

Aubrey Fernando Fabre

**Avaliação espectrofotométrica das
alterações cromáticas de bráquetes
estéticos armazenados em soluções
potencialmente corantes**

ARAÇATUBA - SP

2009

Aubrey Fernando Fabre

Avaliação espectrofotométrica das alterações cromáticas de bráquetes estéticos armazenados em soluções potencialmente corantes

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista – UNESP – “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de “Mestre em Odontologia”– Área de Concentração: Ortodontia

Orientador: Prof. Adj. Marcos Rogério de Mendonça

ARAÇATUBA – SP
2009

Catálogo-na-Publicação

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

- F123a Fabre, Aubrey Fernando
Avaliação espectrofotométrica das alterações cromáticas de
bráquetes estéticos armazenados em soluções potencialmente
corantes / Aubrey Fernando Fabre. - Araçatuba :
[s.n.], 2009
61 f. : il. ; tab. + 1 CD-ROM
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia, Araçatuba, 2009
Orientador: Prof. Dr. Marcos Rogério de Mendonça
1. Ortodontia 2. Braquetes ortodônticos 3. Espectrofotometria
4. Limiar diferencial

Black D4
CDD 617.643

Dedicatória

A minha avó Maria Canassa Fabri, “**Mariquinha**”, com amor, admiração e gratidão pelo carinho, ensinamentos, bondade, paciência, orações e por ser minha segunda mãe.

Agradecimentos Especiais

A **Deus**, por vigiar e orientar meus passos, por ter colocado pessoas tão especiais à minha volta, pela saúde e inspiração.

A minha mãe **Yvoni** e ao meu pai **José**, por estarem sempre na reta e vanguarda de minhas decisões, pelas orações recebidas, pela educação e formação, pelo exemplo de força, honestidade, simplicidade e sabedoria.

Aos meus irmãos, **Sandro** e **Andrey**, pelo apoio, paciência e amizade.

A minha namorada, **Patrícia**, pelo amor, carinho, companheirismo, paciência, compreensão e ajuda incondicional. Sem você eu não teria conseguido.

As minhas cunhadas, **Karina** e **Mara**, por fazer parte da nossa família e cuidar dos meus irmãos.

A minha sobrinha, **Raquel**, que apesar da pouca compreensão, me faz sempre sorrir.

Ao Prof. Adj., **Marcos Rogério de Mendonça**, carinhosamente chamado de “chefe” ou “mestre”, que desde a graduação sempre se empenhou em despertar o interesse dos alunos pela Ortodontia. Numa segunda etapa, por me receber em sua casa, me acolher como um “filhote” e ter oferecido a oportunidade de realizar estágios de aperfeiçoamento. Obrigado pelos conselhos, incentivo, amizade, solicitude, exemplo familiar, por ter me ensinado os primeiros passos e o pouco que aprendi na Ortodontia. “O apreço não tem preço”. Muito obrigado!

Agradecimentos

A **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP**, na pessoa do seu Diretor, **Prof. Tit. Pedro Felício Estrada Bernabé**, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Odontologia.

Aos **Professores da Ortodontia**, por contribuir na minha formação científica e intelectual:

Prof. Adj. Eduardo César Almada Santos, pela coragem e arrojo no “desbravamento” científico e ensinamentos transmitidos;

Prof. Tit. Francisco Antônio Bertoz, pela incansável batalha do “espaço” da Ortodontia, experiência e momentos de irreverência, agradável convivência e contribuição científica;

Prof. Adj. Marcos Rogério de Mendonça, pela dedicação e paixão pelo ensino, gentileza, ponderação e senso crítico;

Prof. Adj. Osmar Aparecido Cuoghi, pela disciplina, solicitude, seriedade, amizade e ensinamentos.

Ao **Prof. Adj. Marcelo Coelho Goiato**, por ter cedido com extrema gentileza e prontidão as dependências do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese desta instituição para a realização do estudo.

A **Profa. Ass. Dra. Daniela Micheline**, pela ajuda, gentileza, amizade e orientação na operação dos aparelhos utilizados nessa pesquisa.

Aos colegas de Mestrado da turma 2008-2009:

Juliana Kina, pela agradável convivência, amizade, dicas, críticas, paciência.

Considero você uma irmã. Muito obrigado!

José Roberto Alves Moreira, pela experiência, incentivo e amizade;

Talita Farias Miksza, pela amizade, bom humor, motivação, solicitude;

Yesselin Margot Miranda, pelo carinho, apoio, seriedade e amizade.

A **Profa. Ass. Dra. Maria Lucia Marçal Mazza Sundefeld**, pela fundamental contribuição na análise estatística e por sempre nos receber com extrema gentileza.

Aos “colegas de profissão” (dentistas, mestres, doutores e professores):

Alex Luis Pozzobon Pereira, pela experiência transmitida, amizade, abnegação e incentivo. Agradeço demais. Muito obrigado;

Amália Moreno, pela orientação durante a parte laboratorial do projeto, pela colaboração na análise estatística e pela aptidão em sempre colaborar;

Ana Maria Soares, por ter dado o “pontapé” inicial para meu ingresso na Ortodontia. É inestimável o carinho e consideração. Muito obrigado;

Flávia Arantes, pela amizade agradável durante a graduação e pós-graduação e pelas orientações;

Flávia Pereira, pelo convívio amistoso durante a graduação, ensinamentos, orientações, solicitude e paciência;

José Ricardo do Prando Santos, pelas orientações, amizade, motivação;

José Vitor Quineli Mazaro, pela amizade, orientações frequentes, seriedade, motivação. Você é um exemplo de profissionalismo;

Laércio “Duca”, pelas oportunidades, incentivo e favores;

Lídia Pimenta, pela serenidade, incentivo, convivência agradável e produtiva;

Mônica Kina, pelo apoio, motivação e solicitude;

Pedro Marcelo Tondeli, pela orientação, seriedade, competência e amizade;

Rodrigo Sversut de Alexandre, pelos longos anos de convivência e amizade, da infância até a graduação, incentivo e orientações. Muito obrigado. Sou muito grato;

“Dona” Sônia, pela paciência, educação e carinho com que sempre me tratou. Parabéns pela família e pelos filhos **Ana e Bruno**;

Aos **Professores da Pós-graduação** dessa instituição, pela dedicação ao ensino e por contribuir na minha formação científica e intelectual.

Aos funcionários da Pós-graduação, **Valéria e Diogo**, por sempre nos receber com atenção, bondade, educação e competência.

Aos colegas de estágio do **“Núcleo Mendonça de Ortodontia Infantil”**:

Márcio Mazetto, Marília F. Aranha, Lídia, Estela, Carmem, Sônia, Eduardo Magosteiro, Ana Carolina e Suzi, pelos ensinamentos e convivência amigável.

Aos funcionários da Ortodontia:

Bertolina, Fátima, Ilídio (“Xará”), pela atenção, convivência, favores e serviços prestados. Muito obrigado!

Aos amigos “bilaquenses”: **Adriano, Júnior, Fernando, Júlio, Jonas, Lucas, Vitor, Aline e Letícia**: muito obrigado por estarem sempre presentes e colaborarem em mais uma importante etapa de minha vida. É fundamental o apoio de todos vocês.

Aos **funcionários da Biblioteca**, que sempre nos recebeu com extrema educação, paciência e competência.

Epígrafe

“A dúvida é o princípio da sabedoria.”

Aristóteles

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe.”

Leonardo da Vinci

Fabre AF. Avaliação espectrofotométrica das alterações cromáticas de bráquetes estéticos armazenados em soluções potencialmente corantes. [dissertação]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2009.

Resumo

Objetivos. O presente estudo avaliou o comportamento cromático de bráquetes estéticos de diferentes materiais armazenados em soluções potencialmente corantes (água destilada, refrigerante, café e enxaguatório contendo álcool).

Métodos. As amostras foram divididas em quatro grupos de acordo com a marca comercial e armazenadas em quatro tipos de soluções (água destilada, refrigerante, café e enxaguatório contendo álcool) a 37°C durante 14 dias. As possíveis alterações de cor foram mensuradas por meio de um espectrofotômetro de reflectância em cinco intervalos de tempo após o armazenamento. As alterações de cor foram registradas de acordo com o sistema CIE $L^*a^*b^*$ e a análise estatística foi conduzida empregando-se ANOVA a 1%, aplicação dos testes de Tukey e decomposição das interações com nível de significância a 5%.

Resultados. As alterações de cor foram dependentes da solução, tempo de armazenamento e marca dos bráquetes. As maiores alterações de cor foram observadas nos bráquetes Invu™, seguido pelo Silkon Plus™, Composite® e Transcend™, com diferenças estatisticamente significantes.

Significância. As soluções potencialmente corantes podem interferir na aparência dos bráquetes estéticos. Portanto, quando estes acessórios são utilizados, os pacientes devem ser informados sobre a possibilidade das alterações de cor ao longo do tempo e da necessidade de redução do consumo de produtos com potencial corante.

Palavras-chave: Ortodontia, bráquetes ortodônticos, espectrofotometria, limiar diferencial.

Fabre AF. Spectrophotometric evaluation of chromatic changes of the esthetic brackets stored in potentially staining solutions. [dissertation]. Araçatuba: UNESP - São Paulo State University; 2009.

Abstract

Objectives. The aim of this study was evaluated the chromatic behavior of the esthetic brackets of different materials exposure at the immersion in potentially staining solutions (distilled water, soda, coffe and mouthrinse with alcohol).

Methods. The sample were divided in four groups of agreement with the commercial brand and stored in four types of the solutions (distilled water, soda to the base of cola, cofee and mouthrinse containing alcohol) at 37°C for 14 days. Color changes were measured by a reflection spectrophotometer in five time intervals after storage. The color changes were recorded according to the CIE $L^*a^*b^*$ system and the statistical analysis were carried out using ANOVA to 1%, application of the tests of Tukey and the decomposition of interactions with a significance level of 5%.

Results. The color changes were dependent on the solution, storage time and the brand of brackets. The largest color changes were observed in the InvuTM, followed by Silkon PlusTM, Composite[®] and TranscendTM brackets, with statistic significance.

Significance. The potentially staining solutions can interfere in the desirable appearance of esthetic brackets. Thus, when these attachments are used, the patient should be informed about possible color changes in the long-term, and should reduce the consumption of potentially staining produtos.

Keywords: orthodontics, orthodontic brackets, spectrophotometry, differential threshold.

Lista de Figuras

Figura 1 –	Distribuição ordinária dos microtubos no suporte de polipropileno	60
Figura 2 –	Espectrofotômetro acoplado ao computador	60
Figura 3 –	Bráquetes e suas respectivas matrizes de PVC	60
Figura 4 –	Encaixe padronizado bráquete-matriz	60
Figura 5 –	Comportamento do bráquete InvuTM ao longo do tempo	61

Lista de Tabelas

Tabela 1 -	Bráquetes e sua constituição	54
Tabela 2 -	Divisão dos grupos	54
Tabela 3 -	Variação do pH	55
Tabela 4 -	Análise de variância com transformação em arcosseno dos dados obtidos a partir dos valores do ΔE^*	55
Tabela 5 -	Valores médios do ΔE^* e desvio-padrão de cada marca, de acordo com a solução ao longo do tempo	56
Tabela 6 -	Comparação do comportamento entre as marcas	56
Tabela 7 -	Comparação do potencial corante das soluções	57
Tabela 8 -	Influência do tempo no valor médio do ΔE^* durante o período de armazenamento.	57

Lista de Gráficos

Gráfico 1 -	Comportamento cromático dos bráquetes Composite[®]	58
Gráfico 2 -	Comportamento cromático dos bráquetes Silkon Plus[™]	58
Gráfico 3 -	Comportamento cromático dos bráquetes Invu[™]	59
Gráfico 4 -	Comportamento cromático dos bráquetes Transcend[™]	59

Lista de Abreviaturas

PVC = policloreto de vinila

ΔE^* = variação total da cor

pH = ponte hidrogeniônica

dp = desvio padrão

nm = nanômetros

ANOVA = Análise de Variância

CIE = Commission Internationale de l'Eclairage

Sumário

1	Introdução	16
2	Material e Métodos	18
3	Resultados	23
4	Discussão	27
5	Conclusão	32
	Referências	33
	Anexos	41

Manuscrito para publicação

De acordo com as normas da revista ***Dental Materials*** (Anexo A).

Introdução

1 Introdução

A utilização dos bráquetes estéticos, plásticos ou cerâmicos, é decorrente, principalmente, do aumento da demanda ortodôntica da população adulta [1], que busca a estética dos acessórios ortodônticos [2], difundindo o conceito da invisibilidade na Ortodontia atual.

Os bráquetes plásticos, desenvolvidos em 1969 [3], em policarbonato, ainda apresentam alguns problemas, como limitação no controle do torque [4,5,6], desgaste excessivo e fragilidade estrutural [4,7,8], absorção de água [9], baixa adesão [10], alta fricção com os fios ortodônticos [11], destacando-se a instabilidade de cor [12] e deformação estrutural [13]. Com o objetivo de superar tais limitações, a composição original foi modificada com a incorporação de fibra de vidro ou partículas de cerâmica, originando os bráquetes denominados “compósitos” [4], assim como foram desenvolvidos novos tipos de polímeros, como o polioximetileno e o poliuretano. Porém alguns estudos [4,5,6,12,14] comprovaram que esses problemas ainda não foram superados.

Na tentativa de eliminar os problemas dos bráquetes de policarbonato, foram desenvolvidos os bráquetes cerâmicos em 1986 [15,16]. De 1986 à 1990, o uso destes bráquetes aumentou de 5,6% para 88,2%, enquanto o uso dos bráquetes de policarbonato diminuiu de 57,8% para 24,3% [17]. A maioria dos bráquetes cerâmicos atuais é composta por óxido de alumínio, sob duas formas [15]: cerâmica policristalina ou monocristalina, com predominância dos policristalinos. A cerâmica policristalina é mais opaca e apresenta menor claridade óptica [16,18, 19]. No entanto, muitos problemas ainda persistem: manchamento [19,20]; resistência friccional [15,16,19,20,21,22]; friabilidade

[23,24]; abrasão, criando facetas de desgaste em dentes antagonistas [25]; iatrogenia ou dificuldade no processo de descolagem [26,27,28].

O incessante aprimoramento dos bráquetes estéticos impulsiona indústrias a desenvolver materiais de alta qualidade, que preencham os requisitos biológicos, estéticos, mecânicos, econômicos, simplicidade/estabilidade clínica, simultânea e satisfatoriamente. Como a estética é a principal vantagem em relação aos bráquetes metálicos [24], a compatibilidade e estabilidade cromática representam o desafio mais relevante no meio bucal e o motivo pela opção desses acessórios.

As alterações cromáticas dos bráquetes estéticos têm origem multifatorial [16]. A descoloração dos materiais dentários é resultante de fatores intrínsecos, como a absorção de água, polimerização incompleta de adesivos ou resinas, composição da matriz do material, conteúdo e tamanho das partículas de reforço [16,29, 30], marca [31], tonalidade [32], ou extrínsecos, como a ingestão de alimentos corantes contendo cafeína (café, chá, colas), uso de enxaguatórios bucais, saliva [33], nicotina [34], batons [16, 35,36], calor [12], tempo e intensidade de polimerização [37].

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento cromático de bráquetes estéticos após armazenamento em soluções potencialmente corantes. A hipótese nula a ser testada é a de que os bráquetes estéticos não sofrem alteração cromática perante contato com soluções corantes.

Material e Métodos

2 Materiais e Métodos

2.1 Materiais

2.1.1 Bráquetes

Para a realização deste estudo foram utilizados 160 bráquetes estéticos de incisivos centrais superiores do lado direito, prescrição Roth, canaleta 0,022" X 0,028", de diferentes marcas: (1) Composite[®], Morelli Ortodontia, Sorocaba, São Paulo, Brasil, constituído de policarbonato, reforçado com fibra de vidro, lote 1066487; (2) Silkon Plus[™], American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA, constituído de policarbonato reforçado com partículas de cerâmica, lote 0201; (3) Invu[™], TP Orthodontics, La Porte, Indiana, USA, constituído de cerâmica policristalina e com base em policarbonato, lote 1258C05; (4) Transcend[™], 3M, Monrovia, California, USA, constituído de cerâmica policristalina, lote 0904005766. Essa distribuição pode ser verificada na Tabela 1.

2.1.2. Soluções

Foram utilizadas quatro soluções diferentes: (1) água destilada, obtida diretamente no laboratório do Departamento de Prótese e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP; (2) refrigerante à base de cola (Coca-Cola[®], produzida por Spaipa, Marília, São Paulo, Brasil); (3) café solúvel (Nescafé[®], produzido por Nestlé do Brasil Ltda, Araras, São Paulo, Brasil), preparado de acordo com as recomendações do fabricante (uma colher de chá rasa para 50mL de água); (4) enxaguatório bucal contendo álcool

(Listerine® Tartar Control, produzido por Altana Pharma Ltda, Jaguariúna, São Paulo, Brasil, sob encomenda de Johnson & Johnson INDUSTRIAL Ltda.).

2.2 Métodos

2.2.1 Grupos de estudo

Para a realização dos ensaios laboratoriais foram formados quatro grupos, distribuídos da seguinte maneira (Tabela 2): grupo 1 (G_1), constituído por 40 bráquetes Composite®, com dez bráquetes armazenados em cada solução; grupo 2 (G_2), constituído por 40 bráquetes Silkon Plus™, com dez bráquetes armazenados em cada solução; grupo 3 (G_3), constituído por 40 bráquetes Invu™, com dez bráquetes armazenados em cada solução; grupo 4 (G_4), constituído por 40 bráquetes Transcend™, com dez bráquetes armazenados em cada solução.

2.2.2 Armazenamento e troca das soluções

Cada bráquete foi armazenado unitariamente em um microtubo de polipropileno com tampa (produzido por JProlab, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) que foi enumerado com o propósito de codificação para individualização. Em seguida, aproximadamente 0,5 mL da respectiva solução foram depositados em cada microtubo, de modo que os bráquetes ficassem totalmente submersos no líquido. Todos os microtubos foram alojados de maneira uniforme e ordinária num suporte de polipropileno rígido (produzido por Heathrow Scientific, USA, importado por Equipar Comércio de Equipamentos Laboratoriais e Hospitalares, Curitiba, Paraná, Brasil) (Fig. 1). Na sequência, os espécimes foram armazenados numa estufa na temperatura de 37°C. Todas as soluções e microtubos foram renovados regularmente após

cada 24 horas de armazenamento. O período total de armazenamento foi de 14 dias.

2.2.3 Análise Espectrofotométrica

a) Espectrofotômetro

As leituras das cores foram realizadas por meio de um espectrofotômetro de reflectância (Un-visible Spectrophotometer UV-2450[®], produzido por Shimadzu, Kyoto, Japão), com comprimento de onda variando de 380 a 780 nm e padrão de iluminação D65 [38] para simular as condições da luz do dia, configurado por um programa (UV-2401PC Color Analysis) acoplado ao aparelho (Fig. 2).

b) Dispositivos para leitura espectrofotométrica

Para permitir o posicionamento padronizado dos bráquetes durante o processo de leitura pelo espectrofotômetro foram desenvolvidas quatro matrizes individuais de policloreto de vinila (PVC) de coloração preta (Plastisol Stamp[®], produzido por Orbital, Birigui, São Paulo, Brasil), uma para cada marca de bráquete (Fig. 3). Essas matrizes de PVC foram acopladas a uma matriz metálica do espectrofotômetro, com encaixe padronizado, para posterior leitura do bráquete (Fig. 4). Esta padronização foi adotada com o objetivo de melhorar a precisão do encaixe e evitar possíveis erros de posicionamento do conjunto bráquete-matriz durante a leitura.

c) Leitura dos espécimes

Previamente às leituras, após remoção da estufa, cada bráquete foi lavado num aparelho de ultrassom (Ultrasound Cleaner 1440D[®], produzido por

Odontobrás, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), durante um minuto, e devidamente seco em papel absorvente. Para permitir o cálculo da variação da cor, por meio do sistema CIE $L^*a^*b^*$ [39], cada bráquete foi submetido à leitura espectrofotométrica imediatamente após a remoção da embalagem, antes da imersão inicial (T_0). O parâmetro L^* corresponde ao valor ou grau de luminosidade ou brilho (branco e preto) e os parâmetros a^* e b^* aos valores de croma, onde $+a^*$ é vermelho e $-a^*$ é verde, $+b^*$ é amarelo e $-b^*$ é azul. No sistema CIE $L^*a^*b^*$, o cálculo da diferença total da cor (ΔE^*) entre duas cores é suportado pela seguinte equação [40]: $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. O ΔE^* foi calculado subtraindo-se as medidas iniciais (T_0) das medidas dos respectivos tempos experimentais. Em seguida, cada bráquete foi medido individualmente nos parâmetros $L^*a^*b^*$ nos seguintes tempos experimentais: T_1 (1 dia após a imersão inicial), T_3 (3 dias após), T_7 (7 dias após), T_{10} (10 dias após) e T_{14} (14 dias após).

2.2.4 Coleta dos dados

Após o posicionamento do conjunto bráquete-matriz no espectrofotômetro, a leitura da variação da cor foi iniciada por meio do programa acoplado ao computador, com configuração previamente estabelecida. Ao término da leitura, o programa gerava os valores de $L^*a^*b^*$, os quais foram registrados em tabelas referentes aos tempos experimentais. Na sequência, esses valores registrados foram submetidos à equação matemática acima citada e, automaticamente, foi obtido um valor específico de ΔE^* para cada bráquete em cada tempo experimental. Como havia dez bráquetes de cada marca por solução, os valores do ΔE^* desses dez bráquetes foram

somados e divididos por dez, gerando um ΔE^* médio, que foi o valor do ΔE^* adotado para cada tempo experimental, marca dos bráquetes e solução.

2.2.5 Mensuração da variação do pH durante o período de 24 horas

A medida do pH das soluções foi realizada antes da imersão inicial e após 24 horas de armazenamento nos microtubos de polipropileno (Tabela 3), por meio de um analisador iônico (Orion Research 720A, Orion, USA) acoplado a um agitador magnético (NT 101, Nova Técnica, Piracicaba, São Paulo, Brasil).

2.2.6 Análise estatística

Para a análise estatística dos valores obtidos neste estudo foram empregados os programas SAS SystemTM e Microsoft Excel[®]. De acordo com o teste Kolmogorov-Smirnov, a distribuição dos dados foi considerada normal com o valor $p = 0.0539$. Em seguida, foi realizada a transformação em arcosseno e aplicada a Análise de Variância para os três fatores (marca, solução e tempo) (Tabela 4). Uma vez encontrada diferença estatisticamente significativa entre cada uma das fontes de variação, foi aplicado o teste de Tukey e elaborada a decomposição das interações marca*solução*tempo. O nível de significância utilizado foi de 1% para Análise de Variância e 5% para as decomposições. Com a transformação, obteve-se um coeficiente de variação baixo (12.20938), indicando pequena variabilidade dos dados.

Resultados

3 Resultados

Os valores médios das alterações de cor e seus respectivos desvios-padrão (dp) durante o período do experimento foram mostrados na Tabela 5. Também foram realizados testes para comparações entre marcas, soluções e tempo (Tabelas 6,7,8).

3.1 *Bráquetes Composite*[®]

Para a solução de água destilada os valores médios e os desvios-padrão para $\Delta E^*_{1, \Delta E^*_{3, \Delta E^*_{7, \Delta E^*_{10}}$ e ΔE^*_{14} foram: 0,445 (0,194437), 0,725 (0,33768), 0,408 (0,287626), 0,553 (0,300335) e 0,75 (0,450876), respectivamente. Cronologicamente, os valores do ΔE^* foram estatisticamente significantes quando comparados entre si. No armazenamento em refrigerante, o valor do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} foi de 0,802 (0,210069), 1,464 (0,39164), 2,732 (0,733315), 3,413 (0,902762) e 4,449 (0,6008040), respectivamente, evidenciando o aumento gradativo com o decorrer do tempo, sendo que todos os valores registrados foram estatisticamente significantes quando comparados uns aos outros. Do mesmo modo, os bráquetes armazenados no café também apresentaram aumento gradativo do valor do ΔE^* , sendo que todos os valores registrados do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} , 1,595 (0,307038), 2,868 (0,57024), 3,822 (0,710239), 5,198 (0,515554) e 5,679 (0,514856), respectivamente, foram estatisticamente significantes quando comparados entre si. Quando armazenados no enxaguatório, os valores do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} foram, respectivamente, 0,671 (0,253616), 1,254 (0,307398), 0,648 (0,352067), 0,554 (0,312488) e 0,45 (0,194594), verificando-se que somente o valor do ΔE^*_{3} foi estatisticamente significativo em relação aos demais valores.

3.2 Bráquetes Silkon Plus™

Na água destilada os valores médios e os desvios-padrão para $\Delta E^*_{1,}$ $\Delta E^*_{3,}$ $\Delta E^*_{7,}$ ΔE^*_{10} e ΔE^*_{14} foram: 0,81(0,44572), 0,696 (0,302515), 0,772 (0,371118), 0,606 (0,405112) e 0,75 (0,450876), respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores do ΔE^* . No refrigerante, o valor do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} foi de 1,468 (0,261398), 1,96 (0,446468), 2,744 (0,435717), 3,721 (0,561831) e 4,716 (0,72062), respectivamente, evidenciando o aumento gradativo ao longo do tempo, sendo que todos os valores registrados foram estatisticamente significantes quando comparados uns aos outros. Os bráquetes armazenados no café também apresentaram aumento gradativo do valor do ΔE^* com o decorrer do tempo, sendo que todos os valores registrados do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} , 2,293 (0,269033), 3,338 (0,375908), 4,312 (0,36772), 5,188 (0,518626) e 6,416 (0,521349), respectivamente, foram estatisticamente significantes quando comparados entre si. No enxaguatório, os valores do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} foram, respectivamente, 0,817 (0,347245), 0,86 (0,487761), 1,061 (0,29614), 0,992 (0,342241) e 0,82 (0,302288), verificando-se que somente o valor do ΔE^*_{7} foi estatisticamente significativo em relação aos demais valores.

3.3 Bráquetes Invu™

Para a água destilada, de acordo com os valores do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} , 0,597 (0,407923), 1,295 (0,3870776), 1,389 (0,34812), 1,422 (0,286543) e 1,516 (0,263363), respectivamente, somente houve diferença estatisticamente significativa entre os valores do ΔE^*_{1} em relação aos demais, que apresentaram maior valor. No refrigerante, o valor do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} foi de

1,211 (0,210103), 1,364 (0,325856), 1,984 (0,691828), 3,574 (0,772402) e 4,554 (0,909593), respectivamente, demonstrando o aumento gradativo ao longo do tempo, sendo que não houve diferença estatisticamente significativa somente entre o ΔE^*_1 e ΔE^*_3 . Para os bráquetes armazenados no café, o valor do ΔE^*_1 ao ΔE^*_{14} , 8,143 (0,609955), 10,015 (0,623151), 11,143 (0,413173), 11,389 (0,430154) e 12,058 (0,550814), respectivamente, no decorrer do tempo, não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores do ΔE^*_3 , ΔE^*_7 e ΔE^*_{10} , apesar de apresentarem uma tendência ao aumento gradativo do valor do ΔE^* . No enxaguatório, os valores do ΔE^*_1 ao ΔE^*_{14} foram, respectivamente, 32,825 (0,548579), 4,513 (0,622505), 4,348 (0,43764), 5,251 (0,944357) e 5,661 (0,638617), verificando-se que somente não houve diferença estatisticamente significativa entre o ΔE^*_3 e o ΔE^*_7 em relação aos demais valores (Fig. 5).

3.4 Bráquetes Transcend™

Para a solução de água destilada os valores médios e os desvios-padrão para ΔE^*_1 , ΔE^*_3 , ΔE^*_7 , ΔE^*_{10} e ΔE^*_{14} foram: 0,552 (0,314812), 0,632 (0,349374), 0,779 (0,571731), 0,537 (0,346187) e 0,74 (0,338625), respectivamente. Os valores do ΔE^* não foram estatisticamente significantes quando comparados entre si. No refrigerante, o valor do ΔE^*_1 ao ΔE^*_{14} foi de 3,596 (0,440585), 3,296 (1,247061), 3,35 (0,496767), 3,344 (0,712245) e 3,511 (0,728842), respectivamente, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os valores. No café, o valor do ΔE^*_1 ao ΔE^*_{14} , (0,254899), 2,097 (0,588313), 3,063 (0,849484), 3,725 (0,624664) e 4,694 (0,449647), respectivamente, apesar da tendência de aumento gradativo ao longo do tempo, não houve diferença

estatisticamente significativa entre o ΔE^*_{7} e o ΔE^*_{10} . No enxaguatório, os valores do ΔE^*_{1} ao ΔE^*_{14} foram respectivamente 0,727 (0,345545), 0,472 (0,302354), 0,47 (0,299518), 0,451 (0,23421) e 0,412 (0,1641), verificando-se que somente o valor do ΔE^*_{1} foi estatisticamente significativo em relação aos demais valores, apesar da redução gradativa dos valores do ΔE^* ao longo do tempo.

Considerando-se as soluções utilizadas e os tempos experimentais como um tratamento global para as marcas estudadas, verificou-se que para os valores médios do ΔE^* , por ordem crescente, os menores valores foram encontrados para os bráquetes Transcend™ e Composite®, seguidos pelos Silkon Plus™ e Invu™ (Tabela 6).

Comparando-se as médias das soluções, pode-se comprovar que o café provocou a maior alteração, seguida pelo refrigerante, enxaguatório e água destilada (Tabela 7).

Quando se compara os valores do ΔE^* em função do tempo, pode-se constatar que os maiores valores de alteração de cor foram registrados no T₁₄, o que comprova a influência do fator tempo no grau de alteração de cor. Quanto maior o período de armazenamento, maior será a tendência à alteração de cor (Tabela 8).

Discussão

4 Discussão

A estabilidade e compatibilidade cromática dos bráquetes estéticos com os dentes ao longo do tratamento é um motivo de preocupação e a espectrofotometria é a técnica mais objetiva, segura e que permite a reprodutibilidade das avaliações [41,42] da alteração de cor (ΔE^*).

Alguns autores procuraram relacionar os valores numéricos da alteração de cor dos bráquetes estéticos [12,14,43,44,45] e de restaurações de resina composta ou protéticas [35,46,47,48,49,50] à percepção visual. Assim, as pesquisas realizadas na área de prótese e dentística passaram a utilizar valores numéricos divergentes de ΔE^* como referência, considerando inaceitáveis clinicamente limiares com $\Delta E^* \geq 2,0$ [51], $\Delta E^* \geq 3,3$ [48] e $\Delta E^* \geq 3,7$ [52].

Na Ortodontia, os autores também passaram a utilizar limiares como referência para avaliar o comportamento cromático de bráquetes estéticos. Alguns autores consideram clinicamente inaceitáveis os limiares de percepção visual quando $\Delta E^* \geq 3,3$ [12, 14], $\Delta E^* \geq 3,7$ [43,44] ou $\Delta E^* \geq 10$ [45]. Contudo, esses limiares de referência para o ΔE^* , utilizados em pesquisas anteriores na área de Ortodontia, não podem ser comparados com os do presente estudo, pois os resultados são dependentes da metodologia aplicada e os tipos de bráquetes testados foram diferentes.

Tem sido mostrado que tanto a marca, o tipo de solução de imersão e o tempo de exposição influenciam o grau da alteração de cor dos materiais [64], o que pôde ser comprovado neste experimento (Tabelas 6, 7, 8), já que todas as marcas de bráquetes testadas sofreram alteração de cor em todas as soluções ao longo do tempo. O período de 14 dias de armazenamento foi

adotado sob a prerrogativa de expor os bráquetes a condições extremas para se avaliar o grau de manchamento, já que após esse período, existe uma tendência à saturação [55]. Por outro lado, um período de 24 horas de tratamento artificial é considerado muito curto [49] para investigar a descoloração dos compósitos dentários quando armazenados em soluções corantes. A escolha das soluções baseou-se na literatura [12,14,35,34,45,50,55,57,58,59,61,62] e nos produtos utilizados rotineiramente pelos pacientes ortodônticos.

Entre as marcas avaliadas, foram observadas alterações de cor para os bráquetes Composite® e Invu™ na água destilada. Essas alterações podem ser decorrentes da perda de brilho (L^*) causada pela absorção de água, já que nos espécimes testados houve diminuição do valor de L^* em relação aos valores iniciais (T_0). A absorção de água pelos materiais dentários pode ser explicada pelas diferenças na composição, tamanho, quantidade e distribuição das partículas no interior da matriz [46,47]. Como não houve alteração de cor estatisticamente significativa para os bráquete Silkon Plus™ e Transcend™, pode-se afirmar que a absorção de água por essas marcas é menor.

Dentre as marcas submetidas ao armazenamento em refrigerante, somente o Transcend™ não sofreu alteração de cor estatisticamente significativa, apesar de que o valor médio do ΔE^* ao longo do tempo foi relativamente alto. Com a mensuração da variação do pH das soluções, verificou-se que o refrigerante apresentou o menor pH inicial (Tabela 3), o que possivelmente afetou a integridade superficial [29,55] dos espécimes, favorecendo uma alteração de cor provavelmente decorrente da absorção dos pigmentos corantes da solução pela matriz dos bráquetes.

Para as marcas armazenadas no café houve diferença estatisticamente significativa para todas ao longo do tempo e essa solução apresentou os maiores valores de ΔE^* dentre as soluções estudadas. Isto comprova seu maior potencial corante (Tabela 7), em concordância com estudos anteriores [46,64]. Possivelmente a alteração de cor é decorrente da grande quantidade de pigmentos amarelos dessa solução [53], o que pôde ser comprovado com o aumento nos valores da coordenada b^* . A alteração de cor provocada pelo café é resultante tanto da adsorção quanto da absorção [35,56] dos pigmentos e o manchamento aumenta quando a superfície do espécime testado foi submetida à escovação ou à anti-sepsia com clorhexidina [57], devido à remoção da barreira provocada pela película salivar.

Dentre as marcas armazenadas no enxaguatório, todas sofreram alteração cromática, sendo que os maiores valores de ΔE^* foram observados para o InvuTM. Segundo um estudo anterior [58], 12 horas de imersão é equivalente a um período de um ano na condição clínica, levando-se em consideração a realização de apenas um bochecho diário com duração de dois minutos, o que indica maior compatibilidade com os valores encontrados do T_1 ao T_3 . Alguns autores [59, 60] relataram que o álcool tende a alterar as propriedades de superfície dos compósitos, aumentando a área de adsorção de pigmentos, ocasionando aumento no grau de manchamento. Uma vez que a cor do enxaguatório era azulada, os valores das coordenadas L^* e b^* foram diminuindo gradativamente, o que contribuiu para os maiores valores de ΔE^* para o bráquete InvuTM, sobretudo no T_1 . Apesar deste bráquete ser comercializado como cerâmico, sua base é de policarbonato e, somente o corpo (canaletas e aletas) é de cerâmica, o que explica os resultados

divergentes encontrados. Provavelmente, o maior grau de manchamento se deve a algum tipo de reação com produtos utilizados na constituição da matriz cerâmica do bráquete, já que nenhum outro bráquete apresentou comportamento semelhante. De acordo com alguns autores [58,61], enxaguatórios contendo ou não álcool, afetam a microdureza dos materiais restauradores. Outros autores [62, 63] relataram que não afetam, afirmando que o comportamento dessa solução não difere da água destilada. Em condições clínicas, os efeitos dos enxaguatórios dependem de muitos fatores que não podem ser replicados *in vitro*, como a película salivar, saliva, consumo de alimentos e bebidas, podendo atenuar ou acentuar os efeitos dos enxaguatórios. Neste estudo, foi possível observar que, apesar de ter havido alteração de cor para os bráquetes Composite[®], Silkon Plus[™] e Transcend[™], os valores do ΔE^* foram relativamente baixos, próximos aos encontrados na água destilada.

Apesar da literatura [64] relatar que o baixo valor de pH e a alta concentração de álcool tendem a aumentar o potencial de manchamento de certos produtos, este estudo mostrou que o maior responsável pelas alterações de cor não foi o valor do pH e nem o efeito do álcool, mas sim a quantidade e tipo de pigmentos da solução, o que está de acordo com estudos prévios [46,47]. Também foi relatado [29] que as alterações nas propriedades ópticas da matriz podem ser os responsáveis pela descoloração vista clinicamente devido à oxidação nas cadeias carbônicas (quebra de ligações duplas intercarbonos) na matriz do polímero e subsequente degradação de produtos pela difusão da água ou oxidação do polímero. Durante o experimento

também foi possível observar que houve maior acúmulo de pigmentos corantes na junção entre o *slot* e aletas.

É importante enfatizar que a inferência clínica não pode ser estabelecida com exatidão [65], já que não existe um limiar do ΔE^* médio considerado como padrão ouro. Adicionalmente, a complexa interação de fatores no ambiente bucal, como temperatura, umidade e biofilme podem atuar sobre os materiais dentários. Além disso, a combinação e os efeitos simultâneos de diferentes alimentos ou bebidas, enxaguatórios, saliva e escovação não foram avaliados.

Diante dessas intercorrências, uma série de variáveis (intrínsecas e/ou extrínsecas) devem ser ponderadas na realidade clínica ortodôntica. Apesar dos bráquetes cerâmicos apresentarem melhor desempenho estético que os de policarbonato [15], esse estudo laboratorial mostrou que tal superioridade nem sempre é verdadeira e a associação entre os resultados laboratoriais e a experiência clínica devem nortear a melhor escolha.

O presente estudo também mostrou que soluções utilizadas no cotidiano são capazes de provocar alterações cromáticas nos bráquetes estéticos. O parâmetro para a combinação solução/tempo foi obtido da literatura especializada, porém a preocupação referente ao tempo mínimo necessário para as soluções provocarem alteração de cor é frequente. Com base neste experimento, denota-se que os tempos empregados foram superestimados em relação ao cotidiano dos pacientes, mas o comportamento cromático dos acessórios estéticos em pacientes que fazem uso excessivo dessas soluções pode ter forte correlação com a realidade clínica.

A opacidade e a translucência são as propriedades ópticas mais relevantes para a análise clínica estética. Para permitir aos clínicos quantificar

com precisão a compatibilidade cromática, seria importante estabelecer um limiar de percepção clínica padrão ouro do ΔE^* por meio da análise espectrofotométrica realizada sob um protocolo laboratorial fornecido pelos fabricantes, constituindo-se em objeto de futuros trabalhos.

Conclusão

5 Conclusão

Diante dos resultados apresentados por este estudo pode-se concluir que a hipótese nula testada foi rejeitada, e desta forma verificou-se que:

- 1- Todas as marcas de bráquetes testadas sofreram alterações cromáticas nas soluções estudadas;
- 2- Os bráquetes InvuTM apresentaram a maior média de alteração de cor (ΔE^*) em relação aos demais, seguidos pelos Silkon PlusTM, Composite[®] e TranscendTM;
- 3- A solução que mais influenciou a alteração de cor foi o café, seguida pelo refrigerante, enxaguatório e água destilada;
- 4- O tempo de exposição dos bráquetes às soluções potencialmente corantes influenciou diretamente no grau de alteração de cor desses acessórios.

Portanto, com base nas condições experimentais presentes e nos resultados obtidos, pode-se concluir que os bráquetes estéticos não apresentam comportamento cromático estável satisfatório.

Referências

Referências

1. Sinha PK and Nanda RS. Esthetic orthodontic appliances and bonding concerns for adults. *Dent Clin North Am*, 1997; 41(1):89-109.
2. Faltermeier A, Rosentritt M, Reicheneder C and Müssig D. Experimental composite brackets: influence of filler level on the mechanical properties. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2006; 130(6):699.e9-14.
3. Newman GV, Snyder WH, Wilson CE Jr. Acrylic adhesive for bonding attachments to tooth surfaces. *Angle Orthod*, 1968; 38(1):12-18.
4. Sadat-Khonsari R, Moshtaghy A, Schlegel V, Kahl-Nieke B, Möller M and Bauss O. Torque deformation characteristics of plastic brackets: a comparative study. *J Orofac Orthop*, 2004; 65(1):26-33.
5. Alkire RG, Bagby MD, Gladwin MA and Kim H. Torsional creep of polycarbonate orthodontic brackets. *Dent Mater*, 1997; 13(1):2-6.
6. Gmyrek H, Bourauel C, Richter G and Harzer W. Torque capacity of metal and plastic brackets with reference to materials, application, technology and biomechanics. *J Orofac Orthop*, 2002; 63(2):113-128.
7. Aird JC and During P. Fracture of polycarbonate edgewise brackets: a clinical and SEM study. *British Journal of Orthodontics*, 1987; 14(3):191-195.
8. Rantala LI, Lastumäki TM, Peltomäki T and Vallittu PK. Fatigue resistance of removable orthodontic appliance reinforced with glass fibre weave. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2003; 30(5):501-506.

9. Göhring TN, Gallo L and Lüthy H. Effect of water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass-fibers on the flexural strength of veneering composite. *Dent Mater*, 2005; 21(8):761-772.
10. Guan G, Yamamoto TT, Miyamoto M, Hattori T, Ishikawa K and Suzuki K. Shear bond strengths of orthodontic plastic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2000; 117(4):438-443.
11. Bazakidou E, Nanda RS, Duncanson MG and Sinha P. Evaluation of frictional resistance in esthetic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1997; 112(2):138-144.
12. Faltermeier A, Behr M and Müßig D. *In vitro* colour stability of aesthetic brackets. *Eur J Orthod*, 2007; 29(4):354-358.
13. Zinelis S, Eliades T, Eliades G, Makou M and Silikas N. Comparative assessment of the roughness, hardness, and wear resistance of aesthetic bracket materials. *Dent Mater*, 2005; 21(9):890-894.
14. Faltermeier A, Behr M and Müßig D. Esthetic brackets: The influence of filler level on color stability. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007; 132(1):5.e13-6.
15. Birnie D. Ceramic Brackets. *Br J Orthod*, 1990; 17(1):71-74.
16. Swartz ML. Ceramic brackets. *J Clin Orthod*, 1988; 22(2):82-88.
17. Gottlieb EL, Nelson AH and Vogels DS. Study of orthodontic-diagnosis and treatment procedures - Part 1- Results and Trends. *J Clin Orthod*, 1991; 25(3):145-156.

18. Russel JS. Aesthetic Orthodontic Brackets. Br J Orthod, 2005; 32(2):146-163.
19. Bishara SE and Fehr DE. Ceramic brackets: Something old, something new, a review. Sem Orthod, 1997; 3(3):178-188.
20. Karamouzos A, Athanasiou AE and Papadopoulos MA. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: A comprehensive review. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1997; 112(1):134-140.
21. Ghafari J. Problems associated with ceramic brackets suggest limiting use to selected teeth. Angle Orthod, 1992; 62(2):145-152.
22. Nishio C, Motta AFJ, Elias CN and Mucha JN. *In vitro* evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2004; 125(1):56-64.
23. Akinin PC, Nanda RS, Duncanson MG, Currier F and Sinha PK. Fracture strength of ceramic brackets during arch wire torsion. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1996; 109(1):22-27.
24. Scott GE. Fracture toughness and surface cracks: The key to its understanding ceramic brackets. Angle Orthod, 1988; 58(1):5-8.
25. Viazis AD, DeLong R, Bevis RR, Rudney JD and Pintado MR. Enamel abrasion from ceramic orthodontic brackets under an artificial oral environment. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1990; 98(2):103-109.

26. Olsen ME, Bishara SE and Jakobsen JR. Evaluation of the shear bond strength of different ceramic bracket base designs. Angle Orthod, 1997; 67(3):179-182.
27. Liu JK, Chung CH, Chang CY and Shieh DB. Bond strength and debonding characteristics of a new ceramic bracket . Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2005; 128(6):761-765; quiz 802.
28. Britton JC, McInnes P, Weinberg R, Ledoux WR and Retief DH. Shear Bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1990; 98(4):348-353.
29. Arthur SK, Frederick CS, John C and Tak WC. Color stability of provisional prosthodontic materials. J Prosthet Dent, 2004; 91(5):447-452.
30. Johnston WM and Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. Dent Mater, 1997; 13(2):89-97.
31. Makinson OF. Colour changes on curing light-activated anterior restorative resins. Aust Dent J, 1989; 34(2):154-159.
32. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T and Vaidyanathan TK. Color stability of composites as a function of shade. J Prosthet Dent, 1998; 79(4):372-377.
33. Meyer-Lueckel H, Umland N, Hopfenmuller W and Kielbassa AM. Effect of mucina alone in combination with various dentifrices on *in vitro* remineralization. Caries Res, 2004; 38(5):478-483.
34. Prayitno S and Addy M. An *in vitro* study of factors affecting the development of staining associated with the use of chlorhexidine. J Periodontal Res, 1979; 14(5):397-402.

35. Dietschi D, Campanile G, Holz J and Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new generation composites: an *in vitro* study. Dent Mater, 1994; 10(6):353-362.
36. Leibrock A, Rosentritt M, Lang R, Behr M and Handel G. Colour stability of visible light- curing hybrid composites . Eur J Prosthodont Restor Dent, 1997; 5(3):125-130.
37. Hosoya Y. Five-year color changes of light-cured resin composites: influence of light curing times. Dent Mater, 1999; 15(4):268-274.
38. Al-Wahadni A, Ajlouni R, Al-Omari Q, Cobb D, Dawson D. Shade-match perception of porcelain-fused-to-metal restorations: a comparison between dentist and patient. J Am Dent Assoc, 2002; 133(9):1220-1225; quiz 1260-1.
39. *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE). Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. Supplement n^o. 2 of publication CIE n^o. 15 (E-1.3.1) ed. Paris: Bureau Central de la CIE; 1978.
40. O'Brien WJ. Dental Materials and their selection. 3rd ed. São Paulo: Quintessence Books; 2002.
41. Seghi RR, Johnston WM and O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. J Prosthet Dent, 1986; 56(1):35-40.
42. Rinke S, Hüls A and Kettler MJ. Colorimetric analysis as a means of quality control for dental ceramic materials. Eur J Prosthodont Restor Dent, 1996; 4(3):105-110.

43. Lee YK. Changes in the reflected and transmitted color of esthetic brackets after thermal cycling. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008; 133(5):641.e1-6).
44. Lee YK. Colour and translucency of tooth-coloured orthodontic brackets. *Eur J Orthod*, 2008; 30(2):205-210.
45. Wriedt S, Schepke U and Wehrbein H. The discoloring effects of food on the color stability of esthetic brackets – an *in vitro* study. *J Orofac Orthop*, 2007; 68(4):308-320.
46. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky AS and Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater*, 2003; 19(7):612-619.
47. Vichi A, Ferrari M and Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater*, 2004; 20(6):530-534.
48. Ruyter IE, Nilner K and Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater*, 1987; 3(5):246-251.
49. Stober T, Gilde H and Lenz H. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater*, 2001; 17(1):87-94.
50. Ertas E, Güler AU, Yücel AÇ, Köprülü H and Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J*, 2006; 25(2):371-376.
51. Seghi RR, Hewlett ER and Kim J. Visual and instrumental colourimetric assessments of small colour differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res*, 1989; 68 (12):1760-1764.

52. Johnston WN and Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colourimetry. *J Dent Res*, 1989; 68(5):819-822.
53. Um CM and Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int*, 1991;22(5):377-386.
54. Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL and Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *J Prosthet Dent*, 1998; 80(5): 533-539.
55. Asmussen E. Factors affecting the color stability of restorative resins. *Acta Odontol Scand*, 1983; 41(1):11-18.
56. Rosentritt M, Esch J, Behr M, Leibrock A and Handel J. *In vivo* color stability of resin composite veneers and acrylic resin teeth in removal partial dentures. *Quintessence Int*, 1998; 29(8):517-521.
57. Omata Y, Uno S, Nakaoki Y, Tanaka T, Sano H, Yoshida S and Shidu, SK. Staining of hibrid composites with coffe, oolong tea, or red wine. *Dent Mater J*, 2006; 25(1):1-7.
58. Gürgan S, Öner A and Köprülü H. *In vitro* effects of alcohol-containing and alcohol free mouthrinses on microhardness of some restorative materials. *J Oral Rehabil*, 1997; 24(3):244-246.
59. Sarret DC, Coletti DP and Peluso AR. The effects of alcoholic beverages on composite wear. *Dent Mater*, 2000; 16(1):62-67.
60. Reis AF, Gianini M, Lovadino JR and Ambrosano GM. Effects of various finishing system on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater*, 2003; 19(1):12-18.

61. Penugonda B, Settembrini L, Scherer W, Hittelman E and Strassler H. Alcohol-containing mouthwashes: effect on composite hardness. J Clin Dent, 1994; 5(2):60-68.
62. Gürdal P, Akdeniz BG and Hakan Sen B. The effects of mouthrinses on microhardness and color stability of aesthetic restorative materials. J Oral Rehabil, 2002; 29(9):895-901.
63. Yanikoğlu N, Duymuş ZY and Yilmaz B . Effects of different solutions on the surface hardness of composite resin materials. Dent Mater J, 2009; 28(3):344-351.
64. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F and Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. J Prosthet Dent, 2006; 95(2):137-142.
65. Wiltshire WA and Labuschagne PW. Staining of light-cured aesthetic resin restorative materials by different staining media: an *in vitro* study. J Dent Assoc S Afr, 1990; 45(12):561-565.

Anexos

ANEXO A – Normas da revista selecionada para a publicação do artigo.

Official Publication of the [Academy of Dental Materials](http://ees.elsevier.com/dema)

Guide for Authors

Authors are requested to submit their original manuscript and figures via the online submission and editorial system for Dental Materials. Using this online system, authors may submit manuscripts and track their progress through the system to publication. Reviewers can download manuscripts and submit their opinions to the editor. Editors can manage the whole submission/review/revise/publish process. Please register at: <http://ees.elsevier.com/dema>. Dental Materials now only accepts online submissions.

The Artwork Quality Control Tool is now available to users of the online submission system. To help authors submit high-quality artwork early in the process, this tool checks the submitted artwork and other file types against the artwork requirements outlined in the Artwork Instructions to Authors on www.elsevier.com/artworkinstructions. The Artwork Quality Control Tool automatically checks all artwork files when they are first uploaded. Each figure/file is checked only once, so further along in the process only new uploaded files will be checked.

Manuscripts

The journal is principally for publication of **Original Research Reports**, which should preferably investigate a defined hypothesis. Maximum length 6 journal pages (approximately 20 double-spaced typescript pages) including illustrations and tables.

Systematic Reviews will however be considered. Intending authors should communicate with the Editor beforehand, *by email*, outlining the proposed scope of the review. Maximum length 10 journal pages (approximately 33 double-spaced typescript pages) including figures and tables.

Three copies of the manuscript should be submitted: each accompanied by a set of illustrations. The requirements for submission are in accordance with the "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals", *Annals of Internal Medicine*, 1977, 126, 36-47. All manuscripts must be written in American English. Authors are urged to write as concisely as possible.

The Editor and Publisher reserve the right to make minimal literary corrections for the sake of clarity. Authors for whom English is not the first language should have their manuscripts read by colleagues fluent in English. If extensive English corrections are needed, authors may be charged for the cost of editing. For additional reference, consult issues of *Dental Materials* published after January 1999 or the Council of Biology Editors Style Manual (1995 ed.).

All manuscripts should be accompanied by a **letter of transmittal**, signed by each author, and stating that the manuscript is not concurrently under consideration for publication in another journal, that all of the named authors were involved in the work leading to the publication of the paper, and that all the named authors have read the paper before it is submitted for publication.

Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety.

Manuscripts not conforming to the journal style will be returned. In addition, manuscripts which are not written in fluent English will be rejected automatically without refereeing.

Format

General

- number all pages consecutively.
- type double-spaced on A4 or 8.5 x 11-inch bond paper, with margins of 30 mm.
- double-space references.
- indent or space paragraphs.
- arrange article in the following order: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figures, Captions.
- start each section on a separate page.

Title page

- Title (capitalize the first letter of the first word) e.g. Comparison of the color stability of ten new composites.
- Authors (first name, middle initial, surname) e.g. Kenneth J. Anusavice 1, Victoria Marker 2
- Authors' addresses (abbreviated) e.g.
 - 1 Department of Biomaterials, University of Florida, Gainesville, Florida, USA
 - 2 Department of Biomaterials Science, Baylor College of Dentistry, Dallas, Texas, USA
- Short Title (45 characters) e.g. Color stability of composites
- **Corresponding Author details (essential): Name, complete address, phone, fax, and E-mail numbers**

Abstract (structured format)

- 250 words or less.
- subheadings should appear in the text of the abstract as follows: Objectives, Methods, Results, Significance. (For Systematic Reviews: Objectives, Data, Sources, Study selection, Conclusions). The Results section may incorporate small tabulations of data, normally 3 rows maximum.

Keywords

Up to 10 keywords should be supplied e.g. dental material, composite resin, adhesion.

Introduction

This must be presented in a structured format, covering the following subjects, although actual subheadings should not be included:

- succinct statements of the issue in question;
- the essence of existing knowledge and understanding pertinent to the issue (reference);
- the aims and objectives of the research being reported relating the research to dentistry, where not obvious.

Materials and methods

- describe the procedures and analytical techniques.
- only cite references to published methods.
- include at least general composition details and batch numbers for all materials.
- identify names and sources of all commercial products e.g.
"The composite (Silar, 3M Co., St. Paul, MN, USA)..."
"... an Au-Pd alloy (Estheticor Opal, Cendres et Metaux, Switzerland)."
- specify statistical significance test methods.

Results

- refer to appropriate tables and figures.
- refrain from subjective comments.
- make no reference to previous literature.
- report statistical findings.

Discussion

- explain and interpret data.
- state implications of the results, relate to composition.
- indicate limitations of findings.
- relate to other relevant research.
- suggest directions for future research.

Conclusion (if included)

- must NOT repeat Results or Discussion
- must concisely state inference, significance, or consequences

Acknowledgements

As appropriate, e.g.:

"Based on a thesis submitted to the graduate faculty, University of Virginia, in partial fulfilment of the requirements for the M.S. degree."

"This investigation was supported in part by Research Grant DE 00000 from the National Institute of Dental Research, Bethesda, MD 20892."

References - must now be given according to the following numeric system:

Cite references in text in numerical order. Use square brackets: in-line, not superscript e.g. [23]. All references must be listed at the end of the paper, double-spaced, without indents. For example:

1. Moulin P, Picard B and Degrange M. Water resistance of resin-bonded joints with time related to alloy surface treatments. J Dent, 1999; 27:79-87.
2. Taylor DF, Bayne SC, Sturdevant JR and Wilder AD. Comparison of direct and indirect methods for analyzing wear of posterior composite restorations. Dent Mater, 1989; 5:157-160.

Avoid referencing abstracts if possible. If unavoidable, reference as follows:

3. Demarest VA and Greener EH. Storage moduli and interaction parameters of experimental dental composites. J Dent Res, 1996; 67:221, Abstr. No. 868.

Tables and figures

All tables and figures must be thoroughly discussed in the text of the manuscript.

Tables

- one table to a page, each with a title.
- number tables in order of mention using Arabic numerals.

- must be able to "stand alone" apart from text.
- when appropriate, standard deviations of values should be indicated in parentheses; (do NOT use $\pm$ notation).
- results of statistical analysis must be included, use superscript letters to indicate significant differences.
- for explanatory footnotes, use symbols (*, #, **, ##).

Figures

- Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text. Images to be supplied separately in jpg, gif or other graphics file.
- only black and white photographs for print publication.
- omit titles and other information contained in the figure caption.
- maximum of 6 figures per manuscript.
- figures grouped together should have similar dimensions and be labelled "a, b, c", etc.
- place magnification markers directly on the micrographs.
- authors should consider that the majority of figures will be reduced to the width of a single column (approximately 85 mm). Preferably figures should exactly match, or be no more than 1.5 times that width.
- authors can indicate if they feel a figure should be full page width.

Dental Materials has been selected for inclusion in a new 'colourful e-products' workflow. Figures that appear in black and white in the printed version of the journal can be IN COLOUR, online, in ScienceDirect. Authors wishing to make use of this facility should ensure that 1. the artwork is in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and at the correct resolution 2. RGB colourspace is used and 3. for colour online and black and white in print, both colour and black and white artwork (file and/or hardcopy) is provided. **There will be no charges to the authors for colour figures online.**

Graphs

- unique, concise axis labels; do not repeat the Figure caption.
- uniform size for graphs of similar type.
- type size that will be easily read when the graph is reduced to one column width.
- lines that are thick and solid (100% black).

Captions to tables and figures

- list together on a separate page.
- should be complete and understandable apart from the text.
- include key for symbols or abbreviations used in Figures.
- individual teeth should be identified using the FDI two-digit system.

General Notes on Text

Abbreviations and acronyms: terms and names to be referred to in the form of abbreviations or acronyms must be given in full when first mentioned.

Correct Usage

- use S.I. units (International System of Units). If non-SI units must be quoted, the SI equivalent must immediately follow in parentheses.
- use correct symbols for μ , L (as in μm , mL, etc.)
- put leading zeros in all numbers less than 1.0
- write out number of ten or fewer (ten rats) except when indicating inanimate quantities (10 mL)
- always use digits for dates, dimensions, degrees, doses, time, percentages, ratios, statistical results, measurements, culture cells, and teeth.
- the complete names of individual teeth must be given in the text.

General Policy

- receipt of manuscripts will be acknowledged.
- after initial review, authors will be notified of status.
- every effort is made to obtain timely reviews; please remember that the referees and the editor are volunteers.
- a list of revisions and responses to reviewers' critiques must accompany resubmitted revised manuscripts.

On Submission: Agreement, by the act of ticking a box, to the statement, "This paper has been compiled with the knowledge, input and approval of all the named authors."

On acceptance, authors will be required to sign a **transfer of copyright agreement**. If figures, tables, or other excerpts, are included from copyrighted works the author is responsible for obtaining written permission from the copyright holder prior to submitting the final version of the paper. Full credit must be given to such sources.

Offprints and page charges: no page charges are levied on articles published in *Dental Materials*. Each corresponding author receives 25 offprints of their article free of charge after it has been published; they will also have the opportunity to order additional copies.

Submission Package Checklist:

- *letter of transmittal* signed by all authors.
- One electronic copy of the manuscript.
- One electronic copy of each image and table, all labelled.

For further guidance on electronic submission, please contact Author Services, Log-In Department, Elsevier Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK. E-mail: authors@elsevier.co.uk, fax: +44 (0)1865 843905, tel: +44 (0)1865 843900.

ANEXO B

Tabela 1 - Bráquetes e sua constituição.

Bráquete	Código	Fabricante	Tipo	Material
Composite[®]	Co	Morelli Ortodontia, Sorocaba, SP, Brasil	Plástico	policarbonato, reforçado com fibra de vidro
Silkon Plus[™]	Si	American Orthodontics, Sheboygan, WI, EUA	Plástico	policarbonato, reforçado com partículas cerâmicas
Invu[™]	In	TP Orthodontics, La Porte, IN, EUA	Cerâmico	alumina policristalina
Transcend[™]	Tr	3M Unitek, Monrovia, CA, EUA	Cerâmico	alumina policristalina

Tabela 2 - Divisão dos grupos.

Grupo	Bráquetes	Soluções	Bráquetes por solução	Total de bráquetes por grupo
G ₁	Composite [®]	Água destilada	10	40
		Coca-Cola [®]	10	
		Café	10	
		Listerine [®]	10	
G ₂	Silkon Plus [™]	Água destilada	10	40
		Coca-Cola [®]	10	
		Café	10	
		Listerine [®]	10	
G ₃	Invu [™]	Água destilada	10	40
		Coca-Cola [®]	10	
		Café	10	
		Listerine [®]	10	
G ₄	Transcend [™]	Água destilada	10	40
		Coca-Cola [®]	10	
		Café	10	
		Listerine [®]	10	
	n = 160			

Tabela 3 - Variação do pH.

Solução	Variação do pH	
	Antes da imersão	Após 24 horas de imersão
Água destilada	6,34	6,42
Refrigerante	2,61	4,80
Café	4,93	4,81
Enxaguatório	4,33	4,20

Tabela 4 - Análise de Variância com transformação em arcosseno dos dados obtidos a partir dos valores médios do ΔE^* .

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	p
Marca	3	1.36910795	0.45636932	1319.38	<.0001*
Solução	3	1.99981276	0.66660425	1927.17	<.0001*
Tempo	4	0.10451955	0.02612989	75.54	<.0001*
Espécime	9	0.00590676	0.00065631	1.90	0.0494
Marca*Solução	9	1.33567879	0.14840875	429.05	<.0001*
Marca*Solução*Tempo	60	1.65208616	0.02753477	79.60	<.0001*
Resíduo	711	0.24593321	0.00034590		
Total	799	6.71304517			

*estatisticamente significativa ao nível de 1%.

Tabela 5 – Valores médios do ΔE^* e desvio-padrão de cada marca, de acordo com a solução ao longo do tempo.

Marca	ΔE^* médio (dp)	Solução			
		água destilada	refrigerante	café	enxaguatório
Composite®	ΔE^*_{1}	0,445a (0,194437)	0,802b (0,210069)	1,595c (0,307038)	0,671ab (0,253616)
	ΔE^*_{3}	0,725b (0,33768)	1,464c (0,39164)	2,868de (0,57024)	1,254ci (0,307398)
	ΔE^*_{7}	0,408a (0,287626)	2,732d (0,733315)	3,822g (0,710239)	0,648ab (0,352067)
	ΔE^*_{10}	0,553ab (0,300335)	3,413e (0,902762)	5,198fh (0,515554)	0,554ab (0,31248)
	ΔE^*_{14}	0,750b (0,450876)	4,449fg (0,600804)	5,679h (0,514856)	0,450ab (0,194594)
Silkon Plus™	ΔE^*_{1}	0,81a (0,44572)	1,468b (0,261398)	2,293cd (0,269033)	0,817al (0,347245)
	ΔE^*_{3}	0,696a (0,302515)	1,96c (0,446468)	3,338h (0,375908)	0,86 al (0,487761)
	ΔE^*_{7}	0,772a (0,371118)	2,744d (0,435717)	4,312i (0,36772)	1,061l (0,29614)
	ΔE^*_{10}	0,606a (0,405112)	3,721e (0,561831)	5,188j (0,518626)	0,992 al (0,342241)
	ΔE^*_{14}	0,75a (0,450876)	4,716f (0,72062)	6,416k (0,521349)	0,82 al (0,302288)
Invu™	ΔE^*_{1}	0,597a (0,407923)	1,211bc (0,210103)	8,143g (0,609955)	32,825j (0,548579)
	ΔE^*_{3}	1,295b (0,387076)	1,364bc (0,325856)	10,015h (0,623151)	4,513fk (0,622505)
	ΔE^*_{7}	1,389b (0,34812)	1,984bd (0,691828)	11,143h (0,413173)	4,348fk (0,43764)
	ΔE^*_{10}	1,422b (0,286543)	3,574e (0,772402)	11,389h (0,430154)	5,251fl (0,944357)
	ΔE^*_{14}	1,516b (0,263363)	4,554f (0,909593)	12,058i (0,550814)	5,661l (0,638617)
Transcend™	ΔE^*_{1}	0,552a (0,314812)	3,596b (0,440585)	0,898c (0,254899)	0,727ac (0,345545)
	ΔE^*_{3}	0,632a (0,349374)	3,296b (1,247061)	2,097d (0,588313)	0,472f (0,302354)
	ΔE^*_{7}	0,779a (0,571731)	3,35b (0,496767)	3,063b (0,849484)	0,47f (0,299518)
	ΔE^*_{10}	0,537a (0,346187)	3,344b (0,712245)	3,725b (0,624664)	0,451f (0,23421)
	ΔE^*_{14}	0,74a (0,338625)	3,511b (0,728842)	4,694e (0,449647)	0,412f (0,1641)

*letras diferentes significa haver diferença estatisticamente significativa.

Tabela 6 - Comparação do comportamento entre as marcas.

Marca	Nº de medidas	Média	Tukey*
Composite®	200	0.125110	A
Silkon Plus™	200	0.137257	B
Invu™	200	0.223390	C
Transcend™	200	0.123557	A

*letras diferentes representam diferença estatisticamente significativa.

Tabela 7 - Comparação do potencial corante das soluções.

Solução	Nº de medidas	Média	Tukey*
Água destilada	200	0.085010	A
Refrigerante	200	0.165116	B
Café	200	0.223280	C
Enxaguatório	200	0.135907	D

*letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa.

Tabela 8 - Influência do tempo no valor médio do ΔE^* durante o período de armazenamento.

Marca	Nº de medidas	Média	Tukey*
T ₁	160	0.145502	A
T ₃	160	0.137960	B
T ₇	160	0.148316	A
T ₁₀	160	0.159168	C
T ₁₄	160	0.170695	D

*letras diferentes representam diferença estatisticamente significativa.

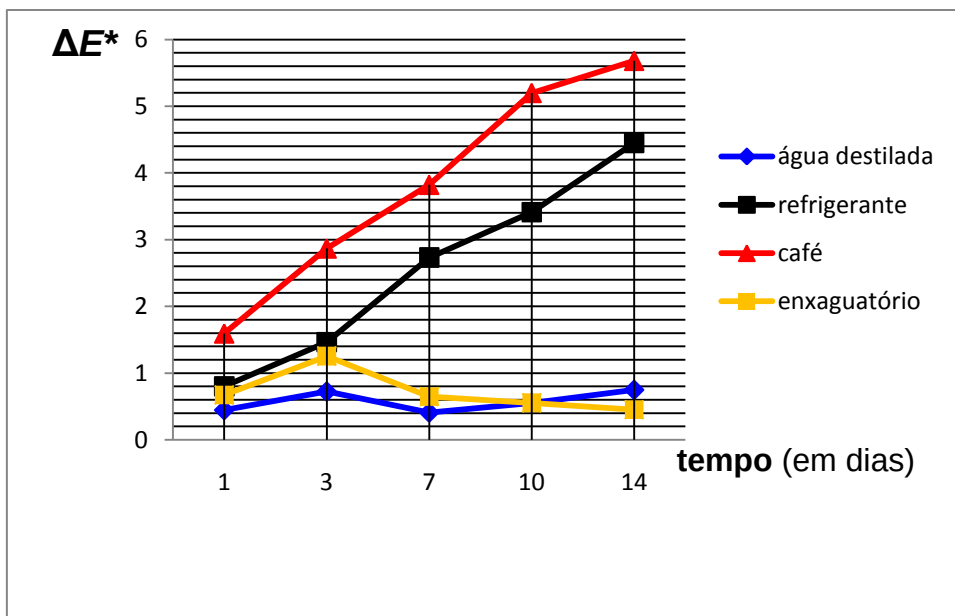


Gráfico 1. Comportamento cromático dos bráquetes Composite®.

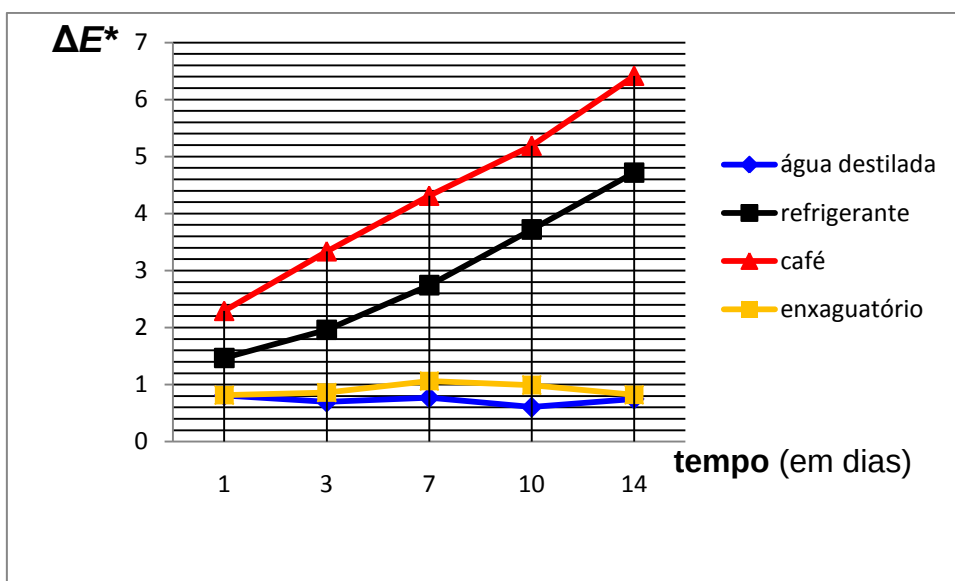


Gráfico 2. Comportamento cromático dos bráquetes Silkon Plus™.

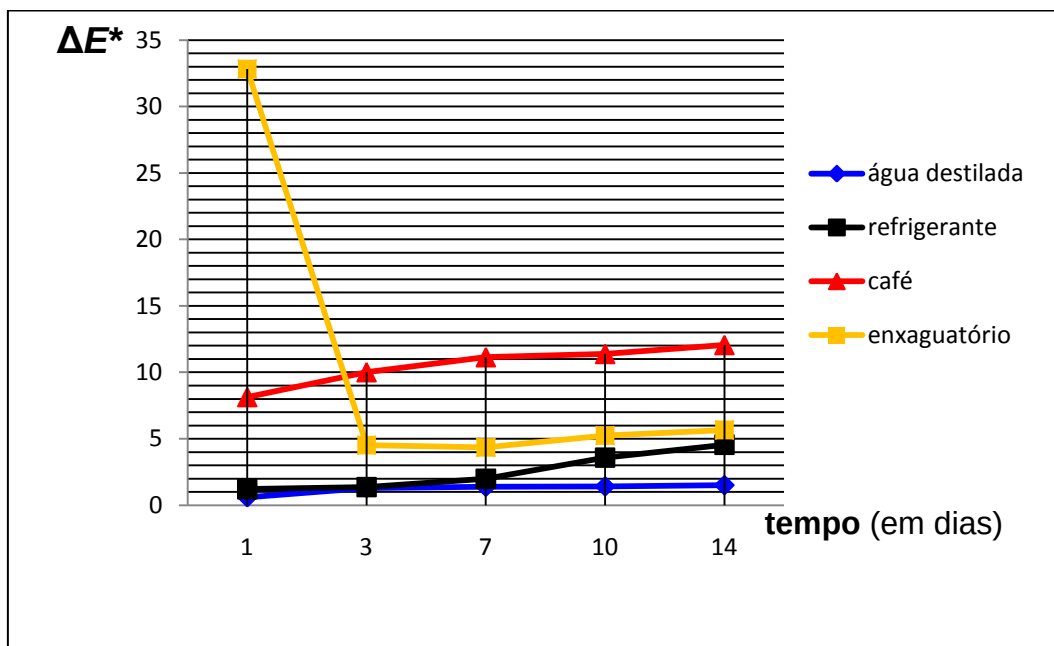


Gráfico 3. Comportamento cromático dos bráquetes Invu™.

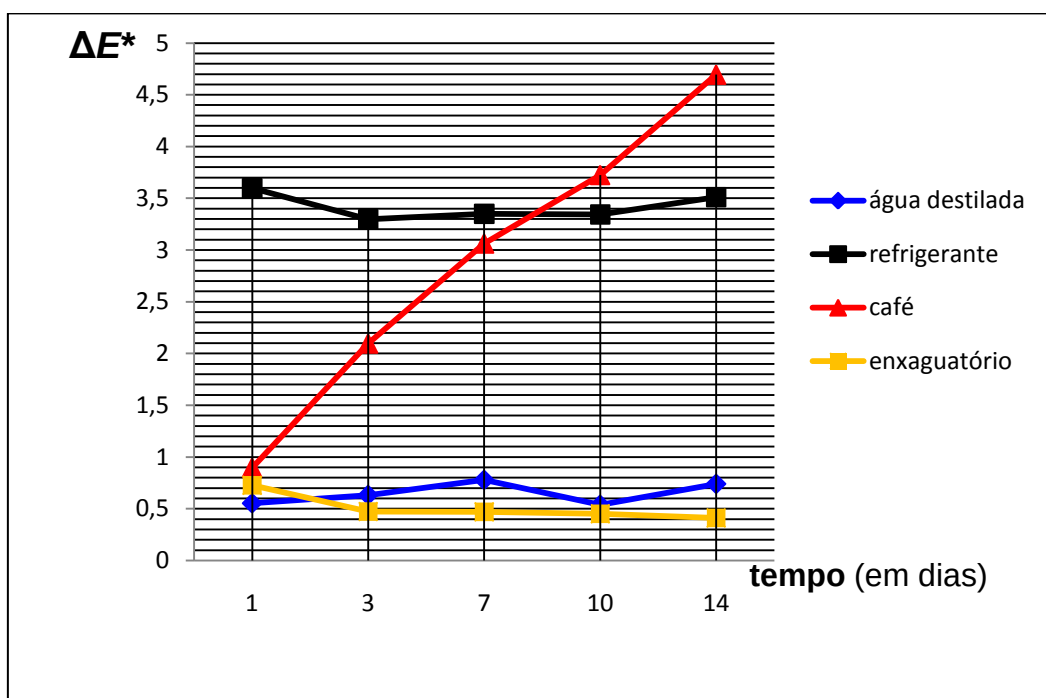


Gráfico 4. Comportamento cromático dos bráquetes Transcend™.



Fig. 1 - Disposição ordinária dos microtubos no suporte de polipropileno.



Fig. 2 - Espectrofotômetro acoplado ao computador.

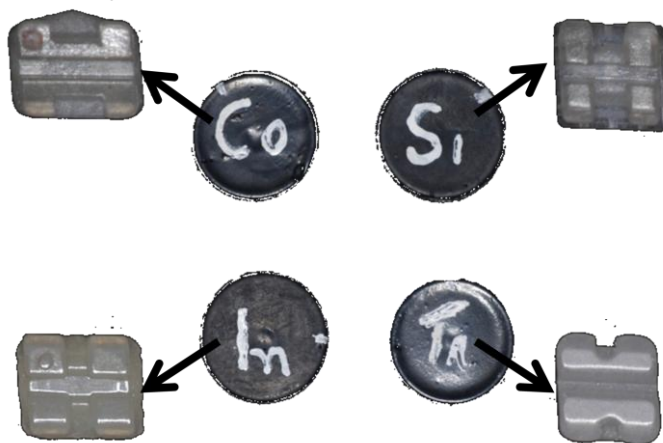


Fig. 3 - Bráquetes e suas respectivas matrizes de PVC.

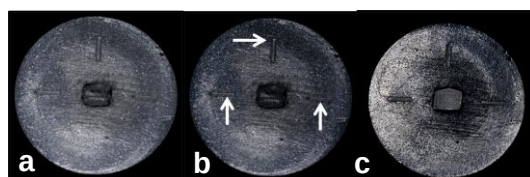


Fig. 4 - Encaixe padronizado entre bráquete-matriz. a, vista posterior; b, demarcações para padronização de posição; c, bráquete encaixado.

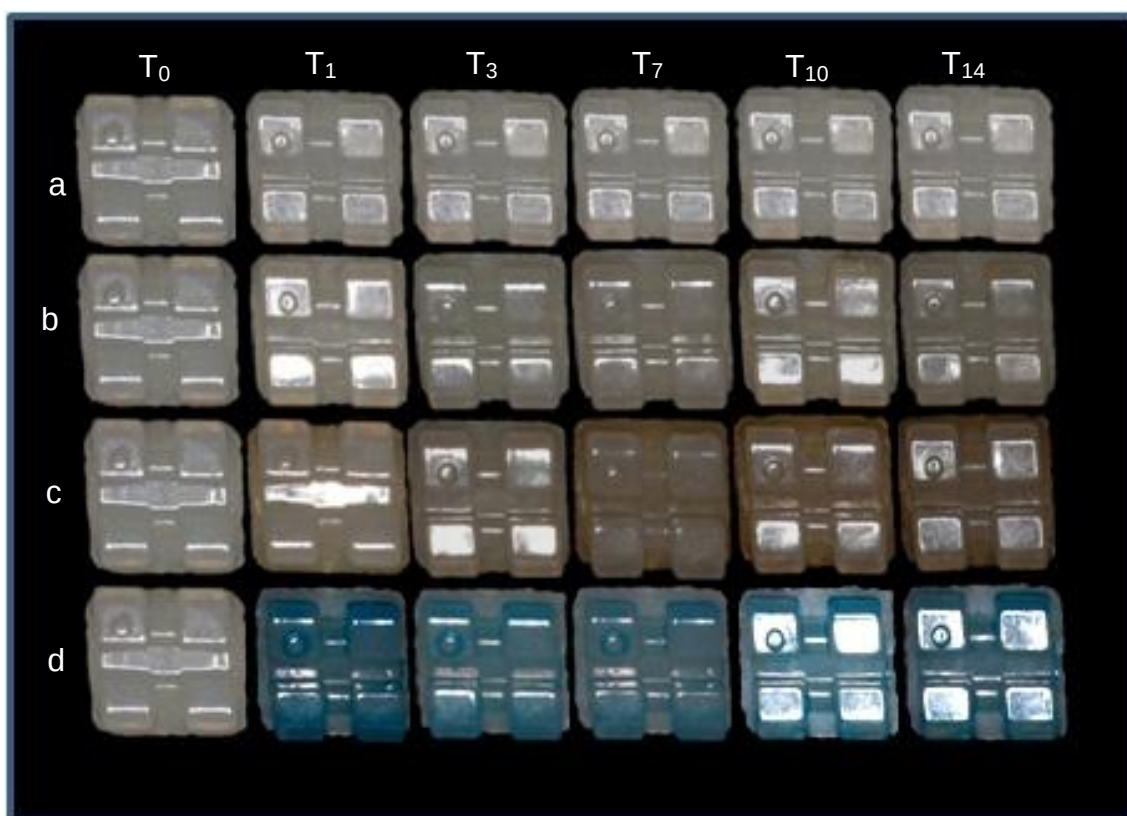


Fig. 5 - Comportamento do Bráquete Invu™ ao longo do tempo (T₀ ao T₁₄) na água destilada (a), refrigerante (b), café (c) e enxaguatório (d).