasividade da cerâmica pode promover um grau de desgaste maior dos dentes naturais antagonistas (McLEAN, 1991; KREJCI et al., 1993; HACKER et al., 1996; RAMP et al., 1997; AL-HIYASAT et al., 1998).

Restaurações de cerâmica pura, com ausência de subestrutura de metal, permitem a passagem de luz através da restauração, simulando de melhor maneira a translucidez dos dentes naturais. Com essa característica podem ser usadas nos casos em que a estética é fundamental. No entanto, mesmo tendo melhor aparência estética, as coroas de cerâmica livres de metal ainda mantêm limitações mecânicas e biológicas. Continuam a ser abrasivas às estruturas de dentes antagonistas. Além do mais, a ausência do reforço metálico resulta em relativa falha de resistência flexural e à fratura, devido à natureza frágil e quebradiça da cerâmica. Portanto, restaurações em cerâmica pura apresentam limitada aplicação clínica em áreas que

necessitam de grande resistência, como as próteses parciais fixas, sendo utilizadas, preferencialmente, em restaurações de dentes anteriores.

Outra alternativa para restaurações são as coroas metaloplásticas. Por mais de 50 anos, resinas compostas têm sido utilizadas na confecção de facetas estéticas em restaurações protéticas (STOBER et al., 2001). Apesar dos contínuos melhoramentos, facetas confeccionadas com esse tipo de material apresentam inúmeras características inadequadas na aplicação clínica. Baixa resistência à abrasão (MATSUMARA; LEINFELDER, 1994) e falha na união entre metal e faceta estética (KOURTIS, 1997) são algumas das desvantagens desse material. Além disso, as características negativas de reter placa e de sofrer alteração de cor, também trazem limitações à sua aplicação clínica (CHAN; WEBER, 1986; SETZ; ENGEL, 1997). Essas restaurações também apresentam uma insuficiência estética. Por possuírem baixa resistência ao desgaste não mantêm estável a anatomia oclusal nos casos em que houver um recobrimento total da coroa. A superfície oclusal de coroas metaloplásticas é geralmente confeccionada em metal, o que resulta em uma estética inferior quando comparada à cobertura total em restaurações metalocerâmicas, com cerâmica oclusal, especialmente em casos mandibulares. Por esses problemas, as restaurações metalocerâmicas ganharam a preferência no lugar das restaurações em resina.

Recentemente, sistemas de resinas compostas indiretas foram introduzidos na tentativa de solucionar alguns dos problemas presentes nas restaurações de cerâmica e nas resinas convencionais. Essas resinas indiretas da nova geração (denominadas de cerômeros - CERamic Optimized polyMER) apresentam alta densidade de partículas cerâmicas inorgânicas em comparação às tradicionais resinas compostas diretas e indiretas e alterações na matriz resinosa. A maioria dos

cerômeros utiliza um sistema de pós-polimerização que resulta em superior resistência flexural, mínima contração de polimerização, proporção de desgaste semelhante ao esmalte (FERRACANE; CONDON, 1992) e estabilidade de cor (WENDT; LEINFELDER, 1992; 1994; THORDRUP et al., 1994; DONLY et al., 1999). Devido a essas propriedades, esses novos sistemas de restauração em resina indireta asseguram o sucesso das restaurações oclusais. Os cerômeros são utilizados em restaurações de prótese fixa, como inlays, onlays, *veneer* e coroas unitárias livres de metal (TOUATI; AIDAN, 1997) e como alternativa para as restaurações estéticas em cerâmica, quando o uso dessas é contra-indicado.

A estabilidade de cor é crucial para o sucesso de qualquer tipo de restauração estética, pois a alteração de cor das resinas é o maior motivo para as trocas das restaurações anteriores (KROETZE et al., 1990). É consenso entre os pesquisadores que as restaurações diretas em resina composta convencional sofrem alteração de cor com o passar do tempo (HAYASHI et al., 1974; LEINFELDER et al., 1975; POWERS et al., 1978; POWERS et al., 1980; AMEYE et al., 1981; HACHIYA et al., 1984; POWERS et al., 1985; RUYTER et al., 1987; POWERS et al., 1988; DIETSCHI et al., 1994). Recentes experimentos clínicos demonstraram que resinas compostas utilizadas em facetas de *veneer* apresentaram alterações de cor após 1-2 anos (SETZ; ENGEL, 1997).

Três tipos de descoloração de compósitos são geralmente descritos (HÖRSTED-BINDSLEV; MJÖR, 1988): 1) descolorações externas devido ao acúmulo de placa e manchas; 2) alterações na superfície ou sub-superfície implicando em degradação superficial e suave penetração e reação de agentes corantes com a camada superficial de resina composta (adsorção); 3) descolorações intrínsecas devido a reações físico-químicas nas porções profundas da restauração.

Espectrofotometria e colorimetria, aplicadas em estudos *in vitro* e *in vivo*, tornaram possível o estudo dos numerosos parâmetros relacionados com a estabilidade de cor dos compósitos (FERRACANE et al., 1985; ASMUSSEN; HANSEN, 1986; RUYTER et al., 1987; SATOU et al., 1989; UM; RUYTER, 1991).

A estrutura dos compósitos e as características das partículas de carga têm um impacto direto na lisura de superfície da resina (VAN NOORT; DAVIS, 1984; TJAN ; CHAN, 1989) e na suscetibilidade de manchamento extrínseco (SHINTANI et al., 1985; HÖRSTED-BINDSLEV; MJÖR, 1988). Os componentes dos materiais resinosos podem também influenciar na descoloração intrínseca. A afinidade da resina por manchas é modulada por sua proporção de conversão (DE GEE et al., 1984) e por suas características químicas. Uma insuficiente proporção de conversão de resina irá contribuir para a absorção de algumas substâncias corantes. A inibição de polimerização pelo oxigênio da superfície da restauração e porosidades periféricas podem induzir descolorações do compósito (RUEGGEBERG; MARGESON, 1990). Os aditivos químicos dos compósitos, especialmente aqueles que não sofrem reação, como os iniciadores, aceleradores e filtros ultravioletas, podem também degradar os componentes de cor (ASMUSSEN, 1983).

A proporção de sorção de água tem particular importância (DOUGLAS; CRAIG, 1982; SATOU et al., 1989; KHOKHAR et al., 1991). Tem sido observado que materiais com altos valores de sorção de água são mais facilmente manchados por corantes hidrofílicos em soluções aquosas.

Além da composição dos materiais, o acabamento e polimento também podem influenciar a qualidade de superfície da resina, e pode ser relacionado com o manchamento precoce da restauração (HACHIYA et al., 1984; SHINTANI et al., 1985). A superfície rugosa causada pelo uso e degradação química pode afetar o

brilho e conseqüentemente o manchamento extrínseco. Descolorações externas e de superfície estão associadas com higiene, dieta e fumo (ASMUSSEN; HANSEN, 1986).

A cor intrínseca dos compósitos pode ser alterada como resultado do envelhecimento do compósito sob várias condições físico-químicas como a luz visível e irradiação UV, alterações de temperatura e umidade (FERRACANE et al., 1985; POWERS et al., 1985). Em particular, tensão físico-química induz degradação da superfície e sub-superfície dos compósitos. Por conseqüência, isso irá propiciar a formação de microfraturas na restauração pela pré-existência de microporos localizados na interface entre carga inorgânica e matriz. Essas microcavidades representam caminho de preferência para a penetração de manchas (MAIR, 1989a; 1989b; 1991).

As resinas indiretas de nova geração (cerômeros) apresentam diferentes métodos de pós-polimerização, como a associação de luz, calor, vácuo e pressão. A pós-polimerização utilizando calor contribui para o relaxamento no estresse da interface matriz-carga (DE GEE et al., 1990), e na proporção de conversão dos monômeros em polímeros (ASMUSSEN, 1982), o que melhoraria a estabilidade de cor (WENDT Jr, 1987). Porém, há poucos estudos sobre a estabilidade de cor de diferentes sistemas de cerômeros.

Novos conceitos de tratamento na Odontologia sempre seguem o advento e desenvolvimento de novos materiais ou a melhora de materiais já existentes na prática odontológica. Um novo conceito sozinho não pode alterar técnicas de tratamento tão fortemente como o surgimento de um novo material. A odontologia estética adesiva é o resultado do desenvolvimento de resinas compostas e avanços na adesão dentina-esmalte. Sem o desenvolvimento desses materiais a odontologia ainda estaria distante do desenvolvimento estético de restaurações conservadoras.

As resinas indiretas de nova geração, também chamadas de cerômeros (CERamic Optimized polyMER) são uma mostra do desenvolvimento tecnológico de materiais pré-existentes, como as resinas indiretas de primeira geração e resinas compostas diretas. Os cerômeros são uma combinação específica da tecnologia avançada no campo das cerâmicas e da química avançada dos polímeros, que proporciona melhor função e estética.

Devido à sua composição e estrutura, as resinas indiretas combinam as vantagens da cerâmica com a tecnologia de resinas compostas de última geração. A fase cerâmica (inorgânica) do material, com alta carga de partículas inorgânicas, confere a ele as qualidades estéticas duradouras, resistência à abrasão e estabilidade. A fase resinosa (orgânica) do material determina um polimento mais fácil, uma união duradoura com a resina de cimentação, menor suscetibilidade à fratura, assim como facilidade de acabamento e polimento final e possibilidade de reparos em consultório (BOTTINO et al., 2001).

Restaurações de resina indireta permitem ao clínico a obtenção de melhores contatos proximais, excelente morfologia oclusal e boa adaptação marginal com contração de polimerização reduzida, sendo que apenas o cimento resinoso sofrerá contração na cavidade bucal (TOUATI; AIDAN, 1997).

Essas características têm sido investigadas em inúmeros estudos que mostram resultados que concordam ou discordam dessas propriedades mecânicas das resinas indiretas de nova geração. Nessa primeira parte serão apresentados estudos avaliando as características de propriedades gerais das resinas indiretas. Em uma segunda parte, trabalhos sobre estabilidade de cor de materiais resinosos serão apresentados.

As restaurações de resina indireta de nova geração (cerômeros) apresentam como uma de suas vantagens a possibilidade de realização de reparos em resina composta direta em pequenas falhas que ocorram nessas restaurações. Davies et al. (1997), observaram em seu estudo, que restaurações de resina composta indireta, realmente podem ser reparadas com a adição de uma camada de resina composta direta, aplicada sobre uma camada intermediária de adesivo. Os autores realizaram estudo para simular o reparo em restaurações de resinas indiretas com compósitos polimerizados de forma convencional. Amostras bi-partidas foram preparadas para o teste de resistência à tensão diametral da interface do reparo entre a base de resina composta indireta (Herculite XRV Lab) e reparos confeccionados com três materiais resinosos diretos (Herculite XRV, TPH e Charisma). Os reparos foram confeccionados com e sem a utilização de adesivo. O uso de uma camada intermediária de adesivo aumentou significativamente a resistência de união obtida com Herculite XRV e TPH como reparos. Não houve diferença significativa entre os valores de resistência entre Herculite XRV e TPH, mas Charisma exibiu os menores valores de resistência para os espécimes reparados.

As novas resinas indiretas surgiram para suplementar e complementar as alternativas de restaurações e não para substituir as restaurações em cerâmica, pois esses materiais não apresentam todas as características desejáveis presentes na cerâmica, como por exemplo, a grande resistência ao desgaste.

Tanoue et al. (2000) puderam observar que apesar dos cerômeros terem um bom comportamento frente a testes de desgaste por escovação e uma rugosidade de superfície satisfatória, a cerâmica utilizada no mesmo estudo apresentou propriedades superiores. Os autores avaliaram a influência da escovação e do uso de dentifrícios na rugosidade de superfície de resinas indiretas de nova geração. Foram utilizadas sete resinas compostas indiretas (Artglass, Axis, Cesead II, Conquest Sculpture, Estenia, Infis e Targis) e um material cerâmico (Cerec 2 Vitablocs) utilizado como referência. Os corpos-de-prova resinosos polymerizados com suas unidades apropriadas de polimerização e os espécimes cerâmicos foram armazenados em água por 14 dias, e subsequentemente submetidos à abrasão por escovação e dentifrício. A quantidade de perda vertical e rugosidade de superfície de cada corpo-de-prova foram determinadas em um perfilômetro após 20.000 ciclos de escovação. Os autores observaram nos resultados que a resina Targis ($10.1 \pm 0.53\mu\text{m}$) e Estenia ($13.04 \pm 1.95\mu\text{m}$) apresentaram os menores valores de desgaste superficial que os outros compósitos avaliados; enquanto que a resina Artglass ($34.08 \pm 3.66\mu\text{m}$) e Conquest Sculpture ($31.78 \pm 4.67\mu\text{m}$) demonstraram o maior desgaste. A menor rugosidade de superfície foi exibida pela resina Conquest Sculpture ($R_a: 0.54 \pm 0.07\mu\text{m}$) e a maior pelo material Cesead II ($1.1 \pm 0,13\mu\text{m}$). A cerâmica mostrou a melhor resistência ao desgaste ($4.54 \pm 0,79\mu\text{m}$) e com maior lisura de superfície ($0.26 \pm 0,02\mu\text{m}$) que qualquer outro compósito.

Apesar da promessa dos fabricantes sobre as qualidades das novas resinas indiretas, como a melhora das propriedades mecânicas devido à alta taxa de conversão de monômeros em polímeros, alguns autores discordam dessas vantagens. César et al. (2001), realizaram um estudo avaliando a influência do matiz e o efeito do armazenamento em água por 30 dias na resistência à flexão, no módulo flexural e na dureza de quatro resinas indiretas de segunda geração (Artglass, BelleGlass, Sculpture e Targis) disponíveis no mercado e um compósito utilizado na técnica direta (Z100), que foi utilizado como controle. Ao final do estudo observaram que em geral, os compósitos indiretos não apresentaram propriedades mecânicas melhoradas quando comparados aos compósitos de aplicação direta. Foram confeccionados 10 corpos-de-prova para cada resina estudada com matiz para esmalte ou dentina. As amostras foram submetidas a testes de flexão. Cargas prévias de falhas correspondentes a fraturas foram utilizadas para o cálculo do módulo flexural. Dureza Knoop foi mensurada nos fragmentos (n=3) obtidos após o teste flexural. Os testes foram realizados após 24 horas e após 30 dias de armazenamento em água a 37°C. Em geral, a resina composta direta (Z100) demonstrou resistência flexural similar às resinas indiretas Artglass, Targis e Sculpture. A resina BelleGlass apresentou a maior resistência flexural (221,7 MPa para o matiz incisal após 24 horas de armazenamento), Z100 demonstrou maior módulo flexural ($10,9 \pm 0,6$ a $12,0 \pm 0,9$ GPa) e Targis o menor ($5,1 \pm 0,5$ a $5,9 \pm 0,9$ GPa). Sculpture foi o único material que mostrou diferença no módulo flexural de acordo com o matiz (incisal - 24 horas: 149,8MPa, incisal - 30 dias: 148,7 MPa; dentina - 24 horas: 200,0 MPa; dentina - 30 dias: 177,9 MPa). O módulo flexural e a dureza do matiz dentina da Sculpture foi maior que o matiz incisal depois de 30 dias. BelleGlass também demonstrou diferença significativa no módulo flexural (dentina -

24 horas: 11,1 GPA; incisal - 24 horas: 9,6 GPa). O efeito do armazenamento em água foi mais evidente na dureza após 30 dias. Armazenamento prolongado em água diminuiu a resistência flexural apenas do matiz dentina para Artglass e dos matizes dentina e incisal para Z100. Avaliando-se o matiz, foram observadas diferenças de propriedades mais evidentes para a resina Sculpture. Armazenamento prolongado em água gerou efeitos deletérios na dureza de todos os compósitos testados, mas não afetou a resistência flexural da maioria dos compósitos indiretos, nem o módulo flexural de nenhum compósito testado.

Outro estudo avaliando as propriedades mecânicas dos cerômeros foi realizado por Mandikos et al. (2001). Esses autores realizaram um estudo comparando a resistência ao desgaste e dureza de quatro resinas indiretas de nova geração (Artglass, BelleGlass, Sculpture e Targis) com dois materiais controle (Heliomolar - resina composta direta - e Concept - resina indireta de primeira geração). Esmalte humano também foi utilizado na comparação. Os autores observaram que as resinas indiretas de segunda geração não apresentaram propriedades melhoradas de resistência ao desgaste ou dureza estabelecidas na primeira geração de resinas indiretas (Concept). No entanto, esses materiais mostraram-se tão bons ou melhores que a resina composta direta (Heliomolar) e apresentam uma boa performance clínica em situações de desgaste. Para a realização do estudo foram fabricados doze espécimes de cada material de acordo com as instruções dos fabricantes e submetidos ao desgaste acelerado em um aparelho de escovação. Dureza Vickers foi mensurada para cada um dos materiais testados e a espectroscopia de energia dispersiva de Raios-X foi utilizada para determinar a composição das partículas de carga dos compósitos. Os autores puderam observar que o material controle Concept foi superior na resistência ao desgaste e dureza que os outros materiais

testados e apresentou a menor rugosidade de superfície. Relações significantes foram observadas entre a profundidade de desgaste e dureza, e entre profundidade de desgaste e média de rugosidade de superfície. Amostras de esmalte foram mais duras e mais resistentes ao desgaste que qualquer compósito. A espectroscopia revelou que a composição elementar de partículas de carga dos quatro novos compósitos foi quase idêntica à composição dos dois compósitos controles. As diferenças no desgaste, dureza e rugosidade de superfície média foram devidas à química ou ao método de polimerização dos compósitos. Segundo esses autores, aparentemente, as partículas de carga nos compósitos testados não se ajustam às descrições dos fabricantes. Concept foi significativamente mais resistente ao desgaste que outros materiais testados. Os outros compósitos listados do menor ao mais suscetível ao desgaste foram os seguintes: Sculpture, BelleGlass HP, Artglass, Heliomolar e Targis. Sobre a dureza, as resinas apresentaram a seguinte relação decrescente: Sculpture, BelleGlass HP, Concept, Artglass, Targis e Heliomolar. Os autores observaram que quanto maior a dureza, menor o volume de material perdido no desgaste.

Em um estudo *in vivo*, Thordrup et al. (2001) avaliaram a performance clínica de quatro tipos de restaurações inlays estéticas após cinco anos de uso: inlays de cerâmicas diretas e indiretas e inlays de resina direta e indireta. Para isso foram confeccionadas 15 inlays de cerâmica direta (Cerec), 15 inlays diretas de resina composta (Brilliant), 14 inlays de cerâmica indiretas (VitaDur N) e 14 inlays indiretas de resina composta (Estilux) em 37 pacientes de acordo com as indicações dos fabricantes. As inlays foram avaliadas após uma semana (avaliação inicial) e 6, 12, 36, 48, e 60 meses após a cimentação. Os autores concluíram que 88 % das inlays estavam em função após cinco anos de uso e que não houve diferença significativa

entre os diferentes tipos de inlays. Com isso as restaurações em resina indireta foram consideradas tão boas quanto as inlays em cerâmica.

As resinas indiretas de nova geração tiveram sua resistência ao desgaste e propriedades físicas melhoradas, e devido a isso, poderiam ser utilizadas com sucesso em coroas de cobertura total. Apesar dessa informação, Suzuki et al. (2002) relataram que há pouca informação sobre os valores de resistência ao desgaste dessas novas resinas indiretas. Por isso, os autores se propuseram a avaliar a característica de desgaste de restaurações de resinas indiretas de sete marcas comerciais diferentes (Targis, Artglass, Solidex, Sculpture, Estenia, Belleglass, Cristobal+) comparando-as entre si e a uma liga áurea do tipo III. Foram confeccionadas cavidades cilíndricas de classe I (4 mm de diâmetro e 3 mm de profundidade) em molares humanos aplainados oclusalmente. Inlays dos respectivos materiais testados foram confeccionadas em modelos de gesso. Foram realizados três tipos de testes de desgaste *in vitro* com simulador de desgaste: desgaste generalizado, que simula o desgaste durante a mastigação; desgaste localizado, que simula a atrição pelo contato oclusal; e desgaste do esmalte do dente antagonista, que simula o desgaste do esmalte pelo contato direto com os materiais restauradores. Sete corpos-de-prova foram utilizados para cada material e o módulo e profundidade de desgaste foram mensurados em perfilômetro. Os autores observaram que a liga de ouro controle exibiu uma pequena quantidade de desgaste tanto no desgaste generalizado ($0.2 \pm 0,1\mu\text{m}$) como no localizado ($13.8 \pm 5.0\mu\text{m}$) quando comparado a todos os corpos-de-prova em resina. O desgaste no esmalte de dentes antagonistas à liga áurea foi similar ao valor da resina Sculpture. As resinas que foram pós-polimerizadas ou pós termo tratadas (BelleGlass, Sculpture, Estenia e Cristobal+) mostraram pequenos valores de desgaste em torno de 1.6 a

2.2 μm no desgaste generalizado. Para o desgaste localizado, Estenia exibiu os menores valores ($12.8 \pm 4.9\mu\text{m}$) que foi estatisticamente o mesmo que da liga áurea controle. No entanto, Estenia exibiu o maior valor de desgaste de esmalte do dente antagonista ($66 \pm 14\mu\text{m}$) entre todos os materiais testados. Os autores concluíram que algumas resinas indiretas apresentaram resistência ao desgaste similar à liga áurea do tipo III testada. Observaram também que o esmalte antagonista foi mais abrasionado por materiais com alto teor de carga. Dessa forma, observa-se que as resinas indiretas de segunda geração apresentam boa resistência ao desgaste e não são tão destrutivas aos dentes antagonistas como as cerâmicas.

Outra propriedade que as resinas indiretas de segunda geração apresentam é a capacidade de reforçar a estrutura dental que apresenta perda de resistência devido a cáries e preparos dentais extensos. Freitas et al. (2002), observaram que além dos cerômeros devolverem a resistência aos dentes restaurados, essa resistência é maior que a presente em dentes hígidos. Para chegarem a essa conclusão, os autores avaliaram a resistência à fratura de dentes humanos hígidos e dentes restaurados com resina composta e cerômeros. Trinta pré-molares hígidos humanos, divididos em 3 grupos de 10, foram submetidos a testes mecânicos para avaliar a resistência à fratura. Grupo 1 consistiu de dentes hígidos. Os dentes no grupo 2 receberam preparos méso-ocluso-distais e foram restaurados com resinas compostas diretas (Filtek Z250). Os dentes no grupo 3 receberam preparos MOD e foram restaurados com inlays em cerômeros (Solidex), fixadas com técnica indireta. Após as restaurações, os dentes foram armazenados a temperatura de 37°C por 24 horas e então, submetidos a 500 ciclos de termociclagem com temperatura variando de 5° a 55°C . Os resultados revelaram que o grupo 3 (178.765 kgf) apresentou resistência à ruptura muito maior que o grupo 1 (120.040 kgf). Não houve diferença

estatisticamente significativa entre os grupos 1 e 2 ou entre os grupos 2 e 3. A resistência à fratura de dentes restaurados com resina composta não foi significativamente diferente da resistência de dentes intactos ou restaurados com cerômeros. Os autores afirmaram que tanto as resinas compostas como os cerômeros reforçam a estrutura dental.

Uma das características que fazem com que os cerômeros apresentem melhores propriedades físicas e mecânicas que as resinas compostas diretas convencionais, é a capacidade de ótima proporção de conversão de monômeros em polímeros. Neves et al. (2002), avaliaram a correlação entre grau de conversão e microdureza em resinas compostas indiretas, e o efeito do conteúdo de partículas e do tipo de unidade fotoativadora sobre esses parâmetros. Para cada material, uma forte correlação entre conversão e microdureza foi observada. Além disso, quando materiais diferentes foram comparados entre si, observou-se que o conteúdo de partículas inorgânicas afetou diretamente os valores de microdureza, não interferindo no grau de conversão, ou seja, quanto maior a quantidade de partículas inorgânicas, maior foi a microdureza. Para realização do estudo três resinas compostas indiretas de nova geração (Artglass, Solidex e Zeta LC) foram polimerizadas em três diferentes unidades laboratoriais (UniXS[®], Solidilite[®] e unidade experimental). Para cada material, quinze corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz metálica, e submetidos às análises do grau de conversão, através de espectroscopia de infravermelho e da microdureza. O conteúdo de partículas inorgânicas foi determinado por análise termogravimétrica (TGA). Os autores observaram que para a resina Artglass, o grau de conversão variou de 37,5% a 79,2%, com valores de microdureza de 32,4 a 50,3 ($r = 0,904$). Para a resina Solidex[®], o grau de conversão variou de 41,2% a 60,4%, com valores

de microdureza de 33,3 a 44,1 ($r = 0,707$). Para a resina Zeta LC[®], os valores de conversão e microdureza foram, respectivamente, de 62,0% a 78,0% e de 22,6 a 33,6 ($r = 0,710$). Concluiu-se que o uso das diferentes unidades resultou em variações dos valores de conversão em função das características específicas de cada unidade. A resina Artglass apresentou a maior microdureza, enquanto que Zeta LC a menor.

Ku et al. (2002), compararam a resistência à fratura de coroas metalocerâmicas e coroas confeccionadas com três tipos de cerômeros. Foi observado que as coroas metalocerâmicas apresentaram valores maiores de resistência à fratura que as coroas de cerômeros (1317 x 602 N). Mais uma vez, deve ser citado que os cerômeros não vieram substituir o emprego das cerâmicas, mas sim ser uma outra opção de material restaurador empregado em situações clínicas específicas e que sua indicação deve ser avaliada pelo cirurgião-dentista. Para a realização desse estudo foi preparado um incisivo central padrão em resina com ângulo de 5 graus de convergência e degrau em 90 graus com 1 mm de profundidade de desgaste. A incisal foi reduzida em 2 mm e os ângulos axio-incisal e axio-gengival foram arredondados. Um molde desse dente foi feito em polivinilsiloxano. Dez padrões de cera foram confeccionados a partir do molde e fundidos em liga de níquel-cromo para a fabricação dos modelos em metal. Sobre esses, foram confeccionadas dez coroas metalocerâmicas e dez coroas para cada um dos três sistemas de cerômeros (Artglass, Sculpture e Targis). Cada grupo de coroas de cerômeros foi preparado, polimerizado, retenções internas confeccionadas com ar-abrasão, e polidas de acordo com as instruções dos fabricantes. As coroas dos quatro grupos foram cimentadas aos modelos e incluídas em blocos de resina acrílica. A resistência à fratura foi testada em uma máquina universal de ensaios. A carga foi direcionada na

face incisivo-lingual em um ângulo de 130 graus com o longo eixo de cada corpo-de-prova, até a ocorrência da fratura. Os autores não observaram diferenças significantes entre os valores de Artglass, Sculpture e Targis e concluíram que apesar das coroas de cerômeros apresentarem uma resistência à fratura menor que as coroas metalocerâmicas, elas apresentam uma resistência que excede as cargas de forças oclusais normais. Portanto, poderiam substituir o emprego da coroa metalocerâmica em pacientes selecionados adequadamente.

Cho et al. (2002), avaliaram o efeito da escovação e da termociclagem na alteração de brilho e rugosidade de três sistemas de cerômeros com diferentes métodos de acabamento de superfície. Os cerômeros estudados foram Artglass, Targis, Sculpture; e a resina composta direta Z100 foi utilizada como grupo controle. Todos os cerômeros, exceto o grupo Sculpture glazeado, mostraram um maior brilho e rugosidade similar ao grupo controle (Z100). Para a realização da pesquisa foram confeccionados 24 corpos-de-prova para os cerômeros Targis e Sculpture e 12 para os outros materiais. Metade das amostras de Targis e Sculpture foi submetida ao polimento e a outra metade foi coberta com soluções corantes e glaze, respectivamente. Todos os espécimes foram submetidos a 10.000 ciclos de termociclagem. Testes de abrasão por escovação foram realizados em uma máquina de escovação com carga de 500 gramas com 20.000 repetições de vaivém. O brilho determinado pela mensuração de área de reflexão de luz e a rugosidade foram comparados entre os grupos antes e após os testes. Os autores observaram que todos os materiais apresentaram um menor brilho e maior rugosidade após a termociclagem e escovação. Os resultados após escovação demonstraram que o grupo Sculpture glazeado apresentou discreta perda da camada de glaze e apresentou as maiores alterações de superfície. No entanto, o grupo Targis com

glaze corante mostrou alteração mínima e Targis polido apresentou alterações maiores que o tratamento corante. Os autores puderam concluir que camadas de glaze da Sculpture não exibiram durabilidade por longo período de tempo, enquanto que camadas corantes para Targis agiram como uma camada de proteção.

As restaurações indiretas são consideradas melhores que restaurações diretas, pois apresentam melhores contatos proximais, excelente morfologia oclusal e boa adaptação marginal. Esse último fator foi avaliado por Soares et al. (2003), comparando a adaptação marginal de restaurações indiretas. Para a elaboração desse estudo os autores avaliaram a adaptação marginal de quatro sistemas de restaurações indiretas: uma cerâmica feldspática (Duceram LFC - Degussa) e três resinas indiretas de nova geração processadas em laboratório (Solidex, Artglass e Targis). Havia a hipótese de que todas as restaurações indiretas apresentariam uma boa adaptação marginal, fundamental para evitar infiltrações marginais, dissolução de linha de cimento, e impedimento de desenvolvimento de cáries secundárias. Mas o que os autores concluíram foi que inlays em resinas indiretas tiveram uma melhor adaptação marginal que as inlays cerâmicas. Sessenta inlays MOD padrões foram preparadas em molares mandibulares e divididos em grupos. Moldagens em polivinilsiloxano foram feitas e as restaurações preparadas seguindo as instruções dos fabricantes. A avaliação da adaptação marginal foi realizada utilizando-se um sistema computadorizado coletor de imagens com a aplicação de um calibrador digital de 4 pontos nas margens oclusais, proximais e gengivais com 250 vezes de aumento. Entre todos os materiais, a discrepância marginal registrada nas margens gengivais foi estatisticamente maior que aquelas registradas nas regiões proximais e oclusal. Duceram LFC mostrou maior discrepância marginal que Solidex, Artglass e Targis, as quais não apresentaram diferenças significantes entre si.

Outro estudo (JUNG et al., 2004) avaliou a qualidade de margens oclusais e de superfície de inlays de resina indireta e cerâmica após acabamento e polimento *in vivo*. Para isso, foram confeccionadas oitenta cavidades classe II circundadas por esmalte, por dois cirurgiões dentistas experientes. Quarenta cavidades foram restauradas com inlays indiretas de resinas compostas micro híbridas (Tetric-Ceram Lab) e as outras, com inlays em cerâmica IPS-Empress. As restaurações foram cimentadas com isolamento absoluto e sistema adesivo de alta viscosidade de polimerização dual (Variolink Ultra). O acabamento foi realizado com a seqüência de pontas diamantadas de 30µm seguida por broca carbide de tungstênio. Os autores concluíram que *in vivo*, não ocorreram diferenças significantes entre restaurações com compósitos e cerâmicas após o acabamento e polimento, no que diz respeito à qualidade marginal e de superfície.

As restaurações em resina indireta de segunda geração apresentam boa estética, pois podem ser confeccionadas sem a subestrutura de metal presente nas metalocerâmicas. Claro que restaurações em cerâmica pura poderiam ser utilizadas no lugar de resinas indiretas nos casos em que a estética é fundamental. No entanto, mesmo tendo maior translucidez, as coroas de cerâmica pura ainda mantêm limitações mecânicas e biológicas. Continuam a ser abrasivas e destrutivas às estruturas dentais de dentes antagonistas. Além do mais, a ausência do reforço metálico resulta em relativa falha de resistência flexural e à fratura, devido à natureza frágil e quebradiça da cerâmica.

Para avaliar essa propriedade de maior resistência à fratura dos cerômeros frente a restaurações de cerâmica pura, Soares et al. (2004) realizaram estudo *in vitro*, comparando a resistência à fratura de dentes restaurados com quatro sistemas de restaurações indiretas: uma cerâmica feldspática (Duceram) e três cerômeros

(Artglass, Solidex e Targis). Sessenta molares inferiores (inseridos em cilindros de resina acrílica, simulando o ligamento periodontal) foram preparados para restaurações inlays MOD. Os dentes foram moldados e as restaurações preparadas sobre os modelos de gesso. As inlays foram cimentadas com cimento resinoso Rely-X e armazenados a 37°C a 100% de umidade relativa por 24 horas. As amostras foram então, submetidas à carga de compressão axial na velocidade de 0,5 mm/min. Dentes restaurados com Duceram LFC ($205,44 \pm 39,51$ kgf) mostraram valores estatisticamente menores de resistência à fratura que os 3 grupos de cerômeros: Solidex ($293,16 \pm 45,86$ kgf), Artglass ($299,87 \pm 41,08$ kgf) e Targis ($304,23 \pm 52,22$ kgf). Os autores concluíram com esse estudo que as inlays de resinas indiretas de nova geração tiveram melhor resistência à fratura que as inlays em cerâmica e os resultados sugerem que as resinas indiretas possam ser utilizadas com sucesso como material restaurador.

Tagtekin et al. (2004) realizaram estudo avaliando as características de cerômeros em comparação a resinas compostas convencionais híbridas. Os resultados demonstraram que os cerômeros apresentaram maior microdureza e resistência ao desgaste quando comparados às resinas compostas híbridas. Nesse trabalho os autores avaliaram a rugosidade de superfície, dureza e resistência ao desgaste de um cerômero (Admira), polimerizado com um sistema de arco de plasma. Para a realização do estudo, blocos de Admira e Amelogen (compósito micro híbrido) foram confeccionados com medidas de 3 x 2 x 5 mm e polimerizados por um arco de plasma e um sistema de luz convencional, respectivamente. As mensurações de rugosidade de superfície foram realizadas com um Perfilômetro de Superfície no topo dos espécimes e as mensurações de dureza Vickers foram realizadas com uma carga de 600 mN. Para o teste de desgaste, outros espécimes

foram confeccionados (8 mm diâmetro e 2 mm espessura) de Admira, Amelogen e amálgama. Os corpos-de-prova foram submetidos ao desgaste sob uma carga de 10N em uma máquina, contendo uma superfície de alumina com 10 mm de diâmetro, antagonista aos materiais testados. Os autores observaram que Admira mostrou os valores mais altos de dureza independente da técnica de inserção do material (81.84 ± 1.167 VHN). Admira também apresentou maior resistência ao desgaste (0.024 ± 0.00149 mm³) que a resina composta Amelogen (0.032 ± 0.00075 mm³). No entanto, o maior valor de rugosidade de superfície foi da Admira.

Todas as características mecânicas e físicas das resinas indiretas observadas até agora são muito importantes para o bom desempenho e manutenção dessas restaurações na cavidade bucal. Mas, além disso, outra característica muito procurada atualmente é a estética. Essas restaurações podem apresentar boa adaptação marginal, resistência ao desgaste, à flexão, não abrasionar dentes antagonistas, mas infelizmente, se a cor não se mantiver estável, ocorrerá queixa do paciente sobre o trabalho realizado. Busca-se um tratamento estético no consultório odontológico; uma restauração que mantenha uma cor semelhante aos dentes naturais.

A estética se mostra tão importante que Kroetze et al. (1990), concluíram que a alteração de cor das resinas é o maior motivo para as trocas das restaurações anteriores. A estabilidade de cor é crucial para o sucesso de qualquer tipo de restauração estética, bem como outras propriedades mecânicas, fundamentais para o sucesso da restauração. A cor dos materiais estéticos deveria se manter estável por um longo período sob as condições de uso no ambiente bucal.

Alteração de cor de compósitos é um assunto constante e tem sido estudado intensivamente, através de pesquisas utilizando envelhecimento artificial acelerado por irradiação UV (UCHIDA et al., 1998; STOBER et al., 2001), umidade (FRUITS et al., 1997), ação da água (BURROW; MAKINSON, 1991; VICHI et al., 2004; RUYTER et al., 1987), manchamentos *in vitro*, por soluções corantes, como café e chá (UM; RUYTER, 1991; KHOKHAR et al., 1991; DIETSCHI et al., 1994) e alguns estudos *in vivo* (SETZ; ENGEL 1997; ROSENTRITT et al., 1998). Materiais resinosos, como as resinas indiretas de nova geração, designados para restaurações protéticas fixas permanentes deveriam possuir estabilidade de cor comparável à cerâmica.

Não só os materiais estéticos devem manter a estabilidade de cor e a preocupação dos pesquisadores recai sobre outros materiais também, como: resinas acrílicas (HERSEK et al., 1996; SCOTTI et al., 1997; POLYZOIS et al., 1997; YANNIKAKIS et al., 1998), materiais resilientes para reembasamento de prótese total (ANIL et al., 1998; JIN et al., 2003) e cimentos resinosos (NOIE et al., 1995).

Nessa parte da revisão de literatura serão mostrados alguns trabalhos que avaliam a estabilidade de cor de resinas diretas e indiretas através de estudos de envelhecimento artificial acelerado e de manchamento, tentando determinar a qualidade estética desses materiais.

2.1. Resinas compostas de aplicação direta

Em 1978, POWERS et al. começaram a avaliar a estabilidade de cor de resinas compostas de aplicação direta disponíveis no mercado, sendo essas de apresentação pasta base e catalisadora. Sete marcas de resinas compostas, uma resina sem carga e três vernizes foram submetidos ao envelhecimento artificial

acelerado. A cor foi avaliada pela reflexão espectrofotométrica e visualmente com tabelas de cor de Munsell. Depois do envelhecimento de 900 horas, a 43°C e 90% de umidade relativa e exposição da superfície polida à radiação ultravioleta de 2500 watts com um spray de água intermitente a cada 18 minutos, a maioria das resinas apresentou valores diminuídos de luminosidade e saturação e altos valores de comprimento de onda dominante 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.

Já em 1980, Powers et al. estudaram a estabilidade de cor de três resinas compostas convencionais (Concise, Fotofil, Profile) e quatro de micropartículas (Isopast, Phaseafill, Superfil, Silar) após as amostras serem submetidas ao envelhecimento artificial acelerado por 900 horas em uma câmara a temperatura de 43°C e 90% de umidade relativa. A estabilidade de cor dos materiais foi avaliada por espectrofotometria de reflexão que registrou valores antes do experimento e após a exposição de 300, 600 e 900 horas. Os autores sugerem que, durante o começo do envelhecimento, os compósitos geralmente se tornavam mais escuros, mais cromáticos e mais opacos. Mudanças na cor dos compósitos convencionais durante o envelhecimento foram influenciadas pela erosão das matrizes de resina e exposição das partículas de carga. A estabilidade de cor dos compósitos de micropartículas (novos materiais no período), testados sob condições *in vitro*, foi

melhor do que a dos compósitos convencionais e pareceu não ser muito influenciada pela erosão.

Erik Asmussen (1983), avaliou as alterações de cor de resinas experimentais e resinas disponíveis no mercado após o armazenamento em água. Utilizando as resinas experimentais, o autor pôde investigar, em bases quantitativas, os fatores que afetam a estabilidade de cor dos materiais restauradores.

Segundo ele, a descoloração pode aparecer devido a várias razões, incluindo uma mudança interna de cor da própria resina e, nas resinas quimicamente polimerizadas, essa descoloração está associada à quantidade e ao tipo de amina envolvida na polimerização, ao tipo de inibidor, e à mistura de monômero contendo BisGMA e peróxido de benzoíla.

Os testes com resinas experimentais e comerciais envolveram medições de mudança de cor resultantes de um mês de permanência em água a 60°C. As resinas experimentais foram preparadas misturando-se quantidades iguais de uma pasta contendo amina - DEPT ou DEBA no monômero - (pasta universal) e uma pasta contendo peróxido de benzoíla (BPO) no monômero (pasta catalisadora). O inibidor utilizado foi MHQ (hidroquinona-monometileter). A quantidade de MHQ no monômero era de 0.25, 0.5, 0.75, ou 1.0% por peso. Para as resinas disponíveis no mercado, dezessete marcas foram avaliadas, das quais onze eram quimicamente polimerizadas e seis, fotopolimerizadas. Para as resinas experimentais foi avaliada a influência da quantidade de amina, do tipo de amina e da quantidade do inibidor presentes nas resinas na alteração de cor desses materiais. Para as resinas comerciais foi avaliada a influência da marca, do efeito do pH e da presença de oxigênio na água, além da influência do envelhecimento acelerado pela exposição à irradiação UV por 24 horas na alteração de cor.

Os resultados mostraram que as mudanças de cor aumentaram, em geral, com o aumento da quantidade de DEPT, mas diminuíram com a quantidade de peróxido de benzoíla. Os espécimes polimerizados sem amina mostraram as menores mudanças de cor. As resinas polimerizadas com DEBA tinham suas cores mais estáveis do que as resinas polimerizadas com a mesma quantidade equimolar de DEPT. O efeito do inibidor mostrou que em baixas concentrações as mudanças de cor eram virtualmente independentes do conteúdo do inibidor, mas acima de um ponto crítico as mudanças de cor aumentavam marcadamente com o conteúdo do inibidor. Sobre as resinas comerciais analisadas, seus comportamentos em relação ao manchamento diferiam entre si, mas as fotopolimerizáveis eram mais estáveis em relação a mudanças de cor do que as quimicamente polimerizáveis. A redução do pH teve um pequeno efeito na descoloração, mas esse efeito era muito reduzido quando o oxigênio era removido da água. Isso demonstra a natureza oxidante do processo de descoloração das resinas. As mudanças de cor provocadas pela luz UV foram particularmente pequenas em ambos os materiais, enquanto que uma grande diferença ocorreu como consequência do armazenamento em água.

Wendt Jr. (1987) testou o efeito do calor, quando utilizado como fator de polimerização complementar, sobre as propriedades físicas de desgaste, dureza e estabilidade de cor em resinas compostas. Uma resina composta híbrida fotopolimerizável (Profile TLC/SSW) e duas resinas compostas fotopolimerizáveis para dentes posteriores (P-30/3M e Occlusin/Cor Laboratories) foram testadas com e sem aplicação de calor após a fotopolimerização. Foram confeccionados setenta corpos-de-prova para cada resina testada em uma matriz de aço inox com 20 mm por 1 mm de acordo com a especificação nº 27 da ADA. Dez amostras foram fotopolimerizadas e armazenadas em água (37°C) por 15 min. Os outros sessenta

espécimes foram divididos em seis grupos e submetidos ao tratamento térmico em um forno (Thermo Cure) por 10 minutos. Os grupos foram submetidos a diferentes temperaturas: 60°, 100°, 125°, 150°, 175° e 200°C. As médias de dureza e desgaste foram comparadas a um material conhecido e bem estudado: o amálgama. Após as leituras de dureza, os corpos-de-prova foram submetidos à abrasão e novas mensurações foram feitas para determinar a perda de material devido ao desgaste. Para a determinação de alterações de cor dos materiais testados, dois observadores classificaram as amostras em: alteração de cor não perceptível; alteração de cor insignificante para cor mais clara, alteração de cor leve, alteração de cor insignificante para cor mais escura, alteração de cor escura. Com esse estudo, o autor pôde concluir que as propriedades físicas de desgaste, dureza e estabilidade de cor foram favorecidas pela polimerização complementar pelo calor. Esse princípio foi aplicado a algumas resinas indiretas de segunda geração, como a resina Targis.

Burrow e Makinson (1991), realizaram trabalho *in vitro* que examinou o efeito da luz solar e da água separadamente e em conjunto sobre as alterações de cor de 16 resinas. A radiação natural (ultravioleta e visível) aplicada no estudo (6 meses de radiação de luz solar: verão 10 horas/dia e inverno: 6 horas/dia) foi maior que a esperada no uso clínico das restaurações e as alterações de cor foram geralmente apenas leves na maioria das resinas. As alterações de cor foram maiores quando a luz solar e água foram aplicadas em conjunto. A ação hidrolítica da água foi particularmente marcante em uma resina, que também mostrou alta liberação de canforoquinona. Os autores concluíram que descolorações clínicas marcantes podem ser mais intensas pela absorção de corantes alimentares que pela ação da luz solar e água.

Dietschi et al. (1994), realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de avaliar a estabilidade de cor de resinas compostas fotopolimerizáveis quando submetidas a várias condições físico-químicas e de manchamento. Dez marcas de resinas compostas foram avaliadas incluindo resinas híbridas, microhíbridas e de micropartículas. Algumas amostras de matizes universais foram submetidas apenas a testes de manchamento, enquanto outras foram sujeitas a uma das seguintes condições experimentais: termociclagem, pós-polimerização, polimento, ou imersão em solução salina por uma semana, anterior ao manchamento. As soluções corantes utilizadas foram: café, corante alimentício E 110 (cor predominante amarelo forte), vinagre e eritrosina. Uma avaliação colorimétrica de acordo com o sistema CIE $L^*a^*b^*$ foi realizada após os períodos experimentais de 1 a 3 semanas. Os autores observaram que a eritrosina causou a maior alteração de cor nos compósitos testados. Uma suscetibilidade menor ao manchamento foi observada nas superfícies que foram polidas. Os autores relataram que baixa sorção de água, alta proporção carga-matriz, partículas de tamanho reduzido, aumento da dureza e ótimo sistema de adesão entre matriz e carga são fatores que aumentam a resistência dos compósitos à descoloração.

Fruits et al. (1997), realizaram mensurações de espectroscopia de refletância para comparar o grau de alteração de cor de superfície de dois tipos de resinas compostas fotopolimerizáveis - Prisma-Fill (micropartículas) e APH (compósito híbrido) e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Variglass). Os tempos de envelhecimento artificial acelerado investigados foram 0, 100, 200, 300 e 400 horas. Fatores ambientais como calor, luz UV e umidade foram utilizados para afetar a integridade de superfície dos materiais restauradores. Os autores observaram que o cimento de ionômero de vidro demonstrou alteração de cor

significativamente maior que as resinas compostas. A resina híbrida apresentou menor alteração de cor nos intervalos de tempo, mas ao final da 400 horas não houve alteração de cor significativa entre os dois tipos de resinas.

Uchida et al. (1998) realizaram estudo para caracterização das alterações de cor dos compósitos em função do matiz das resinas compostas através dos efeitos do meio ambiente, como a exposição à luz ultravioleta. Foram selecionados cinco matizes, de dois 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 L*a*b* 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.

Lee et al. (2000), avaliaram a estabilidade de cor de materiais restauradores estéticos após imersão em soluções enxaguatórias bucais e envelhecimento artificial acelerado. Foram utilizados dois compômeros (Elan, F2000), e duas resinas compostas (Alert e Tetric-Ceram) para confecção de 5 discos (10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura) para cada material. As amostras tiveram seus valores de cor mensurados antes e após imersão em 3 tipos de enxaguatórios bucais (Listerine,

Peridex e Rembrandt Age Defying) por 24 horas e 7 dias, e após envelhecimento artificial acelerado a 150 KJ/m². A cor foi determinada com um espectrofotômetro de acordo com o sistema de coordenadas CIE L*a* b*. As alterações de cor de cada situação do experimento (Após 1 dia de imersão, após 7 dias de imersão, após 7 dias de imersão e envelhecimento acelerado, envelhecimento artificial acelerado apenas) foram comparadas. Os autores observaram que, após 7 dias de imersão, os enxaguatórios bucais não produziram alterações de cor significativamente maiores que o grupo controle (água destilada), exceto com alguns enxaguatórios utilizados com Tetric-Ceram. Depois da imersão nos enxaguatórios e envelhecimento artificial acelerado, os enxaguatórios também não produziram alterações significativamente maiores que o grupo de água destilada. O envelhecimento artificial acelerado produziu alterações de cor (ΔE) de 1.1 a 3.9, as quais foram influenciadas pelo tipo de material. Com algumas exceções, as alterações de cor de resinas compostas e compômeros não foram perceptíveis ($\Delta E < 3.3$) após imersão em soluções enxaguatórias.

Gürdal et al. (2002), preocuparam-se com o efeito de enxaguatórios bucais sobre os materiais estéticos e realizaram um estudo para examinar o efeito de três enxaguatórios bucais sobre três materiais restauradores estéticos diferentes (Brilliant – resina composta direta, Chelon Fil – cimento de ionômero de vidro convencional e Compoglass F – compômero). Os enxaguatórios foram utilizados como grupos de tratamento enquanto água destilada serviu como controle. Foram confeccionados 72 espécimes no total, em matriz metálica, com 24 corpos-de-prova para cada material testado. As amostras foram armazenadas em 20 mL de solução enxaguatória por 12 horas o que, segundo os autores, equivaleria a um ano de bochechos diários de 2 minutos. Alterações entre mensurações iniciais e pós-tratamento foram realizadas

tanto para microdureza como para cor. Os autores observaram não haver interação significativa entre as soluções e materiais testados para a microdureza e para alterações de cor. Os autores concluem que os efeitos dos enxaguatórios sobre os materiais restauradores podem diferir dependendo de vários fatores *in vivo* que não poderiam ser replicados *in vitro*. Portanto, segundo esse estudo, o uso diário de enxaguatórios não é contra-indicado.

Schulze et al. (2003) investigaram a estabilidade de cor e dureza de superfície de cinco resinas diretas quimicamente ativadas e cinco resinas fotopolimerizáveis. Foram confeccionados cinco corpos-de-prova para cada material para a determinação da dureza Knoop. A análise de cor foi realizada por um espectrofotômetro e foram confeccionados 3 corpos-de-prova para cada resina utilizada. As amostras foram submetidas a leituras de cor e dureza antes de serem expostas ao envelhecimento artificial acelerado, sendo essas as leituras padrões. Após o envelhecimento foram realizadas novas leituras que foram comparadas com as leituras padrões. Observou-se que as resinas fotopolimerizáveis apresentaram maior resistência à descoloração que as resinas quimicamente ativadas. Verificaram, também, que não houve correlação entre a dureza superficial e alteração de cor das resinas, rejeitando a hipótese inicial de que quanto maior a dureza do material resinoso, maior seria a estabilidade de cor.

Reis (2003), realizou estudo por espectrofotômetro de alteração de cor de três resinas compostas diretas (Z100, P-60 e Charisma) após serem submetidas ao envelhecimento artificial acelerado. O autor observou que todas as resinas apresentaram alterações de cor inaceitáveis após o envelhecimento de 382 horas ($\Delta E > 3,3$). A resina Z100 de cor C2 foi a que apresentou menor alteração de cor. Foram realizadas análises de microscopia eletrônica de varredura que ilustrou

grande alteração superficial das resinas compostas após o envelhecimento com degradação da matriz resinosa.

Vichi et al. (2004) avaliaram a influência da exposição à água na estabilidade de cor de três resinas compostas estruturalmente diferentes. Foram selecionados para o estudo seis matizes da escala Vita de três resinas diferentes (TPH, Tetric Ceram e Z100). Para cada produto e para cada matiz, três discos de 1mm de espessura e 15 mm de diâmetro foram confeccionados. As amostras foram analisadas com espectrofotômetro. Para determinações de cor, foi utilizado um fundo padrão 50% cinza, e os valores de cor foram registrados de acordo com o sistema de coordenadas CIE L*a* b*. A opacidade foi calculada pela proporção de reflexão de luz do corpo-de-prova quando o fundo padrão era preto e quando era branco. Após as mensurações iniciais, as amostras foram armazenadas por 30 dias a 60°C em banho de água e nova mensuração de cor foi realizada. Os autores observaram com os resultados, que um dos três materiais envolvidos no estudo (TPH) mostrou alteração de cor inaceitável para todos os matizes ($\Delta E > 3,3$) após o experimento. A diferença de estabilidade de cor entre os produtos foi significativa, explicado pelos autores em função da natureza da matriz e da dimensão das partículas de carga. Com referência à opacidade, os resultados mostraram que também é influenciada pela água.

Janda et al. (2004) tiveram como proposta de estudo avaliar a influência de aparelhos fotopolimerizadores e tempos de polimerização no valor amarelo (valor b* do sistema de coordenadas CIE L* a* b*) de resinas compostas, cerômeros e compômeros após execução de um teste de exposição à luz solar. Oito amostras de Charisma, Durafill, Definite e Dyract AP foram polimerizadas com Translux Energy (luz halógena de tungstênio) por 20, 40 e 60 segundos e com Apollo 95-E (luz de

plasma) por 3, 10 e 20 segundos. Todas as amostras foram submetidas ao teste de envelhecimento artificial acelerado (Suntest). Os valores de amarelo foram determinados antes e após o teste e a alteração (Δb^*) foi calculada. Os autores observaram que quando polimerizados com Translux por 20 e 40 segundos, Durafill, Charisma e Dyract AP mostraram valores negativos de Δb , ou seja, diminuição de tom amarelo. O valor b^* de Definite permaneceu praticamente constante. Quando polimerizados por 60 segundos, Durafill e Definite tornaram-se mais amarelas, enquanto que Charisma e Dyract clarearam um pouco. Quando polimerizados com Apollo 95-E, um processo evidente de clareamento de todos os materiais ocorreu depois do teste de envelhecimento (Δb^* negativo). Os autores concluíram que o clareamento dos compósitos, cerômeros e compômeros depende do aparelho de fotopolimerização e também dos tempos de polimerização. O aparelho de luz halógena de tungstênio gerou resultados significativamente superiores.

2.2. Resinas indiretas de primeira geração

Powers e Fan (1981), estudaram a estabilidade de cor e características de envelhecimento de materiais plásticos para confecção de facetas de *veneer* disponíveis no mercado, utilizando o método de envelhecimento artificial acelerado. Os autores utilizaram resinas de laboratório de primeira geração (Biolon, Biotone, Isosit, Pyroplast, Thermojel) e observaram que os valores de refletância luminosa (valor), comprimento de onda dominante (matiz) e pureza de estímulo (croma) das amostras antes do envelhecimento foram similares aos valores obtidos com resinas compostas (obtidos em estudo prévio – Powers et al., 1980). Os materiais para facetas de *veneer* mostraram-se mais opacos que os compósitos. Os autores

acreditam que isso ocorra para que esses materiais possam mascarar a estrutura metálica sobre a qual são aplicados. Após 900 horas de envelhecimento, pequenas alterações na cor foram detectadas com o colorímetro, as quais foram difíceis de serem detectadas visualmente. O material Isosit apresentou alteração de cor semelhante às resinas de micropartículas avaliadas em estudo prévio.

Ruyter et al. (1987), analisaram a estabilidade de cor de três resinas indiretas de primeira geração fotopolimerizáveis indicadas para a confecção de facetas em coroas totais (Dentacolor, Elcebond, Visio-Gem), e as compararam com três resinas termo e autopolimerizáveis. Três corpos-de-prova de cada material foram armazenados em água destilada a 37°C e expostos à fonte de luz. Outras três amostras foram mantidas no escuro e também imersas em água destilada a 37°C. As características de cor de todas as amostras foram medidas por espectrofotômetro computadorizado. A aparência foi caracterizada pelas médias de L*, a* e b* do sistema CIE L*a*b* e a diferença de cor total foi calculada. 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 que as termopolimerizáveis tiveram estabilidade de cor muito boa. O estudo mostrou que houve significativa alteração da cor nos materiais estudados e que alterações de cor acima de 3,3 unidades ΔE foram consideradas clinicamente inaceitáveis.

Para avaliar os efeitos de corantes alimentares e hábitos de higiene, Khokhar et al. (1991), avaliaram a estabilidade de cor de quatro marcas comerciais de resinas indiretas de primeira geração (Dentacolor, VisioGem, Brilliant D.I. e Concept), quando submetidas a ação de soluções de clorexidina, chá e café. Para isso, foram confeccionados 26 corpos-de-prova para cada resina e estes foram armazenados

nas soluções estudadas. Foi estudado também o efeito modificador da adição de saliva às soluções testadas. Observou-se que a saliva aumentou o potencial de manchamento das soluções e que o chá corou as amostras mais que o café. Após polimento, a maior parte das manchas foi removida mostrando um manchamento superficial, no entanto, manchamento residual, que pode se tornar cumulativo, também foi registrado. A resina indireta que sofreu menor alteração de cor foi a Concept, polimerizada a 250°F e com pressão de 85 psi por 10 minutos, reafirmando o conceito de que o calor aumenta o grau de polimerização da resina e que uma alta conversão de polímeros favorece a estabilidade de cor.

Um e Ruyter (1991), também avaliaram o grau de manchamento de resinas indiretas de primeira geração quando expostas a soluções de chá e café. As resinas foram armazenadas nas soluções corantes a uma temperatura de $50 \pm 1^\circ\text{C}$ por 0.5, 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 e 1000 horas. Após 1000 horas os espécimes receberam tratamento de limpeza com sabão; escova e sabão; e escova e creme dental. Os autores observaram que os materiais foram manchados pelas soluções. As manchas dos materiais que não sofreram descoloração intrínseca foram removidas com desgaste da camada superficial. O manchamento com café foi facilmente removido das resinas Isosit, Biodent, e Dentacolor, enquanto que Vitapan e Visio-Gem apresentaram descoloração inaceitável após a escovação. Os corantes de café penetraram abaixo da superfície das resinas Vitapan e Visio-Gem, o que indica compatibilidade da matriz resinosa com os corantes amarelos do café. Os resultados indicam que para a prevenção ou redução da descoloração de facetas de *veneer*, boa higiene oral com escova e dentifrício é importante.

Setz e Engel (1997) afirmam que a descoloração da resina indireta é a maior desvantagem desse material quando utilizado na confecção de facetas para coroas

telescópicas. Para avaliação do desempenho desse material, esses autores realizaram um estudo para descrever a descoloração ocorrida em facetas de resina *in vivo* utilizando espectrofotômetro e o sistema de coordenadas de cor CIE L* a* b*. Foram utilizados 24 pacientes que receberam próteses parciais removíveis. Duas marcas de resinas fotopolimerizáveis para facetas indiretas de primeira geração foram utilizadas: Licupast e Dentacolor. Como a descoloração dos compósitos pode ser afetada por vários fatores, foi crucial para a comparação que as mesmas condições clínicas fossem providas. Portanto, cada paciente recebeu a prótese com facetas de ambos os materiais testados. A primeira mensuração de cor foi realizada após 2 a 4 semanas de uso. Antes da mensuração de cor, superfícies planas foram criadas nas faces vestibulares dos dentes analisados com aproximadamente 2 mm de diâmetro, para que as mensurações seguintes sempre se realizassem no mesmo local. Nem os pacientes, nem o investigador sabiam qual dente havia sido feito com qual material. Após 12 e 24 meses, os pacientes foram chamados para retorno. Após um ano, apenas 20 pacientes retornaram e após dois anos, 18 pacientes. Os autores puderam observar que após um ano, as resinas testadas apresentaram aumento do valor b*, tornando-se mais amarelas, mas não apresentaram alterações significantes nos valores a* e L* após 2 anos. Também não foram observadas diferenças na descoloração entre as duas marcas de resina.

Rosentritt et al. (1998) realizaram um estudo comparando a estabilidade de cor *in vivo* de resinas indiretas de primeira geração indicadas para confecção de facetas (Visio-Gem, Dentacolor, Vita Zeta) e resinas de dentes artificiais (Vitapan). Para isso, foram selecionados 25 pacientes que receberiam próteses parciais removíveis. Cada prótese continha apenas um tipo de material. Mensurações de cor foram realizadas com espectrofotômetro 24 horas após a confecção e novamente após 6, 12 e 18

meses de uso nas posições incisal, cervical e central dos dentes. As facetas e os dentes artificiais tiveram a cor mensurada, depois foram limpos para eliminar a influência de descoloração superficial e novamente mensurados em cada sessão de retorno. Os autores observaram que em todos os grupos testados a alteração de cor máxima foi: $\Delta L^* = 2.1$, $\Delta a^* = 0.4$ e $\Delta b^* = 1.8$. Os valores de ΔE variaram em torno de 1.0 a 2.5 unidades. Apesar do polimento, o valor de ΔE aumentou 0.2 a 0.3 unidades em relação à última mensuração. As descolorações externas foram removidas pelo polimento, e através desse procedimento foram conseguidas alterações de cor de 0.8 a 2.0 unidades de ΔE . Os autores concluíram com esse estudo que após 18 meses de uso, as descolorações dos materiais testados foram clinicamente aceitáveis. Os dentes artificiais de resina apresentaram menor alteração de cor que as resinas para facetas.

2.3. Resinas indiretas de segunda geração

Douglas (2000), realizou estudo para 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 calculados 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.

Stober et al. (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. Os autores observaram que o vinho e a solução turmerica causaram as maiores descolorações ($\Delta E > 10$). Chá, café, solução enxaguatória e irradiação UV causaram alterações invisíveis ($\Delta E < 1$) e visíveis ($\Delta E > 1$), e algumas inaceitáveis ($\Delta E > 3,3$). Os autores concluíram que com os resultados apresentados é essencial melhorar a estabilidade de cor das resinas compostas utilizadas para facetas.

Yilmaz e Gemalmaz (2003) realizaram estudo sobre a performance clínica de restaurações em resina de segunda geração, Targis (Ivoclar), em restaurações inlay classe II. Quarenta inlays foram realizadas (18 pré-molares e 22 molares) em 26 pacientes. Todos os dentes testados eram vitais. Todas as restaurações estavam em oclusão e foram cimentadas adesivamente, pelo mesmo operador, utilizando

Variolink II de alta viscosidade (Vivadent) em conjunto com sistema adesivo Syntac sob isolamento absoluto. As restaurações foram avaliadas no início, após 6 meses e após 1 ano da cimentação, por 2 examinadores de acordo com o critério modificado do Serviço Público de Saúde dos EUA. Os parâmetros avaliados foram: forma anatômica, adaptação marginal, descoloração marginal, estabilidade de cor, acabamento superficial, índice gengival e cáries secundárias. A sensibilidade pós-operatória foi determinada pelo questionamento direto ao paciente. Considerando todos os critérios de avaliação clínica, todas as 40 inlays exibiram escores aceitáveis após um ano de avaliação. Segundo os autores, contando com esses resultados, o material restaurador pode ser indicado para inlays classe II.

Segundo Isidor e Brondum (1995), e Qualtrough e Wilson (1996), a maioria das fraturas em inlays cerâmicas ocorre no período de 12 meses. No estudo de Yilmaz e Gemalmaz (2003), as 40 inlays em Targis estavam intactas após esse período de uso. Isso demonstra, segundo os autores, que a utilização de compósitos de nova geração menos friáveis que a cerâmica eliminam o risco de fraturas precoces. Foi observada excelente adequação de cor entre restauração e dente em 35% das inlays e adequação boa e leve falta de igualdade de cor em 65% na primeira observação. Após um ano de uso clínico, uma leve alteração ocorreu com os escores de cor das inlays (o nível excelente de 35% passou para 27,5%). A proporção relativamente alta de falta de adequação de cor das inlays em Targis observada nesse estudo, de acordo com os autores, ocorreu provavelmente devido à alta opacidade da base de Targis. O fator de reflexão dessa base afetou a aparência estética da inlay relacionada com a profundidade e espessura de dentina e esmalte de Targis.

Com essa revisão de literatura pode-se observar que um grande estudo, sobre alterações de cor dos mais diversos materiais resinosos, tem sido realizado, mas pouco ainda se sabe sobre a estabilidade de cor de resinas indiretas de segunda geração após envelhecimento artificial acelerado, e há escassez de trabalhos na literatura avaliando a alteração de cor e a rugosidade de superfície das resinas indiretas de segunda geração após envelhecimento artificial acelerado.

O presente estudo teve como objetivo avaliar *in vitro*:

- A similaridade de cor entre diferentes marcas comerciais de resina indireta de mesmo matiz antes do envelhecimento artificial acelerado.

- A alteração de cor e a rugosidade superficial de diferentes marcas comerciais de resinas indiretas de nova geração utilizadas para restaurações inlays, onlays, facetas, coroas totais e metaloplásticas após serem submetidas ao processo de envelhecimento artificial acelerado;

4.1. Material

Para o desenvolvimento desse estudo foram utilizadas três resinas indiretas empregadas nas restaurações estéticas de dentes anteriores e posteriores, listadas a seguir: Artglass (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha); Solidex (Shofu, Kioto, Japão); Targis (Ivoclar, Schaan, Liechtenstein), todas na cor B2 para dentina (Fig. 01).



Fig. 01. Resinas Indiretas utilizadas: Targis (Ivoclar); Artglass (Heraeus Kulzer); Solidex (Shofu).

4.2. Acessórios e equipamentos

Os acessórios utilizados foram: matriz de aço inoxidável, espátula de inserção (S.S.White), condensador manual tipo Ward (S.S.White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), lamínula de vidro, unidades de polimerização EDG-Lux (EDG), UniXS (Kulzer, Hanau, Alemanha), Targis Quick (Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) e Targis Power (Ivoclar), potes plásticos pretos com tampa para armazenamento dos corpos-de-prova, micromotor e contra-ângulo (Dabi-Atlante, Ribeirão Preto, Brasil), kit de acabamento e polimento Sof-Lex (3M Dental Products, St Paul, MN, USA).

Para a realização dos ensaios foram utilizados 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 Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP. Segue a relação dos mesmos: Sistema Acelerado de Envelhecimento para não-metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, Brasil), Espectrofotômetro PCB 6807 BYK GARDNER (Geretsried, Alemanha) e Rugosímetro Surfscorder SE 1700 (Kosakalab, Tóquio, Japan).

4.3. Método

4.3.1. Confeção da matriz

Para obtenção dos corpos-de-prova foi confeccionada uma matriz em aço inoxidável com interior perfeitamente liso, formada por duas partes encaixadas: uma parte superior e outra inferior na forma de êmbolo, com 15 mm de diâmetro (Fig. 02a). Acompanhando a matriz havia um espaçador de 2 mm de espessura que era encaixado no êmbolo entre as partes superior e inferior da matriz (Fig. 02b), de forma que a parte superior da matriz ficava 2 mm mais alta que a inferior, proporcionando a espessura adequada do corpo-de-prova (Fig. 02c).

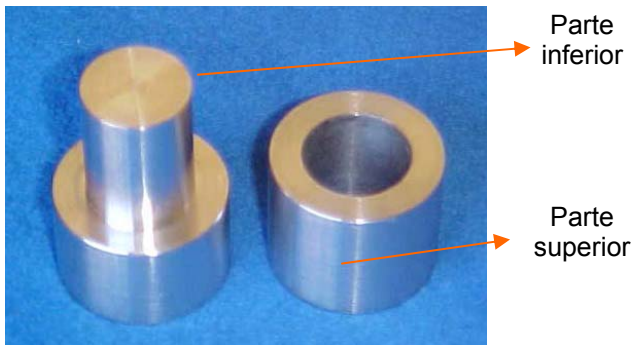


Fig. 02a. Parte superior e inferior da matriz de aço inoxidável.

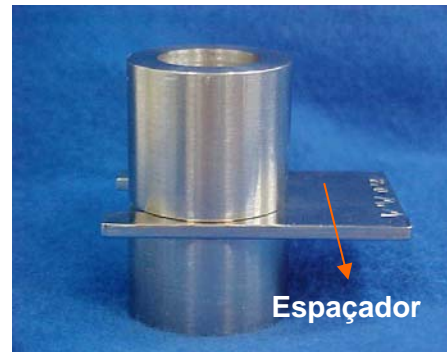


Fig. 02b. Espaçador de 2,0mm colocado entre as duas partes da matriz.

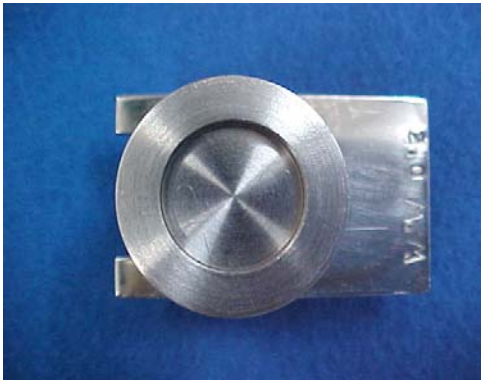


Fig. 02c. Espaço obtido para confecção do corpo-de-prova.

4.3.2. Obtenção dos corpos-de-prova

Para a confecção dos corpos-de-prova, cada resina estudada foi inserida no interior da matriz em dois incrementos, sendo o último incremento pressionado por uma lamínula de vidro para haver o escoamento de excesso de material resinoso (Fig. 03a, 03b). A técnica escolhida elimina a presença de ar da superfície do compósito, impedindo a formação de uma camada superficial com polimerização inibida pelo oxigênio.

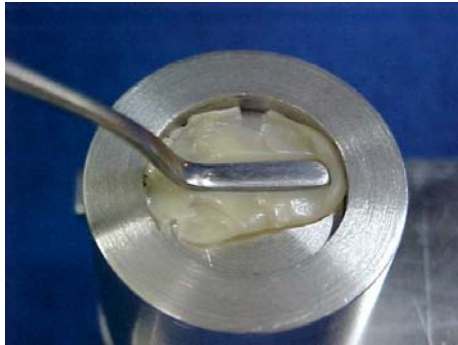


Fig. 03a. Inserção do 1º incremento resina na matriz.

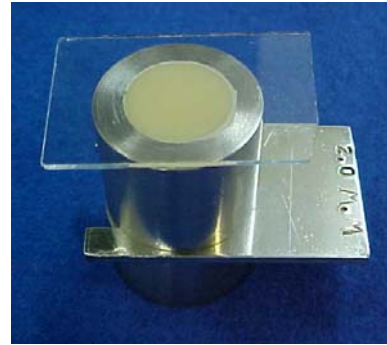


Fig. 03b. Lamínula de vidro para aplainamento de superfície.

Unidades de polimerização específicas para cada tipo de resina foram utilizadas seguindo as instruções dos fabricantes (Tabela 1).

Tabela 1 - Técnicas de polimerização de cada resina indireta.

<i>PRODUTO</i>	<i>TÉCNICA DE POLIMERIZAÇÃO</i>
ARTGLASS	Unidade de polimerização UniXS (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha): 180 segundos em ciclos de luz gerada por 2 lâmpadas de xenônio (450-500 nm)
TARGIS	Unidade de polimerização rápida Targis Quick (Ivoclar, Schaan, Liechtenstein): 40 segundos para a pré-polimerização entre incrementos.
SOLIDEX	Unidade de polimerização de alta performance Targis Power (Ivoclar): Luz visível (8 lâmpadas frias de alta potência, 400-450nm) e calor (95°C) em ciclo de 25 minutos.
	Unidade de fotopolimerização EDG-Lux (EDG, São Carlos, São Paulo, Brasil): 180 segundos.

Após a polimerização, os corpos-de-prova eram removidos da matriz removendo o espaçador que lhe dava a altura, empurrando a base que tem a forma de um êmbolo (Fig. 04).

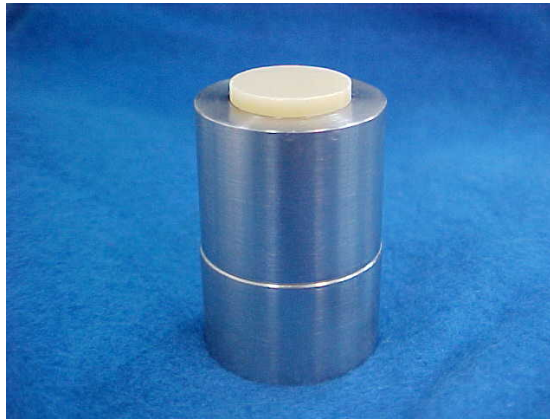


Fig. 04. Remoção do corpo-de-prova da matriz.

Em seguida, os corpos-de-prova recebiam polimento superficial através da utilização do sistema de acabamento e polimento dental extrafino Sof-Lex (3M), na seqüência decrescente de abrasividade com movimentos intermitentes, intercalados com o umedecimento da superfície do corpo-de-prova com a finalidade de impedir a ocorrência de superaquecimento e conseqüente alteração de superfície.

Todos os corpos-de-prova eram codificados e armazenados em recipientes isolados com umidade relativa de 100% e mantidos na ausência de luz até sua colocação no Sistema de Envelhecimento Acelerado (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, Brasil.). Antes dessa etapa, eram realizadas as primeiras leituras de cor das amostras e as leituras de rugosidade inicial de superfície.

Foram obtidos 36 corpos-de-prova, sendo 12 corpos para cada resina utilizada no experimento (Fig. 05).

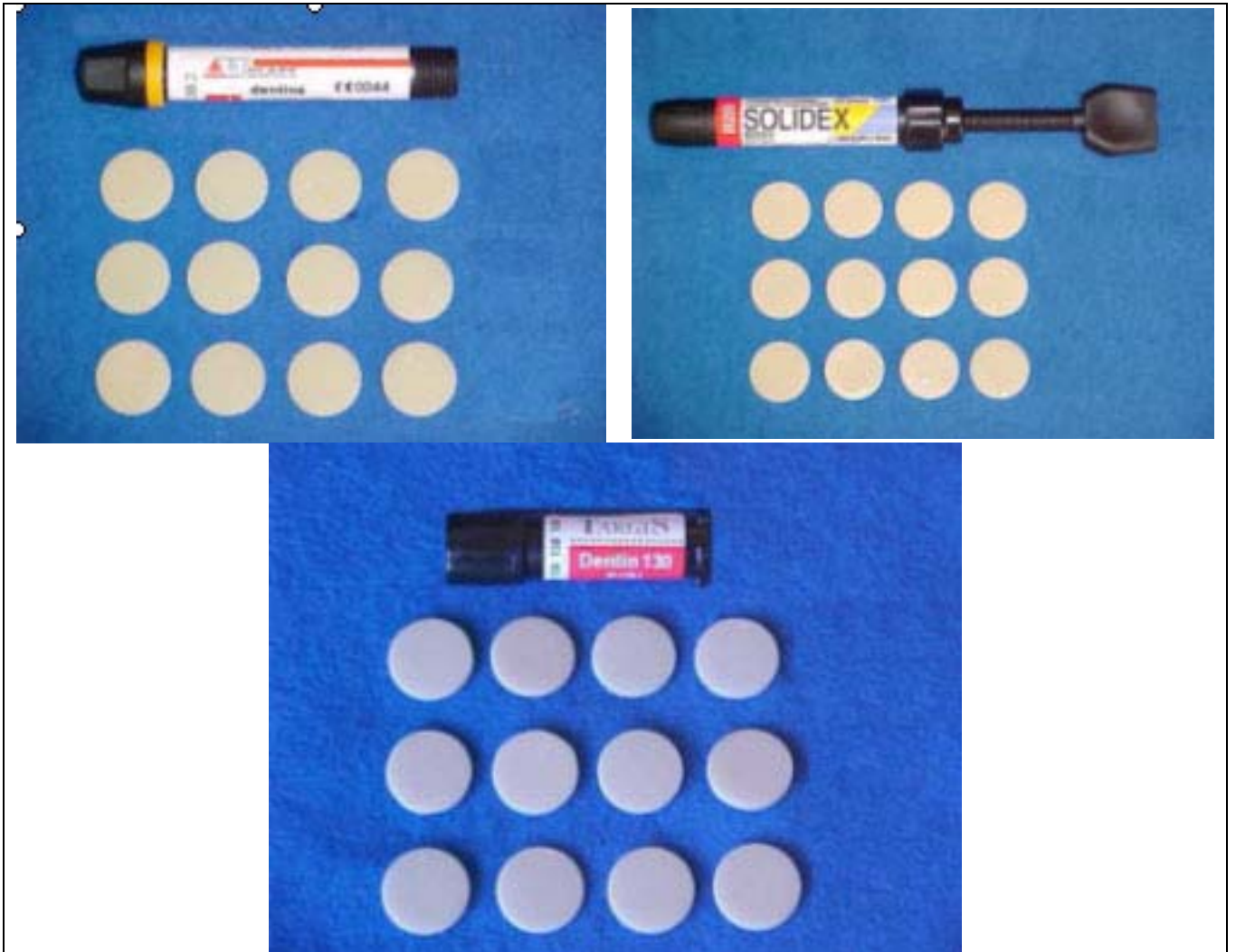


Fig. 05. Corpos-de-prova obtidos com as resinas Artglass, Solidex, Targis.

4. 4. Realização dos ensaios

4.4.1. Análise de rugosidade

Para análise dessa característica, foi utilizado o Rugosímetro Surfcorde SE 1700, (Kosakalab - Tokio, Japan). Este aparelho permite a análise das condições rugosimétricas da superfície e é composto de duas partes principais:

-Unidade Programadora de Controle e Registro da Leitura – encontra-se nessa unidade os comandos para o acionamento do aparelho e também o seletor do programa a ser utilizado. No controle, através do λc (*meter cut-off*), 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 Percursora de Leitura – Compõe-se de um motor e uma agulha. Esta, ao ser movimentada, fará a sondagem da superfície selecionada de acordo com o programa pré-estabelecido. A unidade motora é fixa a uma haste vertical que, por sua vez se prende a uma base sólida de granito, oferecendo estabilidade ao conjunto. A base de granito fica paralela à unidade motorizada sendo passível, o último conjunto, de regulação no sentido vertical e horizontal.

A leitura obtida de determinada superfície é exposta no *display* do controle. A agulha de leitura do rugosímetro percorria a distância de 1,25 mm (*meter cut-off*) em cada medida sobre o corpo-de-prova a uma velocidade de 0,100 mm/s.

Ao ser acionado o aparelho, a agulha é movimentada em uma única direção e detecta as irregularidades da superfície. Essas irregularidades correspondem aos picos, vales e ondas. Desta forma, obtêm-se um valor que constituirá a rugosidade média (ou R_a) das superfícies. Este valor será definido como a média dos afastamentos do *pick-up* tanto para cima como para baixo, em relação a uma linha central (LEITÃO; HEGDAHL, 1981).

A agulha de leitura do rugosímetro foi corretamente posicionada sobre cada corpo-de-prova, realizando três leituras em locais diferentes da superfície da amostra (Fig. 06a e 06b.). Após as três leituras, o próprio aparelho fornecia os

valores médios de rugosidade da superfície. Estes valores foram considerados os valores iniciais ou controle.

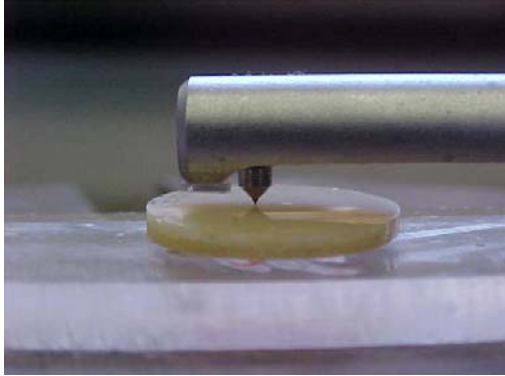


Fig. 06a. Posição inicial da agulha sobre o corpo-de-prova.

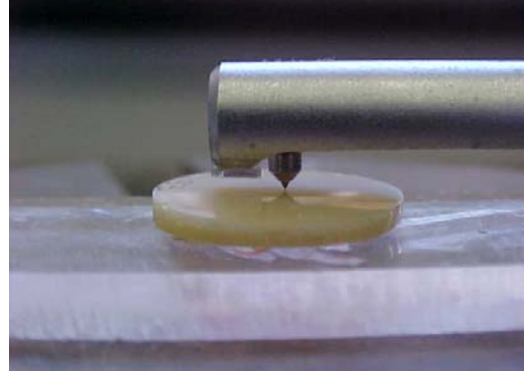


Fig. 06b. Posição final.

Após o processo de envelhecimento acelerado, novas leituras de rugosidade de superfície foram realizadas seguindo a mesma metodologia, com o objetivo de avaliar a superfície da resina indireta antes e após ser submetida ao processo de envelhecimento.

4.4.2. Espectrofotometria colorimétrica

Para verificar as alterações de cor sofridas pelas resinas indiretas submetidas ao processo de envelhecimento acelerado foi utilizado o Espectrofotômetro PCB 6807 BYK GARDNER (Geretsried, Alemanha, Fig. 07).



Fig. 07. Espectrofotômetro PCB 6807 BYK GARDNER.

Após a leitura de rugosidade das amostras, estas eram submetidas à primeira leitura da cor, sendo colocadas sobre o bloco de fundo padrão branco (Standart for 45°, 0° Reflectance and Color Gardner Laboratory Inc. Bethesda, Maryland 20014, Fig. 08).

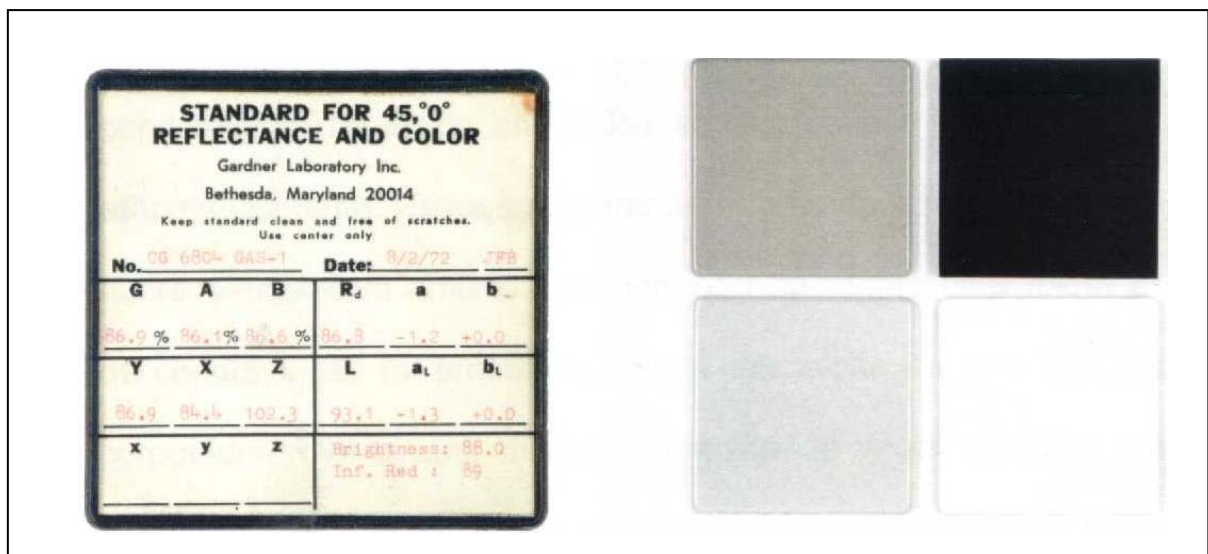


Fig. 08. Bloco de fundo padrão (Standart For 45°, 0° Reflectance and Color Gardner Laboratory Inc. Bethesda, Maryland 20014).

O padrão de observação simulado pelo colorímetro Espectrofotométrico segue o sistema CIE $L^*a^*b^*$, recomendado pela CIE (Comissão Internationale de l'Éclairage) e amplamente usado atualmente. Este consiste de dois eixos a^* e b^* , que possuem ângulos retos e representam a dimensão da tonalidade ou cor. O terceiro eixo é a luminosidade L^* . Este é perpendicular ao plano a^*b^* . Com este sistema qualquer cor pode ser especificada com as coordenadas L^* , a^* , b^* (Fig. 09).

Em seguida, as amostras eram acopladas sob o Espectrofotômetro e após o acionamento, 30 lâmpadas LED, com 10 cores diferentes, dispostas de forma circular, acendem e incidem 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.

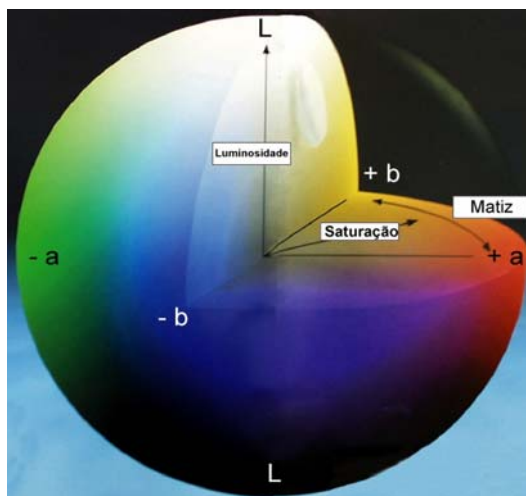


Fig. 09. Sistema de coordenadas de cores CIE $L^*a^*b^*$.

Após 384 horas de ação de envelhecimento acelerado (ABRÃO, 1990), os corpos-de-prova eram 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:

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

Valores de $\Delta E \geq 3,3$ são considerados clinicamente inaceitáveis (RUYTER et al., 1987).

4.4.3. Envelhecimento artificial acelerado

O sistema de envelhecimento acelerado simula forças da natureza predizendo a durabilidade relativa dos materiais expostos às intempéries. A chuva e a neblina são simuladas por processo de condensação de água destilada saturada e oxigênio auto gerado pelo sistema. Os efeitos da luz do sol, onde apenas 1% da radiação provoca degradação, são simuladas por uma rede de oito fontes de luz UV-B composta por tubos fluorescentes de 40 watts com emissão concentrada na região ultravioleta B, com radiação concentrada em 280/320nm como na natureza. A temperatura de exposição é automaticamente controlada de acordo com os programas estabelecidos para ciclos UV/condensação.

As amostras foram colocadas no aparelho de Sistema Acelerado de Envelhecimento para não-metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas Ltda, São Paulo, Brasil) (Fig. 10) sob ação de luz UV e de condensação, as quais foram acionadas em ciclos separados repetidos sucessiva e automaticamente. O processo de condensação foi produzido com a exposição de uma das superfícies dos corpos-de-prova a uma mistura aquecida de vapor de água saturada de ar enquanto que o

lado oposto da amostra foi utilizado para sua aderência às placas metálicas que as sustentavam.

Para a utilização do sistema de envelhecimento acelerado para não metálicos C-UV, seguiu-se a norma ASTM-G-53.



Fig. 10. Sistema Acelerado de Envelhecimento para não-metálicos C-UV (Comexim Matérias Primas, Ltda.).

Os corpos-de-prova foram aderidos às placas fixadoras do aparelho utilizando-se silicone indicado para tal, e levados à câmara de condensação frente à fonte de luz, numa distância de 50mm desta (Fig. 11). O programa de funcionamento fixado foi de 4 horas de exposição à UV-B a 50° C e 4 horas de condensação a 50° C e o tempo máximo de envelhecimento de 384 horas (ABRÃO, 1990).

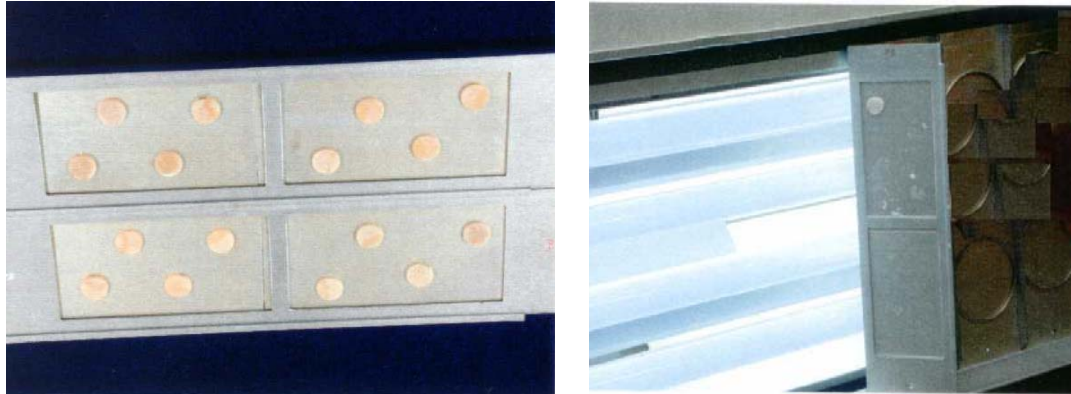


Fig. 11. Corpos-de-prova aderidos às placas fixadoras.

Desta forma, em poucos dias ou semanas, o C-UV pode produzir degradações que ocorreriam em meses ou anos (AGNELLI, 2003; AGNELLI, 1994). Estas degradações podem ser observadas como perda de brilho, aparecimento de trincas, bolhas, descoloração, etc.

Após o envelhecimento, os corpos-de-prova foram novamente submetidos ao processo de leitura de cor e de rugosidade por meio do espectrofotômetro e rugosímetro, respectivamente.

5.1. Alteração de cor

Após a obtenção dos corpos-de-prova, os mesmos foram submetidos à leitura de cor através do Espectrofotômetro e acondicionados na máquina de envelhecimento artificial acelerado. Terminado o procedimento de envelhecimento, as amostras foram novamente submetidas à leitura de cor. Para avaliação de alteração de cor (ΔE) foi realizada comparação pareada dos valores espectrofotométricos no mesmo corpo-de-prova antes e depois do envelhecimento.

A seguir serão apresentados os resultados de leitura de cor antes e após o procedimento de envelhecimento artificial acelerado para cada resina indireta testada (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2 - Resultado da colorimetria das amostras da resina Artglass antes e após o envelhecimento artificial acelerado.

	ANTES			APÓS						
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
1	72,17	1,44	19,94	73,49	2,09	18,22	1,32	0,65	-1,71	2,25
2	72,14	1,23	19,98	73,64	2,23	18,03	1,5	1	-1,95	2,65
3	72,16	1,41	19,16	73,68	1,81	15,87	1,51	0,4	-3,28	3,63
4	72,48	1,43	19,67	73,26	2,12	18,38	0,77	0,68	-1,28	1,64
5	71,94	1,48	19,43	73,75	1,92	14,83	1,81	0,44	-4,59	4,95
6	72,73	1,47	19,58	74,29	2,2	16,08	1,55	0,73	-3,49	3,88
7	71,41	1,6	19,25	73,08	1,99	15,78	1,67	0,38	-3,47	3,86
8	71,77	1,6	19,66	73,77	2,3	14,8	2	0,7	-4,86	5,3
9	71,94	1,38	19,9	73,54	2,17	17,72	1,6	0,79	-2,18	2,81
10	71,32	1,57	18,87	72,85	1,86	17,07	1,53	0,29	-1,79	2,37
11	72,13	1,46	19,41	72,97	1,99	18,7	0,83	0,53	-0,7	1,2
12	72,1	1,48	19,7	72,07	1,84	21,09	-0,02	0,35	1,38	1,42

Tabela 3 - Resultado da colorimetria das amostras da resina Solidex antes e após o envelhecimento artificial acelerado.

	ANTES			APÓS						
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
1	72,74	4,23	22,24	71,38	3,42	26,4	-1,35	-0,8	4,15	4,43
2	72,37	4,19	21,93	70,85	3,37	26,3	-1,42	-0,81	4,04	4,69
3	71,56	4,11	21,17	70,22	3,28	25,3	-1,34	-0,83	4,15	4,43
4	71,36	4,26	21,23	70,07	3,29	25,3	-1,28	-0,96	4,02	4,32
5	71,22	4,18	20,87	69,84	3,31	25,1	-1,37	-0,87	4,18	4,48
6	71,12	4,17	20,72	69,83	3,23	24,7	-1,29	-0,93	4,01	4,31
7	71	4,16	20,86	69,77	3,22	24,6	-1,23	-0,94	3,76	4,06
8	71,65	4,09	21,45	70,42	3,29	25,3	-1,23	-0,8	3,85	4,12
9	72,5	3,95	22,24	71,25	3,25	26,4	-1,25	-0,7	4,17	4,4
10	71,51	4,23	21,2	70,29	3,38	25,4	-1,22	-0,85	4,2	4,45
11	71,18	4,1	21,45	70,1	3,33	25,5	-1,08	-0,77	4,03	4,24
12	71,23	4,25	20,48	70,43	3,36	24,1	-0,79	-0,89	3,65	3,83

Tabela 4 - Resultado da colorimetria das amostras da resina Targis antes e após o envelhecimento artificial acelerado.

	ANTES			APÓS						
	L^*	A^*	b^*	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
1	70,19	3,2	19,96	72,13	2,87	19,1	1,93	-0,33	-0,84	2,13
2	70,09	3,33	20,33	71,89	3,03	18,9	1,79	-0,29	-1,43	2,3
3	69,38	2,83	18,97	72,16	2,75	17,1	2,77	-0,08	-1,83	3,32
4	69,62	3,11	18,21	72,25	2,72	17,2	2,62	-0,39	-1,04	2,84
5	70,08	3,39	18,67	72,1	2,98	19,2	2,02	-0,4	0,52	2,12
6	69,29	2,77	18,81	71,83	2,34	16,5	2,53	-0,43	-2,28	3,43
7	69,15	3,08	17,57	71,4	2,59	17,1	2,24	-0,48	-0,48	2,34
8	69,46	2,95	19,06	72,15	2,67	17,4	2,68	-0,27	-1,66	3,16
9	69,53	3,04	19,49	71,78	2,73	18	2,25	-0,3	-1,44	2,68
10	69,85	3,35	18,61	71,82	2,94	20,4	1,96	-0,4	1,73	2,64
11	69,59	2,86	18,68	71,4	2,44	16,9	1,8	-0,41	-1,77	2,55
12	69,35	3,27	18,33	71,33	2,65	19,4	1,97	-0,61	1,05	2,31

Todas as resinas indiretas submetidas ao processo de envelhecimento artificial acelerado apresentaram alterações de cor (Fig. 12).

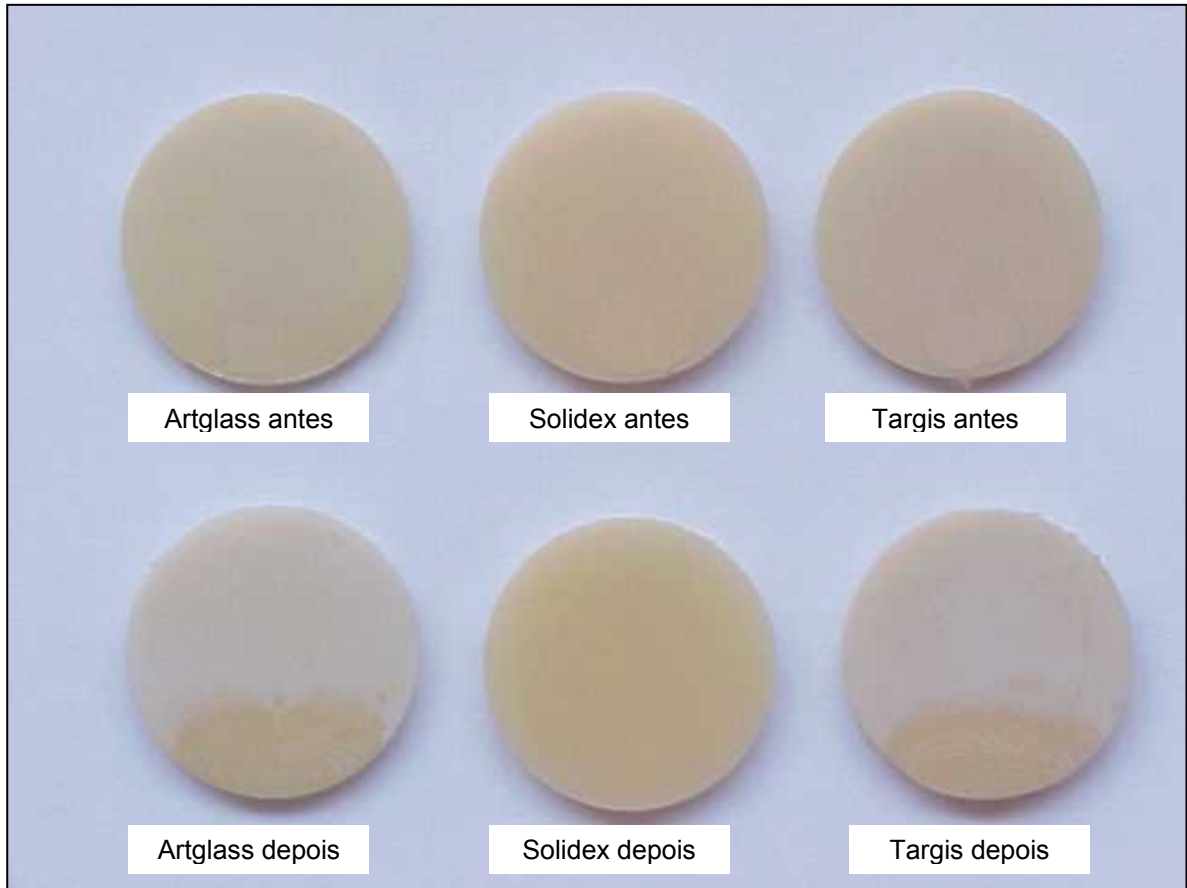


Fig.12. Corpos-de-prova antes e depois do envelhecimento artificial acelerado.

Em relação aos materiais testados, a resina Solidex foi a que apresentou maior valor de alteração de cor ($\Delta E = 4,31 \pm 0,226$), sendo este valor estatisticamente diferente ($p < 0,01$) das outras resinas testadas (Figs. 13a. e b.). Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre as alterações de cor das resinas Artglass ($\Delta E = 2,99 \pm 1,338$) e Targis ($\Delta E = 3,01 \pm 0,862$) (Tabela 5, Figs. 13a e 13b).

Tabela 5 - Média e desvio padrão dos valores de ΔE das resinas indiretas após o envelhecimento artificial acelerado.

Resinas	ΔE
Artglass	2,99 ($\pm 1,33$) a
Solidex	4,31 ($\pm 0,22$) b
Targis	3,01 ($\pm 0,86$) a

Mesma letra: similaridade estatística.

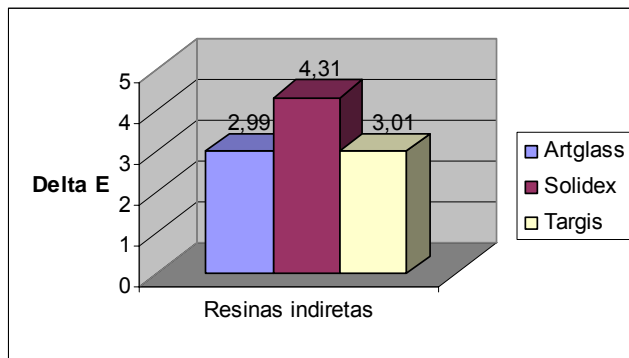


Fig.13a. Média dos valores de ΔE das resinas após envelhecimento artificial acelerado.

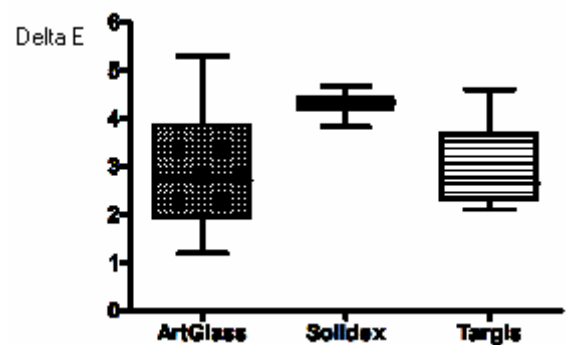


Fig. 13b. Média e desvio padrão dos valores de ΔE das resinas após envelhecimento.

Nessa parte dos resultados serão avaliadas as alterações de cor de cada resina indireta para cada um dos valores apresentados no sistema de coordenadas de cor CIE $L^*a^*b^*$ comparando os valores iniciais de cor com os valores após o envelhecimento artificial acelerado.

Para o valor L^* que, no sistema de coordenadas de cores CIE $L^* a^* b^*$, representa a variação de cor entre preto ($L=0$) e branco ($L=100$), pode-se detectar que todas as resinas tiveram seus valores alterados com valor estatisticamente significativo ($p < 0,001$) após o envelhecimento artificial acelerado.

A resina Artglass e Targis apresentaram aumento do valor L^* , o que significa aumento da cor branca, mas cada uma variou de forma diferente. Já a resina Solidex apresentou diminuição do valor L^* após o envelhecimento, caracterizando escurecimento da resina (Tabela 6, Fig. 14).

Tabela 6 - Valores de L^* antes e depois do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para as resinas testadas.

Resinas	antes	depois
<i>Artglass</i>	72,02 ($\pm 0,3963$) a	73,36 ($\pm 0,5698$) b
<i>Solidex</i>	71,62 ($\pm 0,589$) a	70,37 ($\pm 0,5356$) c
<i>Targis</i>	69,63 ($\pm 0,3442$) d	71,85 ($\pm 0,3261$) a

Mesma letra: similaridade estatística.

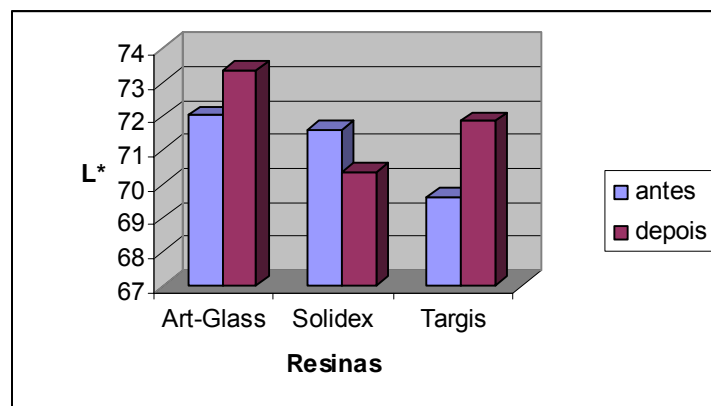


Fig. 14. Valores médios de L^* , antes e depois do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para as resinas Artglass, Solidex e Targis.

Para o valor a^* do sistema de cores CIE $L^* a^* b$, que representa a variação de tonalidade de cor entre o vermelho e verde, pôde-se detectar que todas as resinas

tiveram seus valores alterados com valor estatisticamente significativo ($p < 0,001$) após o envelhecimento artificial acelerado.

A resina Artglass apresentou aumento do valor a^* , caracterizando aumento de tom vermelho das amostras. Já as resinas Solidex e Targis apresentaram diminuição desse valor mostrando perda de tom vermelho nas amostras (Tabela 7, Fig. 15).

Tabela 7 - Valores de a^* antes e depois do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para as resinas testadas.

Resinas	Antes	depois
<i>Artglass</i>	1,463($\pm 0,1023$) a	2,043($\pm 0,1651$) b
<i>Solidex</i>	4,16($\pm 0,0876$) c	3,311($\pm 0,0627$) d
<i>Targis</i>	3,098($\pm 0,2141$) e	2,726($\pm 0,2094$) f

Mesma letra: similaridade estatística.

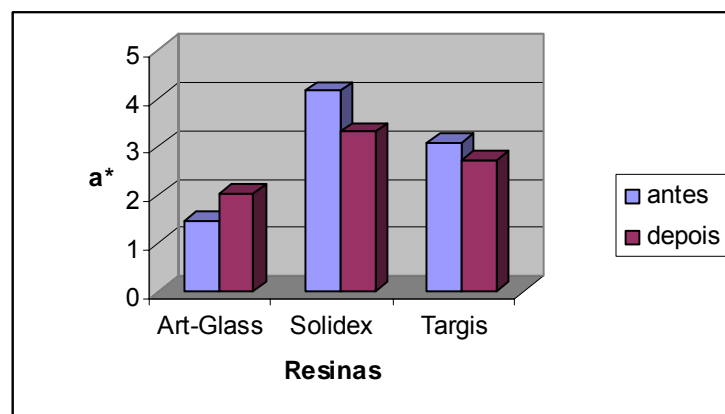


Fig. 15. Valores médios de a^* , antes e depois do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para as resinas Artglass, Solidex e Targis.

O valor b^* no sistema de cores CIE $L^* a^* b^*$, representa a variação de tonalidade entre amarelo e azul. As resinas Artglass e Solidex apresentaram diferença de cor para o valor b^* estatisticamente diferente ($p < 0,01$) entre antes e

após o procedimento de envelhecimento acelerado. Já a resina Targis não apresentou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) (Tabela 8, Fig. 16).

A resina Artglass apresentou diminuição do valor b^* , caracterizando perda da cor amarela da resina. A resina Solidex apresentou aumento do valor b^* , mostrando que as amostras amarelaram após o envelhecimento artificial acelerado.

Tabela 8 - Valores de b^* antes e depois do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para as resinas testadas.

Resinas	antes	depois
<i>Artglass</i>	19,55 ($\pm 0,3368$) a	17,21 ($\pm 1,839$) b
<i>Solidex</i>	21,32 ($\pm 0,5739$) c	25,37 ($\pm 0,7228$) d
<i>Targis</i>	18,89 ($\pm 0,7574$) a	18,1 ($\pm 1,248$) a

Mesma letra: similaridade estatística.

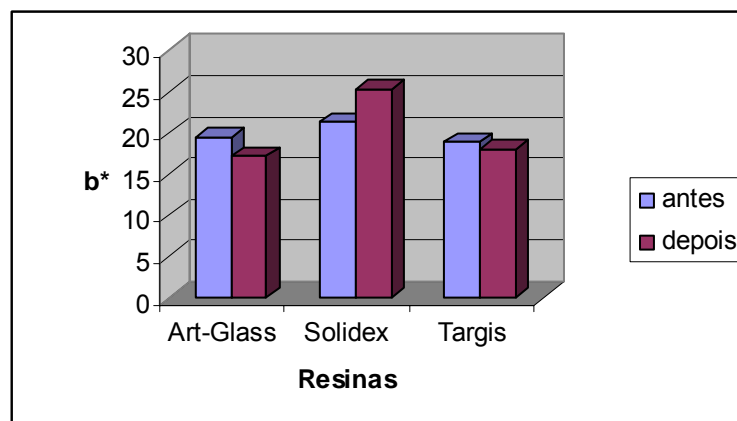


Fig. 16. Valores médios de b^* , antes e depois do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para as resinas Artglass, Solidex e Targis.

Todos os corpos-de-prova, para as três resinas indiretas testadas (Artglass, Solidex e Targis) foram confeccionados com a mesma cor de resina: cor B para

dentina. Nessa parte dos resultados foram comparados os valores de L^* , a^* e b^* antes do envelhecimento artificial acelerado para a avaliação de similaridade de cor entre as diferentes marcas de resina. Com a análise estatística observou-se que as diferentes marcas de resina apresentam diferenças de cor segundo os valores L^* , a^* e b^* (Tabelas 9, 10 e 11).

Para o valor L^* , que representa a luminosidade do objeto, observou-se que as resinas Artglass e Solidex apresentaram valores semelhantes entre si ($p > 0,05$). A resina Targis apresentou valor de L^* inicial estatisticamente diferente das demais ($p < 0,001$), representando o menor valor de L^* , com menor luminosidade (Tabela 9, Fig. 17).

Tabela 9 - Comparação dos valores de L^* entre as resinas antes do envelhecimento artificial acelerado.

Resinas	P*
Artglass vs Solidex	$P > 0,05$
Artglass vs Targis	$P < 0,001$
Solidex vs Targis	$P < 0,001$

*P. calculado pelo teste de comparação múltipla de Tukey.

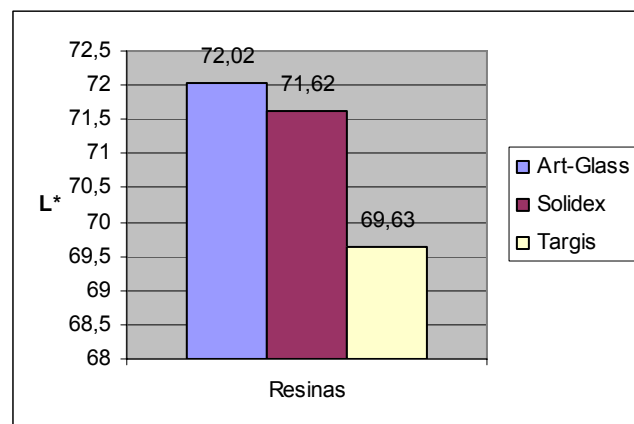


Fig. 17. Valores médios de L^* antes do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para cada resina testada.

Apesar de todas resinas serem da cor B, os valores de a^* (verde – vermelho) são estatisticamente diferentes ($p < 0,001$) entre as três marcas de resinas indiretas (Tabela 10, Fig. 18).

Tabela 10 - Comparação dos valores de a^* entre as resinas antes do envelhecimento artificial acelerado.

Resinas	P*
Artglass vs Solidex	$P < 0,001$
Artglass vs Targis	$P < 0,001$
Solidex vs Targis	$P < 0,001$

*P. calculado pelo teste de comparação múltipla de Tukey.

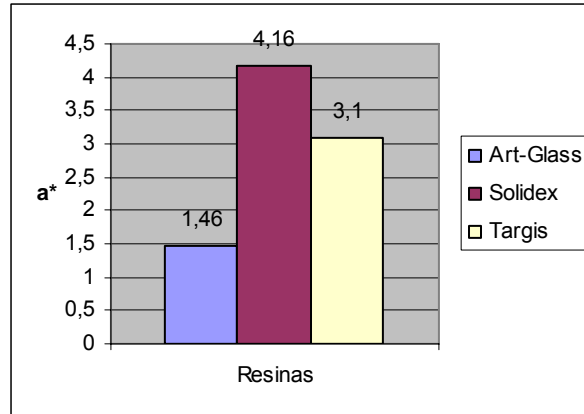


Fig. 18. Valores médios de a^* antes do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para cada resina testada.

Para o valor b^* (azul – amarelo) do sistema CIE $L^* a^* b^*$, houve diferença estatisticamente significante entre as três resinas, sendo a resina Solidex a que apresentou maior diferença dentre as resinas ($p < 0,001$). A resina Solidex apresentou

o maior valor b^* inicial, diferenciando-se das outras resinas ($p < 0,001$), caracterizando a cor mais amarelada dessa resina (Tabela 11, Fig. 19).

Tabela 11 - Comparação dos valores de b^* entre as resinas antes do envelhecimento artificial acelerado.

Resinas	P*
Artglass vs Solidex	P<0,001
Artglass vs Targis	P<0,05
Solidex vs Targis	P<0,001

*P. calculado pelo teste de comparação múltipla de Tukey.

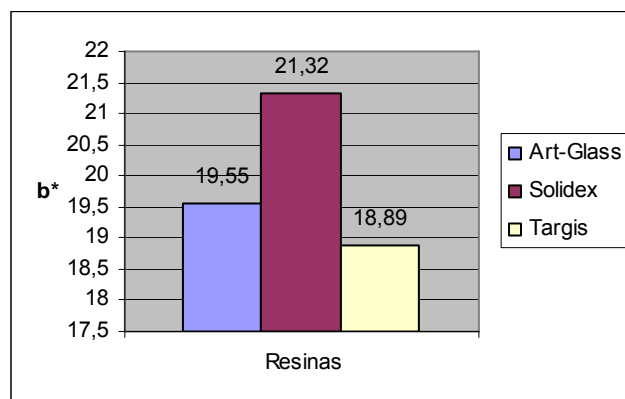


Fig. 19. Valores médios de b^* antes do procedimento de envelhecimento artificial acelerado para cada resina testada.

5.2. Rugosidade

Os testes de rugosidade foram realizados após espectrofotometria, antes dos corpos-de-prova serem acondicionados na máquina de envelhecimento artificial acelerado. Terminado o procedimento de envelhecimento, as amostras foram novamente submetidas à leitura de cor e posteriormente à nova leitura de rugosidade. Para avaliação de alteração de rugosidade foi realizada comparação

pareada dos valores de rugosidade no mesmo corpo-de-prova antes e depois do envelhecimento.

A seguir serão apresentados os resultados de leitura de rugosidade antes e após o procedimento de envelhecimento artificial acelerado para cada resina indireta testada (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultado das leituras de rugosidade média superficial antes e após o procedimento de envelhecimento artificial acelerado para as resinas testadas.

	ARTGLASS		SOLIDEX		TARGIS	
	<i>antes</i>	<i>após</i>	<i>antes</i>	<i>após</i>	<i>antes</i>	<i>após</i>
1	0,0932	0,1172	0,0627	0,091	0,0843	0,2601
2	0,1017	0,1318	0,0799	0,0858	0,0946	0,099
3	0,1158	0,1734	0,0837	0,1078	0,0936	0,109
4	0,1072	0,137	0,0814	0,0843	0,0961	0,1748
5	0,1164	0,1952	0,0745	0,0777	0,0924	0,1342
6	0,1295	0,132	0,0837	0,0842	0,0885	0,1182
7	0,0875	0,1478	0,0772	0,0817	0,0806	0,1305
8	0,0977	0,1522	0,0889	0,093	0,1129	0,2601
9	0,0863	0,1137	0,0819	0,0884	0,0797	0,1292
10	0,091	0,144	0,083	0,0837	0,0882	0,1263
11	0,1088	0,1532	0,0696	0,0862	0,0959	0,1286
12	0,0843	0,0988	0,0865	0,0975	0,1001	0,11

Avaliando os valores médios de rugosidade (Ra) antes e após o envelhecimento artificial acelerado pôde-se observar que após o envelhecimento, as amostras apresentaram um aumento de rugosidade (Fig. 20a e 20b).

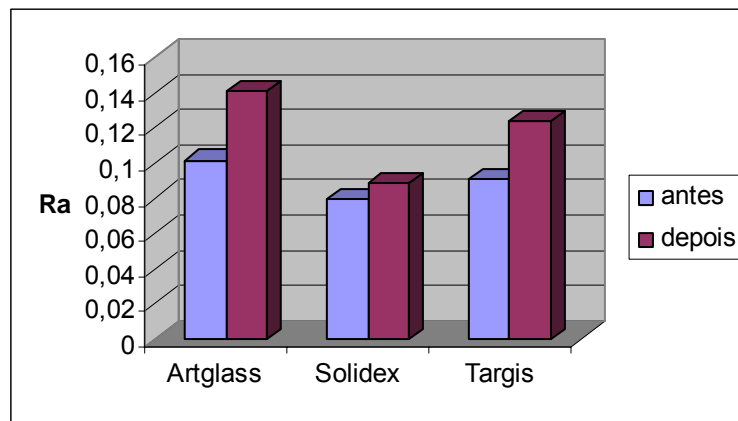


Fig. 20a. Valores médios de rugosidade Ra para as resinas testadas, antes e após o envelhecimento artificial acelerado.

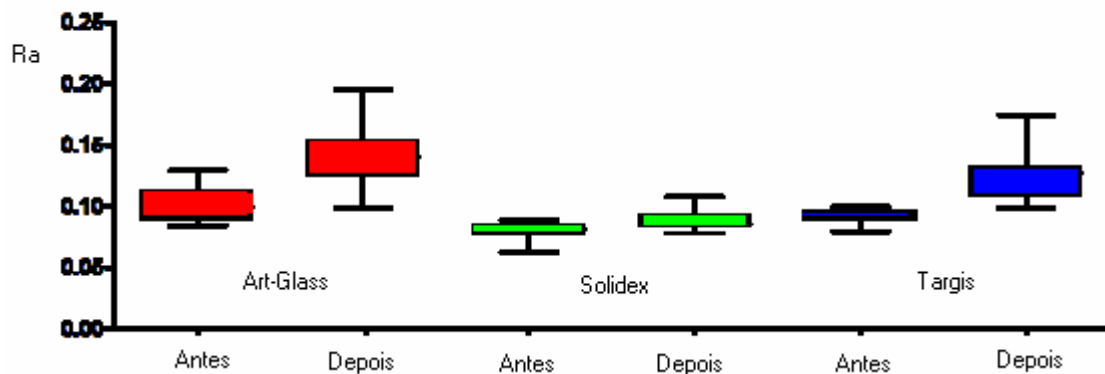


Fig. 20b. Valores médios e desvio padrão de rugosidade Ra para as resinas testadas, antes e após o envelhecimento artificial acelerado.

Analisando os resultados pode-se avaliar que as resinas Artglass e Targis foram as que sofreram maiores alterações de superfície, apresentando valores de aumento de rugosidade estatisticamente significante após o envelhecimento artificial

acelerado ($p < 0,001$). A resina Solidex teve aumento de rugosidade, mas não estatisticamente significativa ($p > 0,05$) (Tabela 13).

Tabela 13 - Comparação dos valores de rugosidade Ra de cada resina antes e depois do procedimento de envelhecimento artificial acelerado.

Resinas	P*
Artglass antes vs Artglass depois	$P < 0,001$
Solidex antes vs Solidex depois	$P > 0,05$
Targis antes vs Targis depois	$P < 0,001$

*P. calculado pelo teste de comparação múltipla de Tukey.

Avaliando a rugosidade entre as resinas antes das amostras serem envelhecidas, observou-se não haver diferença estatisticamente significativa de lisura entre elas ($p > 0,05$) (Fig. 21).

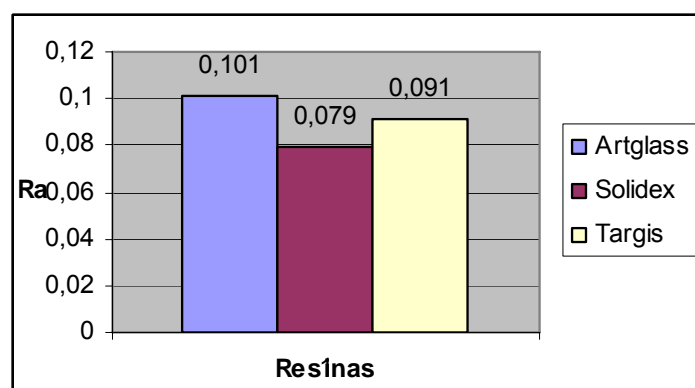


Fig. 21. Valores médios de rugosidade das resinas testadas antes do envelhecimento artificial acelerado.

Comparando os valores de rugosidade (Ra) entre as amostras de resinas testadas após o procedimento de envelhecimento artificial acelerado, observou-se

que a resina Solidex apresentou um padrão de rugosidade estatisticamente diferente das resinas Artglass e Targis ($p < 0,001$), com o menor valor de rugosidade entre as três (Fig. 22).

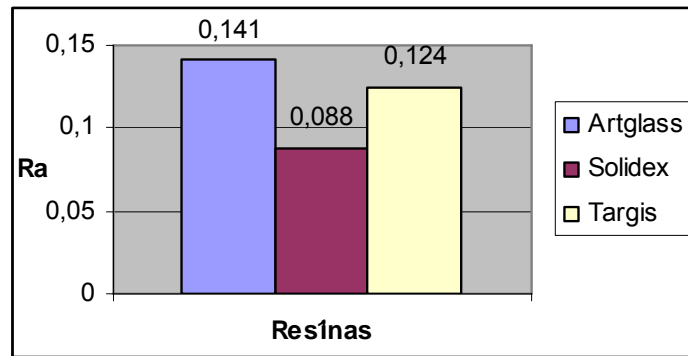


Fig. 22. Valores médios de rugosidade das resinas testadas após o envelhecimento artificial acelerado.

6.1. Alteração de Cor

O processo de envelhecimento artificial acelerado simula os efeitos de exposição às condições ambientais por um longo período através de processos que envolvem a exposição à luz UV e alterações na temperatura e umidade. O processo foi originalmente elaborado para determinar como produtos comerciais, tintas automotivas, por exemplo, reagiriam à exposição às condições ambientais. No entanto, o envelhecimento artificial acelerado foi adotado para testar a estabilidade de cor de resinas desde 1978 (POWERS et al.).

A estabilidade de cor das resinas pode ser alterada por três tipos de descoloração, geralmente descritos (HÖRSTED-BINDSLEV; MJÖR, 1988): 1) descolorações intrínsecas devido a reações físico-químicas nas porções profundas da restauração; 2) alterações na superfície ou sub-superfície implicando em degradação; 3) descolorações externas devido ao acúmulo de placa e manchas. Esse último mecanismo não foi testado nesse estudo com o envelhecimento artificial acelerado.

Para a observação e registro de valores de alteração de cor das resinas estudadas após o envelhecimento artificial acelerado foi utilizado o sistema de coordenadas de cor CIE $L^*a^*b^*$. Esse sistema utiliza três coordenadas - L^* , a^* e b^* - para definir as cores. A coordenada L^* representa a luminosidade, a variação de cor entre preto ($L=0$) e branco ($L=100$). Já as coordenadas a^* e b^* representam a escala cromática, sendo que o valor a^* determina as variações entre vermelho ($+a^*$) e verde ($-a^*$); e o valor b^* , as variações entre amarelo ($+b^*$) e azul ($-b^*$). Utilizando esses valores obtém-se, através da fórmula de ΔE a alteração de cor total dos espécimes estudados após serem submetidos às condições experimentais.

Vários autores documentaram que valores de ΔE entre 2 – 3 são perceptíveis a olho nu (NOIE et al., 1995; DORAY et al., 1997) e que valores de ΔE maiores que 3,3 são clinicamente inaceitáveis (RUYTER et al., 1987). Observando esses conceitos, os resultados desse estudo demonstraram que as resinas indiretas de segunda geração Targis e Artglass apresentaram alteração de cor perceptível, mas não inaceitável, já que sofreram alterações de cor de 2,7 e 2,99 unidades de ΔE , respectivamente. Já a resina indireta Solidex apresentou a maior instabilidade de cor com ΔE médio igual a 4,31 valor crítico de alteração de cor à percepção visual.

Schulze et al. (2003), avaliaram a estabilidade de cor de resinas compostas de aplicação direta após envelhecimento artificial acelerado e observaram que as resinas com menor quantidade de partículas inorgânicas de carga sofreram maior alteração de cor. O mesmo foi observado no presente experimento. Os resultados demonstraram que a resina Solidex, com apenas 53% de partículas inorgânicas em peso (39% em volume) apresentou a maior alteração de cor, seguida pela resina Artglass, que apresenta 72% de partículas inorgânicas em peso (58% em volume). A resina Targis, que apresentou maior estabilidade de cor, mas que não foi estatisticamente diferente da resina Artglass, apresenta um conteúdo de 80% de partículas inorgânicas em peso (68% em volume), a maior quantidade de conteúdo inorgânico. Vichi et al. (2004), também observaram o mesmo comportamento nas resinas compostas diretas. Houve uma maior estabilidade de cor para a resina composta Z-100 com 66% de partículas inorgânicas em peso, quando comparada às resinas Tetric-Ceram (60%) e Spectrum TPH (57%).

As variações nos valores de L^* , a^* e b^* após o envelhecimento artificial acelerado foram específicos para cada resina testada. A resina Solidex apresentou diminuição do valor L^* , tornando-se mais escura, e com aumento do valor b^* ,

amarelado após o envelhecimento. O valor a^* diminuiu, gerando o desbotamento da resina. Em estudos prévios de envelhecimento artificial acelerado, as primeiras formulações de resinas compostas, que apresentavam baixa quantidade de partículas de carga, apresentavam geralmente diminuição no valor (L^*) e aumento no croma (POWERS et al., 1978; POWERS et al., 1980). Noie et al. (1995), avaliaram a estabilidade de cor de cimentos resinosos, que apresentam baixa quantidade de partículas de carga, e observaram que após o envelhecimento artificial acelerado, as amostras apresentavam diminuição no valor (L^*) e aumento no croma, assim como ocorreu com a resina Solidex no presente estudo.

É claro que fatores envolvidos na porção orgânica podem gerar alteração de cor, como: diferença de alteração de cor entre as resinas indiretas testadas, como as diferenças químicas dos componentes da resina, a pureza dos oligômeros e monômeros, a concentração / tipo de ativadores, iniciadores, inibidores, a oxidação de ligações duplas de carbono não reagidas.

Utilizando resinas compostas para dentes posteriores, o envelhecimento artificial acelerado gerou aumento da luminosidade e diminuição do croma (POWERS et al., 1988). As resinas Targis e Artglass apresentaram um aumento na luminosidade (valor L^*) e diminuição nos valores de croma. A resina Artglass apresentou diminuição apenas para o valor b^* , perdendo tom amarelo. Já a resina Targis não apresentou diferença estatisticamente significativa para o valor b^* após o envelhecimento, continuando praticamente com o mesmo tom de amarelo, mas perdeu tom vermelho com a diminuição do valor a^* .

As resinas analisadas foram submetidas a uma avaliação de similaridade de cor antes do envelhecimento artificial acelerado, para observar se o matiz B para dentina apresentava a mesma cor nas diferentes marcas. Foi observado que todas

as resinas apresentaram valores de L*, a* e b* distintos entre si, mostrando que mesmo as resinas sendo consideradas da mesma tonalidade pelo fabricante, essas apresentam diferenças que deveriam ser mais bem controladas pelas indústrias. Reis (2003), analisando resinas compostas diretas para dentes posteriores também observou diferenças de cor para as resinas de mesmo matiz, mas de marcas diferentes.

6.2. Rugosidade

As alterações de rugosidade causadas após o envelhecimento artificial acelerado podem ser causadas pelo lixiviamento da superfície das resinas (POWERS et al., 1980) e podem ser influenciadas pelo tamanho e composição das partículas de carga (TANOUE et al., 2000).

Durante o processo de envelhecimento a matriz orgânica é deteriorada (REIS, 2003), expondo as partículas de carga das resinas. Após esse procedimento, todas as resinas testadas no presente estudo, apresentaram aumento na rugosidade. As resinas Artglass e Targis apresentaram os maiores valores de rugosidade após o envelhecimento artificial acelerado, enquanto que a resina Solidex mostrou valores de rugosidade estatisticamente menores que as outras resinas.

Segundo Touati; Aidan (1997), a resina Solidex é considerada como uma resina indireta intermediária entre as resinas indiretas de primeira e segunda geração. Não é considerada como uma resina de segunda geração, como as resinas Artglass e Targis, pois não apresenta todas as características de uma resina de segunda geração, como alta porcentagem de partículas inorgânicas, por exemplo.

Os resultados desse experimento demonstraram que apesar dos valores de rugosidade entre as resinas antes do envelhecimento não serem estatisticamente diferentes entre si, a resina Solidex já apresentava um valor numérico de Ra mais baixo que as outras resinas, demonstrando o melhor polimento de uma resina com menor quantidade de carga.

Assim, segundo Touati; Aidan (1997), a resina Solidex apresenta menor quantidade de partículas de carga em sua composição (53% de partículas inorgânicas em peso) quando comparada às resinas Artglass e Targis (72% e 80% partículas em peso, respectivamente). Dessa maneira, após o envelhecimento de sua estrutura, houve a exposição de partículas inorgânicas na superfície dos corpos-de-prova, como aconteceu com as resinas Artglass e Targis, porém em menor quantidade, devido ao seu maior volume de matriz. Com a deterioração da matriz dessas últimas resinas, muitas partículas ficaram expostas, gerando um aumento na rugosidade. Dados que concordam com os trabalhos de Mandikos et al. (2001) e Cho et al. (2002). Tanoue et al. (2000), encontraram valores maiores de Ra para Artglass do que para Targis.

A resina Solidex apresentou os menores valores numéricos de rugosidade, mas os maiores valores de alteração de cor. A rugosidade de restaurações está sempre correlacionada ao aumento de alteração de cor, isso ocorre principalmente quando hábitos alimentares e de higiene estão envolvidos no estudo. Com a rugosidade os pigmentos podem penetrar no interior dos compósitos com maior facilidade e serem mais difíceis de serem removidos. No experimento de envelhecimento artificial acelerado soluções corantes não estão presentes, e as alterações de cor são geradas, como já foi dito, pela deterioração dos próprios componentes da resina e da alteração de superfície dos corpos-de-prova.

A resina Solidex, que apresenta um volume de matriz resinosa de 61% enquanto a resina Artglass apresenta um volume de 42% e a resina Targis, de 32%, sofrerá maior alteração de cor. Isso ocorre porque essa resina apresenta uma maior quantidade de matriz orgânica, que se deteriora com o envelhecimento. As partículas inorgânicas são inertes, suas estruturas não são alteradas com as mudanças que ocorrem no ambiente bucal. Portanto, a maior quantidade de partículas de carga presente nas resinas Artglass e Targis beneficiará a estabilidade de cor dessas resinas, mas por outro lado, sendo a matriz orgânica deteriorada, maior número de partículas ficarão expostas e maior será a rugosidade superficial dessas restaurações.

Este estudo nos permitiu concluir que:

1. As resinas de mesmo matiz de fabricantes diferentes apresentaram cores diferentes antes de serem submetidas ao envelhecimento artificial acelerado.
2. Todas as resinas apresentaram alteração de cor após o procedimento de envelhecimento artificial acelerado.
3. Todas as resinas apresentaram aumento de rugosidade após o envelhecimento artificial acelerado.
4. A resina Solidex foi a resina que apresentou a menor alteração de rugosidade de superfície após o envelhecimento artificial acelerado.

Significância clínica

As resinas Artglass e Targis apresentaram alteração de cor dentro do limite aceitável ($\Delta E < 3,3$), não perceptível a olho nu.

A resina Solidex apresentou a maior alteração de cor dentre as resinas, sendo a alteração inaceitável clinicamente ($\Delta E > 3,3$).

- ABRÃO, W. Envelhecimento das resinas acrílicas para base de dentaduras nas condições extremas. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, 1990 (Tese).
- AGNELLI, J. A. M. Degradação, estabilização e envelhecimento de polímeros. São Carlos (Curso de Aperfeiçoamento em tecnologia de Polímeros); Universidade Federal de São Carlos, 2003.
- AGNELLI, J. A. M. Introdução a materiais poliméricos. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos (Apostila do Curso de Graduação em Engenharia de Materiais), 1994. 189 p.
- AL-HIYASAT, A. S.; SAUNDERS, W. P.; SHARKEY, S. W.; SMITH, G. M.; GILMOUR, W. H. Investigation of human enamel wear against four dental ceramics and gold. **J. Dent.**, v. 26, p. 487-95, 1998.
- AMEYE, C. LAMBRECHTS, P., VANHERLE, G. Conventional and microfilled composite resins. Part I: color stability and marginal adaptation. **J. Prosthet Dent.**, v. 46, p. 623-30, 1981.
- ANIL, N.; HEKIMOGLU, C.; SAHIN, S. The effect of accelerated aging on color stability of denture liners. **J. Oral Sci.**, v. 40, n. 3, p. 105-108, 1998.
- ASMUSSEN, E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. **Scand. J. Dent. Res.**, v. 90, p. 490-6, 1982.
- ASMUSSEN, E. Factors affecting the color stability of restorative resins. **Acta Odontol. Scand.**, v. 41, p. 11-18, 1983.
- ASMUSSEN, E.; HANSEN, E. K. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. **Scand. J. Dent. Res.**, v. 94, p. 174-7, 1986.
- BOTTINO, M. A.; QUINTAS, A. F.; MIYASHITA, E.; GIANNINI, V. **Metal Free – Estética em Reabilitação Oral**. São Paulo: Artes Médicas, 2001.
- BURROW, M. F.; MAKINSON, O. F. Color change in light-cured resins exposed to daylight. **Quintessence Int.**, v. 22, n. 6, p. 447-452, 1991.

- CÉSAR, P. F.; MIRANDA JR, W. G.; BRAGA, R.R. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. **J. Prosthet Dent.**, v. 86, n. 3, p. 289-296, 2001.
- CHAN, C.; WEBER, H. Plaque retention on teeth restored with full-ceramic crowns: a comparative study. **J. Prosthet. Dent.**, v. 56, p. 666-71, 1986.
- CHO, L. R.; YI, J.; HEO, S. J. Effect of tooth brushing and thermal cycling on a surface change of ceromers finished with different methods. **J. Oral Rehab.**, v. 29, p. 816-822, 2002.
- DAVIES, B. R.; MILLAR, B. J.; WOOD, D. J.; BULB, N. L. Strength of secondary-cured resin composite inlays repairs. **Quintessence Int.**, v. 28, n. 6, p. 415-419, 1997.
- De GEE, A. J.; HARKEL-HAGENAAR, E.; DAVIDSON, C. L. Color dye for identification of incompletely cured composite resins. **J. Prosthet. Dent.**, v. 52, p. 626-31, 1984.
- De GEE, A. J.; PALLAV, P. WERNER, A.; DAVIDSON, C. L. Annealing as a mechanism of increasing wear resistance of composites. **Dent. Mater.** , v. 6, p. 266-70, 1990.
- DIETSCHI, D.; CAMPANILE, G.; HOLZ, J.; MEYER, J.M. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. **Dent. Mater.**, v. 10, p. 353-362, 1994.
- DONLY, K. J.; JENSEN, M. E. TRIOLO, P.; CHAN, D. A clinical comparison of resin composite inlay and onlay posterior restorations and cast-gold restorations at 7 years. **Quintessence Int.**, v. 30, p. 163-8, 1999.
- DORAY, P. G.; WANG, X.; POWERS, J. M.; BURGESS, J. O. Accelerated aging affects color stability of provisional restorative materials. **J. Prosthodont.**, v. 6, n. 3, p. 183-188, 1997.
- DOUGLAS, D. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. **J. Prosthet. Dent.**, v. 83, n. 2 , p. 166-170, 2000.
- DOUGLAS, W. H.; CRAIG, R. G. Resistance to extrinsic stains by hydrophobic composite resin systems. **J. Dent. Res.**, v. 61, n. 1, p. 41-43, 1982.

- FERRACANE, J. L. MOSER, J. B. GREENER, E. H. Ultraviolet light- induced yellowing of dental restorative resins. **J. Prosthet. Dent.**, v. 54, p. 483-7, 1985.
- FERRACANE, J. L., CONDON, J. R. Post-cure heat treatments for composite properties and fractography. **Dent. Mater.**, v. 8, p. 290-5, 1992.
- FREITAS, C. R. B.; MIRANDA, M. I. S.; ANDRADE, M. F.; FLORES, V. H.; VAZ, L. G.; GUIMARÃES, N. C. Resistance to maxillary premolar fractures after restoration of class II preparations with resin composite or ceromer. **Quintessence Int.**, v. 33, n. 8, p. 589-594, 2002.
- FRUITS, I. J.; DUNCANSON JR, M. G.; MIRANDA, F. J. In vitro weathering of selected direct esthetic restorative materials. **Quintessence Int.**, v. 28, n. 6, p. 409-414, 1997.
- GÜRDAL, P.; AKDENIZ, B. G.; SEN, H. The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials. **J. Oral Rehab.**, v. 29, p. 895 – 901, 2002.
- HACKER, C. H.; WAGNER, W. C.; RAZZOG, M. E. An in vitro investigation of the wear of enamel on porcelain and gold in saliva. **J. Prosthet. Dent.**, v. 75, p. 14-7, 1996.
- HACHIYA, Y.; IWAKU, M.; HOSODA, H.; FUSAYAMA, T. Relation of finish to discoloration of composite resins. **J. Prosthet. Dent.**, v. 52, p. 811-4, 1984.
- HAYASHI, H.; MAEJIMA, K.; KEZUKA, K.; OGUSHI, K.; KONO, A.; FUSAYAMA, T. In vitro study of discoloration of composite resins. **J. Prosthet. Dent.**, v. 32, p. 66-9, 1974.
- HERSEK, N. E.; CANAY, S. R.; YÜKSEL, G. ERSIN, A. Color stability of provisional bridge resins. **J. Esthet. Dent.**, v. 8, n. 6, p. 284-289, 1996.
- HÖRSTED-BINDSLEV, P.; MJÖR, I. A. Esthetic restoration, In: **Modern concepts in operative dentistry**. Copenhagen: Munksgaard, p.190-246, 1988.
- ISIDOR, F.; BRONDUM, K. A clinical evaluation of porcelain inlays. **J. Prosthet. Dent.**, v. 74, n. 2, p. 140-144, Aug., 1995

- JANDA, R.; ROULET, J. F.; 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.**, v. 112, n. 3, p. 280-285, 2004.
- JIN, C.; NIKAWA, H.; MAKIHIRA, S.; HAMADA, T.; FURUKAWA, M., MURATA, H. Changes in surface roughness and colour stability of soft denture lining materials caused by denture cleansers. **J. Oral Rehab.**, v. 30, p. 125-130, 2003.
- JUNG, M.; WEHLEN, O.; KLIMEK, J. Finishing and polishing of indirect composite and ceramic inlays *in vivo*: occlusal surfaces. **Oper. Dent.**, v. 29, n. 2, p. 131-141, 2004.
- KHOKHAR, Z. A.; RAZZOG, M. E.; YAMAN, P. C. Color stability of restorative resins. **Quintessence Int.**, v. 22, n. 9, p. 733 -737, 1991.
- KOURTIS, S. G. Bond strenght of resin-to-metal bonding systems. **J. Prosthet. Dent.**, v. 78, p. 136-45, 1997.
- KREJCI, I.; LUTZ, F.; REIMER, M.; HEINZMANN, J. L. Wear of ceramic inlays, their enamel antagonists, and luting cements. **J. Prosthet. Dent.**, v. 69, p. 425-30, 1993.
- KROETZE, H. J., PLASSCHAERT, A. J., van't HOF, M. A., TRUIN, G. J. Prevalence and need for replacement of amalgam and composite restoration in Dutch adults. **Dent. Res.** v. 69, p. 1270-4, 1990.
- KU, C. W.; PARK, S. W.; YANG, H.S. Comparison of the fracture strengths of metal-ceramic crowns and three ceromer crowns. **J. Prosthet. Dent.**, v. 88, n. 2, p. 170-175, 2002.
- LEE, Y. K.; ZAWAHRY, M. E.; KHALED, M. N.; POWERS, J. M. Effect of mouthwash and accelerated aging on the color stability of esthetic restorative materials. **Am. J. Dent.**, v. 13, p. 159- 161, 2000.
- LEINFELDER, K. F.; SLUDER, T.B; STOCKWELL, C. L.; STRICKLAND, W. D.; WALL, J. T. Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative material. **J. Prosthet. Dent.**, v. 33, p. 407-16, 1975.
- LEITÃO, L.; HEGDAHL, T. On the measuring of roughness. **Acta Odontol. Scand.**, v. 39, n. 6, p. 379-84, Dec. 1981.

- MAIR, L. H. An investigation into the permeability of composite materials using silver nitrate. **Dent. Mater.**, v. 5, p. 109-14, 1989 a.
- MAIR, L. H. Surface permeability and degradation of dental composites resulting from oral temperature changes. **Dent. Mater.**, v. 5, p. 247-55, 1989 b.
- MAIR, L. H. Staining of in vivo subsurface degradation in dental composite with silver nitrate. **J. Dent. Res.**, v. 70, p. 215-20, 1991.
- MANDIKOS, M. N.; McGIVNEY, G. P.; DAVIS, E.; BUSH, P. J.; CARTE, M. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. **J. Prosthet. Dent.**, v. 85, n. 4, p. 386-395, 2001.
- MATSUMARA, H.; LEINFELDER, K. F. Three-body wear of four types of light-activated composite resin veneering material. **Quintessence Int.**, v. 25, p. 425-30, 1994.
- McLEAN, J. W. The science and art of dental ceramics. **Oper. Dent.**, v. 16, p. 149-56, 1991.
- NEVES, A. D.; DISCACCIATI, J. A. C.; ORÉFICE, R. L. JANSE, W. C. Correlação entre grau de conversão, microdureza e conteúdo orgânico em compósitos. **Pesq. Odont. Bras.**, v.16, n. 4, p. 349-354, 2002.
- NOIE, F.; O'KEEFE, K. L.; POWERS, J.M. Color stability of resin cements after accelerated aging. **Int. J. Prosthodont.**, v. 8, p. 51-55, 1995.
- POLYZOIS, G. F.; YANNIKAKIS, S. A. ZISSIS, A. J.; DEMETRIOU, P. P. Color changes of denture base materials after disinfection and sterilization immersion. **Int. J. Prosthodont.**, v.8, n. 1, p. 83-89, 1997.
- POWERS, J. M.; DENNISON, J. B.; KORAN, A. Color stability of restorative resins under accelerated aging. **J. Dent. Res.** v. 57, n. 11-12, Nov.-Dec., p. 964-970, 1978.
- POWERS, J. M.; FAN, P. L.; RAPTIS, C. N. Color stability of new composite restorative material under accelerated aging. **J. Dent. Res.**, v. 59, p. 2071-2074, 1980.

- POWERS, J. M.; FAN, P. L. Color stability and aging of plastic veneering materials. **J. Dent. Res.**, v. 60, n. 9, p. 1692-1696, September, 1981.
- POWERS, J. M.; BAKURAT, M.M.; OGURA, H. Color and optical properties of posterior composites under accelerated aging. **Dent. Mater.**, v. 1, p. 62-7, 1985.
- POWERS, J. M.; BAKUS, E. R.; GOLDBERG, A. J. In vitro color change of posterior composites. **Dent. Mater.**, v. 3, p. 151-4. 1988.
- QUALTROUGH, A. J. E.; WILSON, N. H. F. A 3-year clinical evaluation of a porcelain inlay system. **J. Dent.**, v. 24, n. 5, p. 317 – 323, 1996.
- RAMP, M. H.; SUZUKI, S.; COX, C. F.; LACEFIELD, W. R.; KOTH, D.L. Evaluation of wear:enamel opposing three ceramic materials and gold alloy. **J. Prosthet Dent.**, v. 77, p. 523-30, 1997.
- REIS, A. C. Envelhecimento artificial acelerado de resinas compostas – análise da superfície e estudo da alteração de cor por meio de colorímetro espectrofotométrico. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, 2003 (Tese Doutorado).
- ROSENTRITT, M.; ESCH, J.; BEHR, M.; LEIBROCK, A.; HANDEL, G. In vivo color stability of resin composite veneers and acrylic resin teeth in removable partial dentures. **Quintessence Int.**, v. 29, n. 8, p. 517-522, 1998.
- RUEGGERBERG, F. A.; MARGESON, D. H. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. **J. Dent. Res.**, v. 69, p. 1652-8, 1990.
- RUYTER, I. E.; NILNER, K.; MÖLLER, B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. **Dent. Mater.**, v. 3, p. 246-251, 1987.
- SATOU, N.; KHAN, A. M.; MATSUMAE, I, SATOU, J.; SHINTANI, H. In vitro color change of composite-based resins. **Dent. Mater.**, v. 5, p. 384-7, 1989.
- SCHULZE, K. O.; MARSHALL, S.J.; GANSKI,S.A.; MARSHALL,G.W. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. **Dent. Mater.**, v. 19, p. 612-619, 2003.

- SCOTTI, R.; MAXELLANI, S. C.; FORTINI, F. The *in vitro* color stability of acrylic resins for provisional restoration. **Int. J. Prosthodont.**, v. 10, n. 2, p. 164-168, 1997.
- SETZ, J.; ENGEL, E. In vivo color stability of resin-veneered telescopic dentures: a double blind pilot study. **J. Prosthet. Dent.**, v. 77, n. 5, p. 486-491, 1997.
- SHINTANI, H.; SATOU, N.; HAYASHIHARA, H.; INOUE, T. Effects of various methods on staining and accumulation of *Streptococcus mutans* HS-6 on composite resins. **Dent. Mater.**, v. 1, p. 225-27, 1985.
- SOARES, C.J.; MARTINS, L. R. M.; PFEIFER, J. M. G. A.; GIANNINI, M. Fracture resistance of teeth with indirect-composite and ceramic inlay systems. **Quintessence Int.**, v. 35, n. 4, p. 281-286, 2004.
- SOARES, C. J.; MARTINS, L.R. M.; FERNANDES NETO, A. J. GIANNINI, M. Marginal adaptation of indirect composites and ceramic inlay systems. **Oper. Dent.**, v. 28, n. 6, p. 689- 694, 2003.
- STOBER, T.; GILDE, H.; LENZ, P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. **Dent. Mater.**, v. 17, p. 87-94, 2001.
- SUZUKI, S.; NAGAI, E.; TAIRA, Y.; MINEKAKI, Y. In vitro wear of indirect composite restoratives. **J. Prosthet. Dent.**, v. 88, n. 4, p. 431-436, 2002.
- TAGTEKIN, D. A.; YANIKOGLU, F. C.; BOZKURT, F. O.; KOLOGLU, B.; SUR, H. Selected characteristics of an ormocer and a conventional hybrid resin composite. **Dent. Mater.**, v. 20, p. 487-497, 2004.
- TANOUE, N.; MATSUMARA, H.; ATSUTA, M. Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrush/dentifrice abrasion. **J. Prosthet. Dent.**, v. 84, p. 93-96, 2000.
- THORDRUP, M. ISIDOR, F. HORSTED-BINDSLEV, P. A one-year clinical study of indirect and direct composite and ceramic inlays. **Scand. J. Dent. Res.**, v. 102, p. 186-82, 1994.
- THORDRUP, M.; ISIDOR, F.; HÖRSTED-BINDSLEV, P. A 5-year clinical study of indirect and direct resin-composite and ceramic inlays. **Quintessence Int.**, v. 32, n. 3, p. 199-205, 2001.

- TJAN, A. H. L.; CHAN, C. A. The polishability of posterior composites. **J. Prosthet. Dent.**, v. 61, p. 138-146, 1989.
- TOUATI, B; AIDAN, N. Second generation laboratory composite resins for indirect restorations, **J. Esthet. Dent.**, v. 9, n. 3, p. 108-118, 1997.
- UCHIDA, H.; VAIDYNATHAN, J.; VISWADHAN,T.; VAIDYNATHAN,T. K. Color stability of dental composites as a function of shade. **J. Prosthet. Dent.**, v. 79, n. 4, p. 372-377,1998.
- UM, C. M.; RUYTER, E. Staining of resin based-veneering materials with coffee and tea. **Quintessence Int.**, v. 22, n. 5, p. 377-386, 1991.
- VAN NOORT R.; DAVIS. L. G.The surface finish of composite resin restorative materials. **Br. Dent. J.**, v. 157, p. 360-64, 1984.
- VICHI, A.; FERRARI, M.; DAVIDSON, C. L. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. **Dent. Mater.**, v. 20, n. 6, p. 530-534, 2004.
- YANNIKAKIS,S. A.; ZISSIS, A. J.; POLYZOIS,G. L.; CARONI, C. Color stability of provisional resin restorative materials. **J. Prosthet. Dent.**, v. 80, p. 533-539, 1998.
- WENDT Jr., S. L. The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. II. Wear, hardness and color stability. **Quintessence Int.**, v. 18, n. 5, p. 351-356, 1987.
- WENDT, S.L.; LEINFELDER, K. F. Clinical evaluation of a heat-treated resin composite inlay: 3-year results. **Am. J. Dent.**, v. 5, p. 258-62, 1992.
- WENDT, S.L.; LEINFELDER, K. F. Clinical evaluation of a posterior resin composite: 3 year results. **Am. J. Dent.**, v. 7, p. 207-11, 1994.
- WOSNIAK, W. T.; FAN, P. L.; MCGILL, S.; MOSER, J. B.; STANFORD, J. W. Color comparisons of composite resins of various shade designations. **Dent. Mater.**, v. 1, p. 121-123, 1985.

YILMAZ, D.; GEMALMAZ, D. Clinical evaluation of class II Targis inlays: preliminary results after 1 year. **J. Oral Rehab.**, v. 30, p. 855-860, 2003.