

MAX SCHMELING

OPAlescência de Dentes Clareados

Tese de Doutorado

Florianópolis
2011

MAX SCHMELING

OPALESCÊNCIA DE DENTES CLAREADOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Pires Maia

Co-Orientador: Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri

Florianópolis
2011

Catálogo na fonte da
Universidade Federal de Santa Catarina

S347 o Schmeling, Max

Opalescência de dentes clareados [tese] / Max Schmeling ;
orientador, Hamilton Pires Maia. - Florianópolis, SC, 2011.
76 p.: graf., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina,
Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em
Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. 2. Opalescência. 3. Esmalte dentário.
I. Maia, Hamilton Pires. II. Universidade Federal de Santa
.Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III.
Título.

CDU 616.314

Dedicado a meu pai
Siegfried Schmeling

AGRADECIMENTOS

A **Deus** por ser quem sou e por haver- me confiado a vida que tenho.

Aos meus pais **Siegfried e Sevi Schmeling** por todo amor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Hamilton Pires Maia** pela orientação sempre segura, não somente nesta tese, mas também nas diversas aulas e artigos.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. **Luiz Narciso Baratieri** por me inspirar e me incentivar a crescer como ser humano e como profissional.

Aos Profs. Drs. da disciplina de Detística da UFSC, **Sylvio Monteiro Jr., Luiz Clovis Cardoso Vieira, Mauro Amaral Caldeira de Andrada, Cléo Nunes de Souza, Guilherme Carpena Lopes, Renata Gondo Machado e Jussara Karina Bernardon** pelas diversas e valiosas lições.

Ao colega, Prof. Dr. **Luis Henrique Schlichting** pelo auxílio durante a confecção dos espécimes.

Ao Prof. Dr. **Paulo Francisco César** do departamento de materiais dentários da Universidade do Estado de São Paulo (USP) pelas mensurações espectrofotométricas.

Aos militares e amigos **Gen Cesário, Cel Gesiel, Tcel Sczelbracikovisk** pela confiança e pela camaradagem.

Aos colegas de doutorado **Renan Belli, Neimar Sartori, Fábio Andretti, Júnio Santos, Marcelo Taveira, Silvana Batalha, Luana Lima, Eduardo Daudt, David Farias, Daniel Baptista, Cássio Neto, Adriano Almeida e Greiciana Bruzi** pelo companheirismo e pela parceria.

SCHMELING, M. **Opalescência de dentes clareados**. 2011. 76f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a influência do clareamento dental na opalescência do esmalte de dentes bovinos.

Métodos: Por meio de análise espectrofotométrica a cor dos espécimes foi observada antes e após clareamento nos modos de reflexão e de transmissão luminosa. Os resultados foram descritos nas coordenadas do sistema CIELAB. O índice de opalescência (IO) foi calculado pela diferença da coordenada amarelo-azul (CIE Δb^*) e da coordenada vermelho-verde (CIE Δa^*) entre os dois modos de iluminação.

Resultados: Os espécimes apresentaram IO médio de 18,9 ($\pm 1,6$) antes do clareamento e de 16,1 ($\pm 1,0$) após clareamento.

Conclusão: O clareamento provocou decréscimo do IO dos espécimes ($p > 0,0001$). A diminuição do IO foi correlacionado com a diferença na coordenada cromática b^* no modo de transmissão luminosa.

Palavras chave:

Opalescência

Esmalte

Luz refletida

Luz transmitida

SCHMELING, M. **Opalescence of bleached teeth.** 2011. 76f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ABSTRACT

Objective: To determine changes in the opalescence parameter (OP) after bleaching of enamel specimens obtained from bovine teeth.

Methods: Reflected and transmitted colors of specimens were measured prior to and after bleaching with a reflection spectrophotometer. Color evaluation was determined according the CIELAB system. The opalescence parameter (OP) was calculated as the difference in yellow-blue color coordinate (CIE Δb^*) and red-green color coordinate (CIE Δa^*) between the reflected and transmitted colors.

Results: OP average of the specimens was 18.9 (± 1.6) before bleaching and 16.1 (± 1.0) after bleaching.

Conclusions: Bleaching decreases the OP of the specimens ($p > 0,0001$). OP decrease was correlated with differences in b^* color coordinate in the transmission mode.

Keywords

Opalescence

Enamel

Reflected light

Transmitted light

SUMÁRIO

Introdução.....	15
Artigo (versão em português).....	21
Article (versão em inglês).....	43
Referências da introdução.....	65
Normas para publicação do artigo.....	69

INTRODUÇÃO

De acordo com a física, cor é igual a luz.¹ Se não houver luz, não haverá cor. A luz é uma forma de energia eletromagnética, diferenciada das ondas de rádio ou das microondas, através do comprimento de onda. Embora o olho humano seja continuamente exposto a todos os comprimentos de onda presentes no campo eletromagnético, somente uma pequena faixa entre 380nm-700nm (nanômetros) chamada “espectro visível”, é capaz de estimular as células fotossensíveis presentes na retina, desencadeando o processo de percepção visual.²⁻⁷

A luz branca contém todas as cores, como ficou comprovado pela dissociação de um feixe de luz branco em sete cores visíveis, através de sua incidência em um prisma.⁸ Quando a luz atinge a superfície de um material, diferentes comprimentos de onda podem ser absorvidos, refletidos (de forma especular ou difusa) ou transmitidos.⁹⁻¹⁰ A luz que não é absorvida determina o comprimento de onda que poderá ser observado (a cor do objeto). A reflexão especular é aquela que acontece tal qual na superfície de um espelho. Nesse tipo de reflexão, a luz refletida apresenta a mesma angulação da luz incidente. Na reflexão difusa a luz refletida apresenta direção variada.⁹⁻¹⁰ Finalmente, a luz transmitida é aquela que penetra no material e que pode ocasionar a opalescência.¹¹

Quando a luz deixa de ser transmitida através do ar para ser transmitida através de objetos translúcidos, nota-se mudança de direção do trajeto luminoso, fenômeno conhecido como refração¹¹⁻¹⁴ Ela ocorre devido a diferença na velocidade de transmissão da luz entre os meios e pode ser quantificada através do cálculo do índice de refração, que consiste na razão da velocidade de transmissão da luz no vácuo com a velocidade de transmissão da luz no objeto.¹¹⁻¹⁴

A diferença no índice de refração entre dois materiais determina o desvio do trajeto luminoso na interface. Geralmente, o índice de refração é maior nos menores comprimentos de onda, em outras palavras, a luz

vermelha é mais rápida do que a luz azul no mesmo material. Por esse motivo, os menores comprimentos de onda sofrem maior desvio que os comprimentos maiores.¹¹⁻¹⁴ A variação no índice de refração em função do tamanho do comprimento de onda recebe o nome de dispersão.¹⁵ No interior do objeto a refração se repete sempre que a luz encontra uma nova interface. A presença de grande número de partículas internas aumenta o número de interfaces e o espalhamento da luz, diminuindo a transmissão. Além da quantidade, o tamanho e a forma das partículas também influem no espalhamento da luz.¹⁶ Quando o tamanho da partícula corresponde ao tamanho do comprimento de onda azul, somente os comprimentos de onda com tamanho igual ou menor que o comprimento azul (violeta, índigo e azul) serão desviados por essas partículas, enquanto os comprimentos maiores serão transmitidos normalmente.¹¹⁻¹⁴ Ao ser observado por luz transmitida, esse objeto apresentará aparência alaranjada, entretanto, quando observado sob luz refletida, a cor azul será predominante. Inicialmente observado nas pedras opala, esse fenômeno recebeu o nome de opalescência.¹⁷⁻¹⁸

As opalas são rochas vulcânicas famosas por serem utilizadas como jóias e por apresentar cores fantásticas. Por meio de microscopia eletrônica elas foram descritas com arranjo hexagonal ou cúbico formado por minúsculas esferas de sílica e pequena quantidade de água (menos de 9%). As esferas apresentam cerca de 0,15 μm de diâmetro. Entre elas, espaços menores (que podem estar vazios, preenchidos por ar, por água ou pelos dois elementos) formam interfaces com diferentes índices de refração ocasionando o espalhamento da luz.^{11,19}

O esmalte dos dentes naturais também é opalescente, capaz de espalhar da luz branca tonalidades azuladas.²⁰ Estudo *in vitro* descrito por Ten Bosch e Coops (1995), demonstrou que a cor de 28 dentes que tiveram o esmalte removido apresentou forte relação com a cor completa do dente, comprovando que o matiz dos dentes naturais é basicamente originada pela dentina, cabendo ao esmalte a função de espalhar os menores comprimentos de

onda do espectro visível.²¹ Ao observarem finas amostras de esmalte dental humano sob iluminação natural, Zijp et al. (1995), também reportaram a presença de tonalidades azuladas na reflexão luminosa e de tonalidades amareladas durante o processo de transmissão da luz.²²

Apesar da existência de relatos na literatura que atribuem a opalescência do esmalte a espaços vazios localizados entre os prismas (espaços interprismáticos),²³ um estudo realizado por Vaarkamp, Ten Bosh e Verdonschot (1995) demonstrou que os cristais de hidroxiapatita são os principais responsáveis pelo espalhamento da luz.²⁴ Durante a biomineralização do esmalte, proteínas da matriz extracelular controlam posicionamento dos cristais de hidroxiapatita de forma extremamente organizada, agrupando-os na forma de prismas com base voltada para a junção amelodentinária.²⁵ Esse posicionamento faz que o esmalte se assemelhe a um fibra óptica e favoreça a propagação da luz. Durante o trajeto da luz no interior do prisma, entretanto, o posicionamento dos cristais limita a transmissão da cor azul, espalhando-a.²⁴

Todos os dentes que se apresentam naturalmente cobertos por esmalte apresentam opalescência. No entanto, essa propriedade pode ser mais bem observada nos incisivos centrais superiores em forma de faixa azulada localizada próxima ao bordo incisal denominada halo opalescente.²⁶⁻³⁰ Devido a sua grande importância estética, a opalescência foi considerada por alguns autores uma dimensão cromática²⁶ capaz de ser reconhecida por quatro diferentes tipos de apresentação.²⁹

- Tipo 1 – Encontrado em bordos incisais que apresentam halo opalescente intimamente relacionado com os mamelos dentinários. É o tipo de opalescência apresentado por 58% indivíduos.

- Tipo 2 – Nesse tipo de opalescência o halo opalescente não penetra entre os mamelos de dentina, se estendendo ao longo do bordo incisal. É o tipo de opalescência apresentado por 17% dos indivíduos.

•Tipo 3 – Encontrado em bordos incisais que apresentam halo opalescente difuso, distribuído de modo aleatório por todo o bordo incisal. É o tipo de opalescência apresentado por 4% dos indivíduos.

•Tipo 4 – Nesse tipo de opalescência o halo opalescente apresenta-se misturado com alguma espécie de pigmentação ou caracterização. É o tipo de opalescência apresentado por 25% dos indivíduos.

O dente é uma estrutura translúcida e, como tal, sua observação está sujeita à influência do contraste de fundo.³¹ Opalescência e contraopalescência também estão sujeitas a essa influência. Baratieri, Araújo, Monteiro (2005) observaram maior destaque do halo opalescente quando os incisivos centrais superiores encontravam-se em desoclusão (observados sob o fundo escuro da cavidade oral). Entretanto, quando encontravam-se em oclusão (observados com os incisivos inferiores à retaguarda) o halo opalescente tornou-se menos perceptível ao contrário das características contraopalescentes que se destacaram.²⁷ Esses autores também demonstraram que ao remover o esmalte vestibular de incisivos extraídos, a ponta dos mamelos apresentou cor branco opaca diferente da cor alaranjada inicial, comprovando a influência da contraopalescência na aparência do dente.

A opalescência do esmalte aliada com o aumento da exigência estética que aconteceu nas últimas décadas tornou necessária a existência de materiais restauradores opalescentes para possibilitar tratamentos com aparência natural.³²⁻³³ Atualmente, diversas patentes de materiais opalescentes podem ser encontradas na literatura.³⁴⁻³⁶

O enriquecimento do arranjo cristalino por fase vítrea destacada, capaz de espalhar a luz azul, proporcionou opalescência às cerâmicas odontológicas e solucionou problemas estéticos relacionados ao valor e à translucidez desse material.³⁷ Quando a opalescência das pedras opala, dos dentes e de diferentes cerâmicas odontológicas foi comparada, a opalescência das cerâmicas demonstrou resultado superior aos demais que foi

diretamente proporcional a quantidade da fase vítrea presente no arranjo cerâmico.¹¹ Recentemente, alguns autores avaliaram o IO de estruturas cerâmicas para coroas e registraram baixo resultado, que foi associado à baixa translucidez do material.³⁸

Nas resinas compostas a opalescência é resultado dos diferentes índices de refração entre as partículas de carga e outros pigmentos incorporados à matriz resinosa.^{19,39} A contração sofrida pela matriz, no entanto, é a responsável por alterar o IO desse material após fotopolimerização.³⁹ Por meio de análise espectrofotométrica alguns autores avaliaram o IO de resinas compostas e demonstraram que essa propriedade óptica pode variar nesse material conforme a marca comercial e a designação cromática.¹⁹ Embora a translucidez seja considerada atributo indispensável para haver opalescência nas resinas compostas, nem todas as resinas translúcidas apresentaram opalescência. Alguns autores avaliaram o IO de resinas compostas após envelhecimento acelerado e não observaram alteração significativa nos resultados, fato que sugere longevidade dessa propriedade nesse material.⁴⁰

A correta reprodução da opalescência com resinas compostas envolve a observação criteriosa dos dentes adjacentes, a seleção de resinas opalescentes e a aplicação dessas resinas em locais adequados.^{27-28,30} A correta reprodução da opalescência com sistemas cerâmicos também envolve criteriosa observação e o uso de cerâmicas opalescentes; entretanto, essas informações devem ser transmitidas ao ceramista que realizará a restauração.

ARTIGO (VERSÃO EM PORTUGUÊS)

Formatado conforme normas do Journal of Dentistry.

INTRODUÇÃO

A odontologia restauradora contemporânea baseia-se na promoção de saúde e na aplicação de técnicas minimamente invasivas. Por preservar o tecido dental e proporcionar custos mais baixos do que outras modalidades restauradoras, o clareamento dental se tornou procedimento clínico rotineiro.¹

O aumento do número de pacientes com dentes clareados impulsionou a realização de diversos estudos que avaliaram os efeitos do clareamento na cor do esmalte e da dentina. Geralmente, esses estudos descrevem o aumento do valor e a diminuição das características cromáticas desses tecidos nos seus resultados.²⁻³ Recentemente, alguns autores avaliaram a influência do clareamento dental na translucidez do esmalte e relataram o decréscimo desse atributo após o clareamento.⁴

Embora a cor e a translucidez sejam consideradas os principais fatores na aparência dos dentes, outros fatores também são extremamente importantes, como a opalescência do esmalte,⁵ objeto deste estudo. A opalescência é uma propriedade óptica que acontece pelo espalhamento dos menores comprimentos de onda do espectro visível, tornando os objetos opalescentes mais azulados quando observados sob luz refletida e mais alaranjados quando observados sob luz transmitida.⁶ Todos os dentes que se apresentam naturalmente cobertos por esmalte apresentam opalescência. No entanto, essa propriedade pode ser mais bem observada nos incisivos centrais superiores em forma de faixa azulada localizada próxima ao bordo incisal denominada halo opalescente.⁷⁻⁸

Além de originar o halo opalescente, a opalescência também dá origem a outro fenômeno óptico chamado contraopalescência, responsável pela aparência alaranjada que pode ser observada na região de ponta dos mamelos de dentes anteriores. Ela acontece quando as ondas de maior

comprimento, que normalmente são transmitidas através do esmalte, encontram estruturas capazes de refleti-las. Quando a luz realiza trajeto inverso através do esmalte, o comprimento de onda azul continua sendo espalhado enquanto os maiores comprimentos são transmitidos, tornando a dentina mais alaranjada.⁷⁻⁸

Apesar do clareamento dental ser procedimento clínico rotineiro e da opalescência ser propriedade óptica de extrema importância na aparência dos dentes, nenhum estudo sobre a influência do clareamento na opalescência foi encontrado na literatura. O objetivo deste estudo é, por meio de análise espectrofotométrica, avaliar a influência de uma técnica de clareamento na opalescência de espécimes de esmalte bovino. A hipótese nula testada é de que o clareamento não provoca alteração na opalescência dos espécime

MATERIAIS E MÉTODOS

CONFECÇÃO DOS ESPÉCIMES

Um total de 38 espécimes foi confeccionado com dentes bovinos extraídos e armazenados em solução de timol a 0,02%. Os dentes foram cuidadosamente selecionados visando a evitar cáries, trincas, rachaduras e manchas. Com auxílio de pontas diamantadas em alta rotação a face vestibular dos dentes foi removida (incluindo o bordo incisal) e configurada em blocos retangulares com 8 mm de largura e 14 mm de comprimento. A superfície dos blocos voltada para o corte foi polida até a remoção de toda a dentina visível enquanto a superfície externa permaneceu intacta. A espessura dos blocos foi avaliada com a utilização de paquímetro digital (UPM, Guogen - japão) e variou entre 0,8 e 1,1 mm.

TÉCNICA DE CLAREAMENTO

Após registro inicial da cor, os blocos de esmalte foram clareados com gel de peróxido de carbamida a 10 % (Opalescence, Ultradent, USA) durante 8 horas por dia por de 2 semanas. O gel clareador foi aplicado por toda a superfície vestibular dos espécimes com espessura aproximada de 1 mm. Após as 8 horas de clareamento diário, o gel foi removido com jatos de água destilada e os espécimes foram armazenados em saliva artificial até a próxima sessão de clareamento. Ao término das 2 semanas, os espécimes continuaram imersos em saliva artificial por outras 2 semanas. Esse procedimento visou a estabilizar a cor dos espécimes antes das mensurações espectrofotométricas finais.⁹

AVALIAÇÃO DA COR

A cor dos espécimes foi avaliada antes e após o clareamento nos modos de reflexão e de transmissão luminosa. As mensurações foram realizadas com

espectrofotômetro de esfera de integração (Minolta CM 3700D, Japão). Foi utilizado comprimento de onda entre 360 nm e 700 nm (intervalo de 10nm), observador posicionado a 10°, janela de observação com abertura de 3mm x 8mm e fonte de luz D65 com os componentes ultravioleta (UVI) e especular (SCI) inclusos. Antes das mensurações espectrofotométricas os espécimes foram removidos da saliva artificial e secos com papel absorvente. Atenção especial foi conferida a essa etapa para que o excesso de saliva fosse removido sem que os espécimes desidratassem.

Três mensurações foram realizadas consecutivamente em cada espécime. O resultado foi expresso pela média das mensurações nas coordenadas tridimensionais do sistema CIELAB desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE).¹⁰ Nesse sistema, três eixos se relacionam para determinar a cor do objeto. O eixo L^* indica a coordenada acromática ou a luminosidade do objeto com valores de 0 (preto absoluto) a 100 (branco absoluto). O eixo a^* representa a quantidade de vermelho (valor de a^* positivo), ou de verde (valor de a^* negativo). O eixo b^* representa a quantidade de amarelo (valor de b^* positivo) ou azul (valor de b^* negativo).

CÁLCULO DO ÍNDICE DE OPALESCÊNCIA

O índice de opalescência (IO) foi calculado pela diferença da coordenada vermelho-verde (CIE Δa^*) e da coordenada amarelo-azul (CIE Δb^*) entre os modos de reflexão e de transmissão luminosa com a seguinte fórmula:¹¹⁻¹⁴

$$IO = [(CIE \Delta a^*)^2 + CIE \Delta b^*]^2]^{1/2}$$

De forma mais detalhada:

$$IO = [(CIE a_T^* - CIE a_R^*)^2 + CIE b_T^* - CIE b_R^*]^2]^{1/2}$$

A letra T refere-se à cor transmitida em caixa de calibração neutra (CIE $L^* = 0$, $a^* = 0$, $b^* = 0$), enquanto a letra R se refere à cor refletida sobre fundo preto (CIE $L^* = 0,2$, $a^* = 0,4$ e $b^* = -0,6$).¹³⁻¹⁴

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada com auxílio dos programas Microsoft Excel 2008 (Microsoft Office System 2008) e SPSS 19 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA), considerando os valores do índice de opalescência e dos eixos cromáticos a^* e b^* , nos modos de reflexão e de transmissão luminosa, antes e após o clareamento. Por não fazer parte do cálculo do índice de opalescência, nenhuma análise estatística foi realizada no eixo L^* .

Inicialmente, os resultados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov, que confirmou normalidade e semelhança na distribuição. Em seguida eles foram analisados por meio do teste t para amostras pareadas. Esse teste foi escolhido por comparar todos os espécimes em dois momentos distintos (antes e depois do clareamento). Para verificar correlação entre a variação do índice de opalescência e valores dos eixos a^* e b^* nos modos de reflexão e transmissão luminosa foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. Foram considerados significantes o valor de no mínimo 5% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

A média do resultado CIELAB nos dois momentos avaliados, o desvio-padrão (DP), o valor mínimo e o valor máximo registrados no modo de reflexão da luz encontram-se descritos na tabela 1.

A média do resultado CIELAB nos dois momentos avaliados, o desvio-padrão (DP), o valor mínimo e o valor máximo registrados no modo de transmissão da luz encontram-se descritos na tabela 2.

A média do índice de opalescência, o desvio-padrão, o valor mínimo e o valor máximo nos dois momentos avaliados encontram-se descritos na tabela 3.

A análise estatística detectou alteração significativa provocada pelo clareamento no índice de opalescência e nas coordenadas cromáticas nos modos de reflexão e de transmissão da luz ($p < 0,001$), com exceção da coordenada a^* durante o modo de transmissão.

De acordo com o teste t para amostras pareadas, todos os espécimes apresentaram redução do índice de opalescência após o clareamento. (média de 18,86 para 16,14; menor valor de 16,00 para 14,00; maior valor de 21,50 para 18,40).

No modo de reflexão, o espécimes apresentaram aumento da coordenada a^* (média de -3,6 para -2,43; menor valor de -3,60 para -2,90; maior valor de -2,40 para -2,00) e diminuição da coordenada b^* (média de 4,13 para -4,39; menor valor de -0,10 para -5,40; maior valor de 11,20 para -2,20). Entretanto, no modo de transmissão, somente a coordenada b^* sofreu alteração significativa com diminuição dos valores registrados (média de 22,48 para 11,35; menor valor de 16,00 para 9,30; maior valor de 31,70 para 14,60).

De acordo com teste de correlação de Pearson, não houve correlação significativa entre a variação da opalescência e os eixos cromáticos a^* e b^* nos modos de reflexão e de transmissão da luz, exceto pelo eixo b^* no modo de transmissão.

Os gráficos. 3 e 4 demonstram a dispersão dos resultados entre a interação da variação do IO e as coordenada a^* e b^* no modo de reflexão.

Os gráficos. 5 e 6 demonstram a dispersão dos resultados entre a interação da variação do IO e as coordenadas a^* e b^* no modo de reflexão.

No gráfico 6, observa-se correlação significativa entre as duas variáveis avaliadas ($p < 0,001$) caracterizada pela diagonal ascendente registrada no gráfico de dispersão.

DISCUSSÃO

O resultado demonstrou que o IO de todos os espécimes diminuiu após o clareamento. Portanto, a hipótese nula testada foi rejeitada. Embora o teste para amostras pareadas tenha detectado diferença estatística significativa nas coordenadas a^* e b^* no modo de reflexão e na coordenada b^* no modo de transmissão, de acordo com o teste de correlação de Pearson, a diminuição da opalescência dos espécimes provocada pelo clareamento foi correlacionada somente à coordenada b^* no modo de transmissão. Em outras palavras, a diminuição da quantidade de luz amarela transmitida após o clareamento diminuiu o IO registrado.

O decréscimo registrado na coordenada b^* no modo de reflexão e no modo de transmissão da luz pode ser explicado pela quantidade de pigmento amarelo removido dos espécimes com o clareamento. Embora o esmalte seja considerado tecido acromático, os espécimes encontravam-se inicialmente pigmentados pela dieta bovina. Os pigmentos são extremamente importantes no grau de absorção da luz pelos tecidos dentais, fator que determina o comprimento de onda que poderá ser observado.¹⁵⁻¹⁶ Por apresentar relação cromática complementar, grande quantidade de pigmento amarelo representa alto grau de absorção da luz azul. À medida que foram clareados, os espécimes tornaram-se menos pigmentados e mais cor azul deixou de ser absorvida para ser observada.¹⁵

Na prática clínica o resultado deste estudo sugere que o clareamento dental seja capaz de diminuir a opalescência dos dentes e mesmo assim torná-los mais azulados. Essa afirmação é baseada no aumento da quantidade de luz azul registrada no modo de reflexão, após o clareamento. Ou seja: características como o halo opalescente podem tornar-se ainda mais perceptíveis. Entretanto, características da dentina que são influenciadas pela contra-opalescência, como por exemplo, a ponta dos mamelos, tornar-se-iam menos alaranjadas em

consequencia da redução da quantidade de luz amarela transmitida. Esse fato, em conjunto com outros provocados pelo clareamento, contribui para a observação de dentes mais brancos.

A diminuição da opalescência registrada neste estudo pode justificar a aparência artificial que é frequentemente observada em pacientes com dentes que foram desnecessariamente clareados e tornaram-se excessivamente brancos. De acordo com alguns autores, a opalescência confere aos dentes naturais profundidade e naturalidade;¹⁷⁻¹⁸ portanto, o decréscimo dessa propriedade também pode tornar essas características menos aparentes.

Por meio de análise espectrofotométrica, Lee e Yu (2007) avaliaram o IO de espécimes de esmalte humano e de esmalte bovino utilizado diferentes aparelhos com diferentes configurações.¹² Os resultados variaram conforme o tipo do espécime, o aparelho e a configuração. Todavia, os espécimes de esmalte humano apresentaram maior IO do que os espécimes de esmalte bovino. Segundo os autores, os resultados registrados nos dentes humanos podem ser utilizados como referência para desenvolver novas resinas compostas e novos sistemas cerâmicos opalescentes. Apesar de todas as variáveis particulares à metodologia de cada estudo, o atual estudo registrou IO similar ao que foi registrado por esses autores nos dentes bovinos, proporcionando confiança ao presente resultado.

Dentes bovinos são frequentemente utilizados para confeccionar espécimes para testes cromáticos.^{2,19} Isso ocorre principalmente devido à maior facilidade na aquisição de dentes aptos para avaliação e porque o tamanho dos espécimes de dentes humanos exige espectrofotômetros com janelas de observação muito pequenas.^{12,20} Além dos tecidos dentais, o cálculo do IO também é frequentemente utilizado para avaliar a opalescência de resinas compostas e de sistemas cerâmicos. Em estudo que descreveu a diferença na opalescência ocasionada por alteração da fonte de luz, o índice de opalescência de resinas compostas, sistemas

cerâmicos e dentes bovinos foi avaliado.²⁰ De acordo com esse estudo, os dentes bovinos apresentaram resultado superior a dos materiais restauradores.

Nos sistemas cerâmicos, a opalescência foi responsável por solucionar problemas estéticos relacionados ao valor e à translucidez da restauração, tornando possível realizar restaurações inconspícuas.^{6,24-25} Em patente americana alguns autores descreveram fórmula opalescente para resinas compostas e consideraram resinas opalescentes aquelas que apresentam IO igual ou superior a 9.¹¹ Utilizando esse valor como referência, podemos constatar que todos os espécimes avaliados neste estudo, antes e depois do clareamento, apresentaram opalescência. Entretanto, por não explicar como esse valor numérico foi determinado devemos considerar que alto IO representa alta opalescência.

Embora a coordenada cromática L^* não faça parte do cálculo do IO, chama atenção o aumento do valor registrado nessa coordenada no modo de transmissão da luz, podendo ser resultado do aumento da translucidez dos espécimes. Embora Ma et al (2009)⁴ tenham relatado diminuição da translucidez do esmalte humano após 2 semanas de clareamento com gel de peróxido de carbamida, esse resultado apresenta controvérsias, com outros autores descrevendo que o clareamento não obrigatoriamente torna os dentes mais opacos.^{9,26} Nas resinas compostas foi demonstrado que a opalescência auxiliou o efeito de mascaramento quando as resinas apresentavam a mesma translucidez, mas quando as resinas apresentavam grau de translucidez diferente, o atributo geométrico foi preponderante.²⁷ Se esses resultados forem extrapolados para o esmalte, esse resultado indica que é mais importante avaliar alterações na translucidez do que alterações na opalescência, para definir o efeito de mascaramento desse tecido.

No presente estudo, o clareamento com gel de peróxido de carbamida a 10% foi utilizado por 8 horas diárias durante 2 semanas para simular o clareamento

caseiro supervisionado, descrito por alguns autores como o principal tipo de clareamento por aliar segurança e eficácia.^{9,16,28} Entretanto, resultado mais expressivo pode ser obtido com o aumento da concentração do agente clareador e do tempo de tratamento.^{9,16,28} Por ser realizado em dentes bovinos, sugerimos que resultado similar ao descrito neste estudo também aconteça nos dentes humanos, embora outros estudos sejam necessários para ratificá-lo. A confirmação de menor valor de opalescência para dentes humanos clareados exigirá a produção de novos materiais, que deverão apresentar opalescência similar a essa condição cromática para proporcionar tratamentos restauradores com aparência natural.

CONCLUSÃO

Respeitando os limites deste estudo podemos concluir que o clareamento diminuiu a opalescência do esmalte. A diminuição da opalescência foi correlacionada à coordenada b^* no modo de transmissão luminosa.

Tabela 1 - média do resultado CIELAB nos dois momentos avaliados, desvio-padrão (DP), valor mínimo e valor máximo registrados no modo de reflexão.

Coordenada	Momento	Média	DP	Mínimo	Máximo
L	Inicial	76,30	1,42	73,70	79,70
	Final	78,48	2,37	70,10	81,90
a	Inicial	-3,06	0,27	-3,60	-2,40
	Final	-2,43	0,20	-2,90	-2,00
b	Inicial	4,13	2,43	- 0,10	11,20
	Final	-4,39	0,74	-5,40	-2,20

Tabela 2 - média do resultado CIELAB nos dois momentos avaliados, desvio-padrão (DP), valor mínimo e valor máximo registrados no modo de transmissão.

Coordenada	Momento	Média	DP	Mínimo	Máximo
L	Inicial	68,85	4,20	58,70	75,80
	Final	73,77	2,98	67,20	78,30
a	Inicial	1,14	0,59	0,20	3,50
	Final	1,05	0,21	0,50	1,50
b	Inicial	22,48	3,06	16,00	31,70
	Final	11,35	1,06	9,30	14,60

Tabela 3 - média do índice de opalescência, desvio-padrão, valor mínimo e valor máximo nos dois momentos avaliados.

Momento	Média	DP	Mínimo	Máximo
Inicial	18,86	1,57	16,00	21,50
Final	16,14	0,96	14,00	18,40

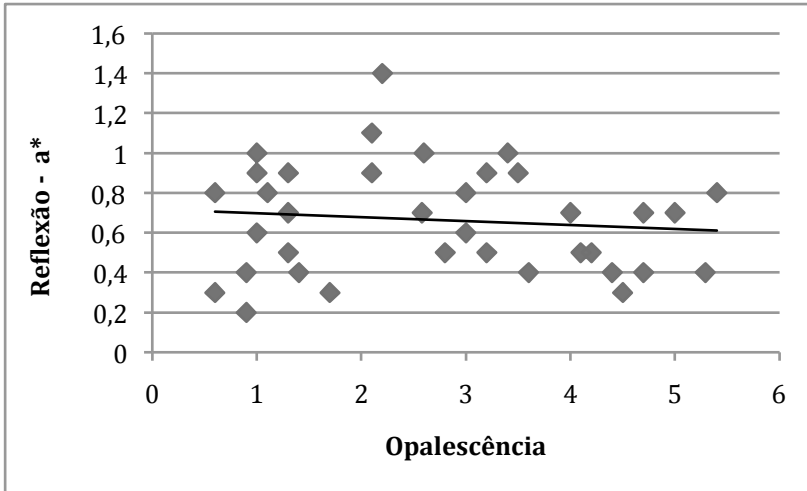


Gráfico 1 - Dispersão dos resultados (scatter plot) entre a interação da variação do IO e a coordenada a^* no modo de reflexão.

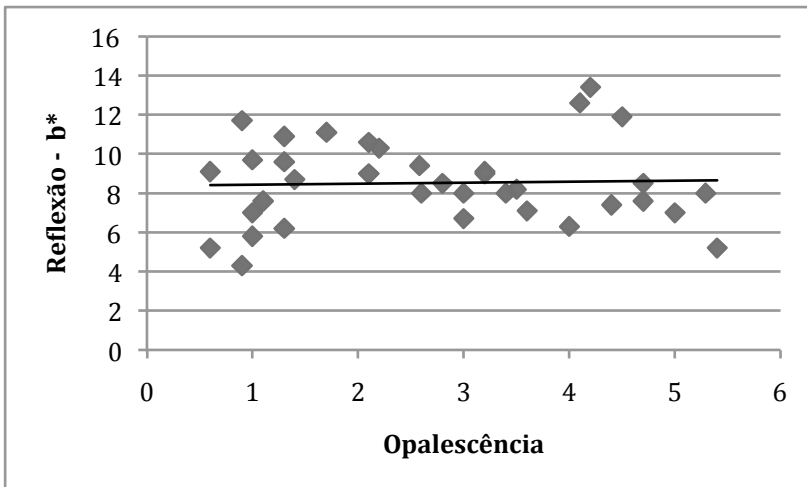


Gráfico 2 - Dispersão dos resultados (scatter plot) entre a interação da variação da opalescência e a coordenada b^* no modo de reflexão.

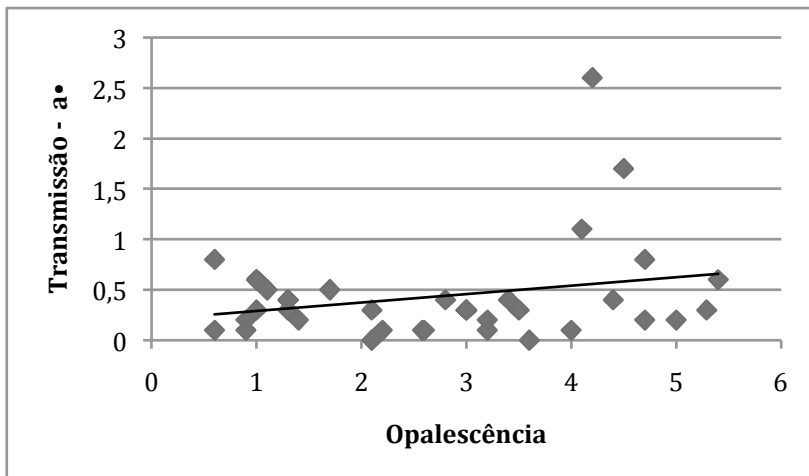


Gráfico 3 - Dispersão dos resultados (scatter plot) entre a interação da variação do IO e a coordenada a^* no modo de transmissão.

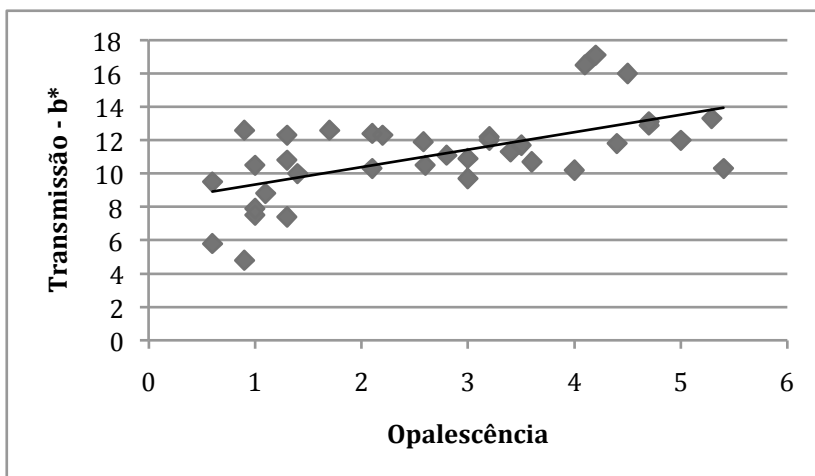


Gráfico 4 - Dispersão dos resultados (scatter plot) entre a interação da variação do IO e a coordenada b^* no modo de transmissão.

REFERÊNCIAS

- [1] Dietschi D. Nonvital bleaching: general considerations and report of two failure cases. *European Journal of Esthetic Dentistry* 2008; **1**: 52 - 61.
- [2] Wiegand A, Volmer D, Foitzik M, Attin R. Efficacy of different whitening modalities on bovine enamel and dentin. *Clinical Oral Investigation* 2005; **9**: 91 - 97.
- [3] Kugel G, Petkevis J, Curgan S, Doherty E. Separate whitening effects on enamel and dentin after fourteen days. *Journal of Endodontics* 2007; **33**: 34 - 37.
- [4] Ma X, Jiang T, Sun L, Wang Z, Zhou Y, Wang Y. Effect of tooth bleaching on the color and translucency properties of enamel. *American Journal of Dentistry* 2009; **22**: 324 - 328.
- [5] Vannini L, Mangani FM. Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry* 2001; **13**: 19 - 26.
- [6] Primus CM, Chu CCY, Shelby JE, Buldrini E, Helcle CE. Opalescence of dental porcelains enamels. *Quintessence International* 2002; **36**: 439 - 449.
- [7] Baratieri LN, Araújo EM, Monteiro S. Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects. *European Journal of Esthetic Dentistry* 2007; **2**: 172 - 186.
- [8] Duarte S. Opalescence: the key to natural esthetics. *Quintessence of Dental Technology* 2007: 7-20.
- [9] Haywood VB. The "bottom line": on bleaching 2008. *Inside Dentistry* 2008; **4**: 2 - 5.
- [10] Commission Internationale de L'Eclairage. Colorimetry, official recommendations of the international commission on illumination. Paris: Bureau de la CIE. Publication CIE No.15 (E1.3.1), 1971.
- [11] Kobashigawa AI, Angeletakis C. Opalescence fillers for dental restorative composite. US Patent 6,232,367; 15 May (2001).
- [12] Lee YK, Yu B. Measurement of opalescence of tooth enamel. *Journal of Dentistry* 2007; **35**: 690 - 694.

- [13] Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishumura K, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light cured resin composites. *Dental Materials* 2010; **26**: 1090 – 1097.
- [14] Shiraishi T, Wood DJ, Shinozaki N, Van Noort R. Optical properties of base dentin ceramics for all-ceramic restorations. *Dental Materials* 2011; **27**: 165 - 172.
- [15] Kwon YH, Huo MS, Kim KH, Kim SK, Kim YJ. Effects of hydrogen peroxide on the light reflectance and morphology of bovine enamel. *Journal of Oral Rehabilitation* 2002; **29**: 473 - 477.
- [16] Minoux M, Serfaty R. Vital tooth bleaching: biologic adverse effects- a review. *Quintessence International* 2008; **39**: 645 -659.
- [17] Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 2003; **23**: 467 – 479.
- [18] Sensi LG, Araújo FO, Marson F, Monteiro S. Reproducing opalescent and counter-opalescent effects with direct resin composites. *Quintessence of Dental Technology* 2007: 1 – 10.
- [19] Dietschi D, Rossier S, Krejci I. In vitro colorimetric evaluation of the efficacy of various bleaching methods and products. *Quintessence International* 2006; **37**: 515 - 526.
- [20] Yu B, Lee YK. Difference in opalescence of restorative materials by the illuminant. *Dental Materials* 2009; **25**: 1014 – 1021.
- [21] Lee YK, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials* 2005; **21**: 1068 - 1074.
- [22] Song, SH, Yu B, Ahn JS, Lee YK. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. *Acta Odontologica Scandinavica* 2008; **66**: 236 – 242.
- [23] Cho MS, Yu B, Lee YK. Opalescence of all ceramic core and materials. *Dental Materials* 2009; **25**: 695 – 702.
- [24] Yamamoto M. A newly developed “Opal” ceramic and its clinical use, with special attention to its relative

refractive index. *Quintessence of Dental Technology* 1989; 9 – 33.

[25] Ward MT, Tate WH, Powers JM. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. *Operative Dentistry* 1995; **20**: 106 – 110.

[26] Chu SJ, Devigus A, Mielezsko AJ. Color theory. In: ____. *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*. Chicago: Quintessence, 2004.

[27] Lee YK, Lu H, Powers JM. Influence of fluorescent and opalescent properties of resin composites on the masking effect. *Journal of Biomedical Materials Research Part b: Applied Biomaterials* 2006 **76(B)**: 26 – 32.

[28] Leonard RH, Bentley C, Eagle JC, Garland GE, Knight MC, Phillips C. Nightguard vital bleaching: a long-term study on efficacy, shade retention, side effects, and patients perceptions. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2001; **13**: 357 - 369.

ARTICLE (ENGLISH VERSION)

According to Journal of Dentistry guidelines.

INTRODUCTION

The contemporary restorative dentistry is based on health promotion and the use of minimally invasive techniques. Because of concerns on preservation of tooth tissue and greater cost-effectiveness in comparison to other restorative approaches, tooth bleaching became a routine clinical procedure.¹

The increasing number of patients with bleached teeth prompted several laboratorial studies evaluating the influence of different bleaching protocols on the color of enamel and dentin specimens. Usually, those studies describe an increase of value and decrease of chromatic characteristics of the resulting specimens.²⁻³ Recently, some authors evaluated the influence of tooth whitening on the translucency of enamel and reported the decrease of this attribute after bleaching.⁴

In despite of color and translucency are considered the main factors in the appearance of teeth, other factors are also extremely important, such as the opalescence of the enamel.⁵ The opalescence is an optical property produced by scattering of the shortest wavelengths of the visible spectrum, making opalescent objects more blue when observed under reflected light and more orange under transmitted light.⁶ All teeth exhibit opalescence naturally, however, this property can be better observed in the maxillary central incisors as a blue region near to the incisal border that is called opalescent halo.⁷⁻⁸

Another optical phenomenon originated by the opalescence is the counter-opalescence. Counter-opalescence is responsible by the orange appearance that is observed at the region of the mamellon tips in anterior teeth. It occurs when greatest wavelengths, which are normally transmitted through enamel, meet structures capable to reflect them back. When light makes the reverse path, enamel continues to scatter the blue wavelengths

and transmitting the greatest wavelengths making dentin more orange.⁷⁻⁸

In spite of tooth bleaching is routinely used and the opalescence of enamel is considered an extremely important optical property in anterior teeth, none studies on the influence of bleaching in the opalescence of enamel was found. The aim of this in vitro study was to evaluate the influence of a bleaching technique on the opalescence of enamel using spectrophotometric analysis. The null hypothesis is that bleaching does not produce changes of the opalescence of the specimens.

MATERIALS AND METHODS

FABRICATION OF THE SPECIMENS

Enamel specimens from 38 intact bovine teeth were evaluated after storage in a 0.02% thymol solution. Teeth with defects from caries, or presenting cracks, fractures, or staining were eliminated. Enamel portion of a tooth including the incisal edge was separated with a high speed handpiece and burs. The specimens were shaped to obtain rectangular blocks (8 mm wide, 14 mm length). Cut surfaces were polished using a diamond point (#145, Shofu, Kyoto, Japan) to the point that no dentin was observable. The thickness of the specimens was measured at the center of the blocks using a digital caliper (UPM, Guogen, Japan) and ranged between 0.8 mm and 1.1 mm.

BLEACHING TECHNIQUE

After initial color measurement, the enamel blocks were bleached using a 10% carbamide peroxide gel (Opalescence, Ultradent, USA) for a period of two weeks (8 hours per day). The bleaching gel was applied over the intact surface of the specimens in a layer of approximately 1mm thickness. After 8 hours of daily bleaching, the gel was removed with distilled water, and the specimens were stored in artificial saliva until the next bleaching session. After two weeks, the specimens were immersed in artificial saliva for another two weeks. This procedure was made to stabilize the color of the specimens before the final measurements.⁹

COLOR EVALUATION

Color of the specimens was measured both in the transmittance and the reflectance modes relative to standard illuminant D65 on a reflection spectrophotometer (Konica Minolta CM-3700d, Osaka, Japan) before and after

bleaching. An ultra-violet (UV) filter was positioned to a 100% included position. The aperture size was 3 mm x 8 mm, and the illuminating and viewing configuration was diffuse/10° geometry with the specular component included (SCI).

Before the spectrophotometric analysis, the specimens were removed from the artificial saliva and dried with absorbent paper. Special attention was given to remove the excess saliva without dehydrating the specimens. Three measurements were performed consecutively in each specimen. The result was expressed by the mean value of measurements of the tridimensional coordinates of the CIELAB system, developed by the COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE (CIE).¹⁰ In this system, the color of an object is determined by the relationship between three axes. The L* axis indicates the achromatic coordinate or the lightness of the object with values ranging from 0 (absolute black) to 100 (absolute white). The a* axis represents the amount of red (positive a* value), or green (negative a* value). The b* axis represents the amount of yellow (positive b* value) or blue (negative b* value).

CALCULATION OF THE OPALESCENCE PARAMETER

The opalescence parameter (OP) was calculated as the difference in yellow-blue color coordinate (CIE Δb^*) and red-green color coordinate (CIE Δa^*) between the reflected and transmitted colors as the following formula:¹¹⁻¹⁴

$$OP = [(\text{CIE } \Delta a^*)^2 + \text{CIE } \Delta b^*)^2]^{1/2}$$

in detail:

$$OP = [(\text{CIE } a_{T^*} - \text{CIE } a_{R^*})^2 + (\text{CIE } b_{T^*} - \text{CIE } b_{R^*})^2]^{1/2}$$

T is the transmitted color in a neutral calibration box (CIE L* = 0, a* = 0, b* = 0) and R is the reflected color on a black background (CIE L* = 0.2, a* = 0.4 e b* = -0.6).¹³⁻¹⁴

STATISTICAL ANALYSIS

The statistical analysis was performed using a spreadsheet software (Microsoft Excel 2008, Microsoft Office system 2008) and a statistical package (SPSS 19, SPSS Inc., Chicago, Il, USA), considering the values of the opalescence parameter and chromatic axes a^* and b^* , under the reflection and transmission modes, before and after bleaching. None statistical analysis was performed for the values of the L^* axis. Initially, the results were subjected to Kolmogrov-Smirnov test that confirmed the normal distribution and homogeneity of data. Next, Student's T test was used for paired samples. This test was chosen to compare individually the specimens in two different moments (before and after bleaching). Pearson correlation test was used to verify the correlation between the opalescence parameter and the values of a^* and b^* axes, under the reflection and transmission modes ($p \leq 0.05$).

RESULTS

Tables 1 and 2 describe the mean CIELAB results, standard deviation (SD), minimum and maximum values at two evaluated moments, under the reflection and transmission modes, respectively.

Table 3 shows the mean OP, standard deviation, and minimum and maximum values for both evaluated moments.

The statistical analysis detected statistically significant differences of OP and chromatic coordinates in the reflectance and transmittance modes after bleaching ($p < 0.001$), except for a^* coordinate in the transmittance mode ($p = 0.394$). According to the T test for paired samples, all specimens presented reduction of OP after bleaching (mean from 18.86 to 16.14; minimum value from 16.00 to 14.00; maximum value from 21.50 to 18.40). The values of a^* coordinate increased under the reflection mode, (mean from -3.6 to -2.43; minimum value from -3.60 to -2.90; maximum value from -2.40 to -2.00) while b^* coordinate values decreased (mean from 4.13 to -4.39; minimum value from -0.10 to -5.40; maximum value from 11.20 to -2.20). Conversely, the values of b^* coordinate changed significantly under transmission, i.e., there was a decrease of the recorded values (from 22.48 to 11.35; minimum from 16.00 to 9.30; higher value from 31.70 to 14.60).

According to the Pearson's correlation test, there was no significant correlation between the variation of opalescence and a^* and b^* chromatic axes in the reflectance or transmittance, except for b^* axis in the transmittance mode. Figures 1 and 2 show the dispersion of results and the interaction of the variation of OP and coordinates a^* and b^* in the reflectance mode.

Figures 1 and 2 show the dispersion of results between the interaction of variation of OP and coordinates a^* and b^* in the reflectance mode.

Figures 3 and 4 show the dispersion of results between the interaction of variation of OP and coordinates a^* and b^* in transmittance mode.

Notice that there is a significant correlation between both variables in Figure 4 ($p < 0.001$) characterized by the ascending diagonal plotted in the dispersion chart.

DISCUSSION

In this study, the OP of the specimens decreased after bleaching, rejecting the null hypothesis. Notwithstanding there was a statistically significant difference of a^* and b^* color coordinates in the reflectance mode and b^* color coordinate in the transmittance mode, decrease of the opalescence of the specimens after bleaching was correlated to the b^* color coordinate in the transmittance mode. This means that the decrease of the amount of yellow transmitted light after bleaching resulted in decreased OP values.

The decrease recorded in the b^* color coordinate in the transmittance mode can be explained by the amount of yellow pigment removed from the specimens during whitening. Although enamel is considered achromatic tissue, specimens were initially pigmented by bovine diet. The pigments are extremely important in the degree of light absorption by dental tissues, a factor that determines the wavelength that can be observed.¹⁵⁻¹⁶ As its complementary color relationship, lots of yellow pigment is high absorption of blue light. As they were cleared, the specimens became less pigmented and more blue is no longer seen to be absorbed.¹⁵

At the daily practice, this result suggests that the tooth bleaching can decrease the opalescence of teeth and make them more bluish. This statement is based on the increase of amount of blue light in the reflectance mode after bleaching. In other words, features such as the opalescent halo can be even more evident. However, the characteristics of dentin that are influenced by the counter-opalescence, e.g. the mamelon tips, would appear less orange as a consequence of the reduced amount of yellow transmitted light. This fact, in association to other events produced by bleaching contributes to the observation of whiter teeth.

The decreased opalescence recorded in this study can also explain the artificial appearance that is frequently observed in patients with excessively bleached teeth. It has

been stated that the opalescence gives depth and life-like appearance to the teeth.¹⁷⁻¹⁸ Therefore, the decrease of this property can also make these features less apparent.

Lee & Yu (2007) evaluated through spectrophotometry analysis the OP of enamel specimens from human and bovine teeth, using different devices with different configurations.¹² The results varied according to the specimen, device and configuration, but human specimens presented higher OP than specimens from bovine teeth. Taking into consideration the specific variables of each study, this study presented similar OP to that recorded by the same authors using bovine teeth, supporting our results.

Despite presenting a lower OP than human teeth, bovine teeth are often used to make specimens for chromatic tests.^{2,19} This occurs mainly because it is easier to obtain specimens ready for evaluation and because specimens from human teeth require spectrophotometers with very small aperture sizes.^{12,20} In addition to tooth tissues, OP calculations are frequently used to evaluate the opalescence of composite resins and ceramic systems.²⁻¹⁹ The influence of the light source on the OP of composite resins, ceramic systems and bovine teeth has been evaluated.²⁰ According to this study, bovine teeth presented superior results in comparison to the restorative materials.

In ceramic systems, opalescence has been responsible to solve esthetic problems related to value and translucency of the restoration, making possible to produce unnoticeable restorations.^{6,24-25} It has been stated that the opalescent formulations should present OP equal or higher than 9.¹¹ This reference value allowed us to observe that all specimens of this study presented opalescence before and after bleaching. However, since this value is arbitrary, one should consider a high OP as highly opalescent.

In spite the L* chromatic coordinate was not used for OP calculation, it is interesting that the values of this coordinate increased under the transmission mode. This

can be the result of the increase of translucency of the specimens. Notwithstanding Ma et al (2009)⁴ reported decreased translucency values of human enamel after two weeks of bleaching using a carbamide peroxide gel, this result is controversial, since other authors stated that bleaching does not necessarily makes teeth more opaque.^{9,26} It has been demonstrated that the opalescence helps on the masking effect when the resins present similar translucencies. However, when the composite resins present different translucency degrees, the opalescence is predominant.²⁷ When these results are extrapolated to enamel, it means that in spite of the OP decrease, it is more important to evaluate changes of translucency than of opalescence to determine the potential of masking effect of this tissue.

The actual bleaching procedure was performed to simulate a supervised at-home bleaching technique, which has been described by some authors as most used because of its safety and efficacy. However, best result can be obtained by increasing the concentration of bleaching agent and with increasing treatment time.^{9,16,28} Further studies are required to confirm whether similar results would be obtained using human teeth, since this study was performed in bovine teeth. In case lower values of opalescence are confirmed for human bleached teeth, new materials presenting suitable opalescence will be required in order to produce life-like, esthetically pleasant restorations.

CONCLUSION

Within the limitation of this study, it is possible to conclude that bleaching decreases the OP of the specimens ($p > 0.0001$). OP decrease was correlated with differences in b^* color coordinate in the transmission mode.

REFERENCES

- [1] Dietschi D. Nonvital bleaching: general considerations and report of two failure cases. *European Journal of Esthetic Dentistry* 2008; **1**: 52 - 61.
- [2] Wiegand A, Volmer D, Foitzik M, Attin R. Efficacy of different whitening modalities on bovine enamel and dentin. *Clinical Oral Investigation* 2005; **9**: 91 - 97.
- [3] Kugel G, Petkevis J, Curgan S, Doherty E. Separate whitening effects on enamel and dentin after fourteen days. *Journal of Endodontics* 2007; **33**: 34 - 37.
- [4] Ma X, Jiang T, Sun L, Wang Z, Zhou Y, Wang Y. Effect of tooth bleaching on the color and translucency properties of enamel. *American Journal of Dentistry* 2009; **22**: 324 - 328.
- [5] Vannini L, Mangani FM. Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry* 2001; **13**: 19 - 26.
- [6] Primus CM, Chu CCY, Shelby JE, Buldrini E, Helcle CE. Opalescence of dental porcelains enamels. *Quintessence International* 2002; **36**: 439 - 449.
- [7] Baratieri LN, Araújo EM, Monteiro S. Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects. *European Journal of Esthetic Dentistry* 2007; **2**: 172 - 186.
- [8] Duarte S. Opalescence: the key to natural esthetics. *Quintessence of Dental Technology* 2007: 7-20.
- [9] Haywood VB. The "bottom line": on bleaching 2008. *Inside Dentistry* 2008; **4**: 2 - 5.
- [10] Commission Internationale de L'Eclairage. Colorimetry, official recommendations of the international commission on illumination. Paris: Bureau de la CIE. Publication CIE No.15 (E1.3.1), 1971.
- [11] Kobashigawa AI, Angeletakis C. Opalescence fillers for dental restorative composite. US Patent 6,232,367; 15 May (2001).
- [12] Lee YK, Yu B. Measurement of opalescence of tooth enamel. *Journal of Dentistry* 2007; **35**: 690 - 694.

- [13] Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishumura K, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light cured resin composites. *Dental Materials* 2010; **26**: 1090 – 1097.
- [14] Shiraishi T, Wood DJ, Shinozaki N, Van Noort R. Optical properties of base dentin ceramics for all-ceramic restorations. *Dental Materials* 2011; **27**: 165 - 172.
- [15] Kwon YH, Huo MS, Kim KH, Kim SK, Kim YJ. Effects of hydrogen peroxide on the light reflectance and morphology of bovine enamel. *Journal of Oral Rehabilitation* 2002; **29**: 473 - 477.
- [16] Minoux M, Serfaty R. Vital tooth bleaching: biologic adverse effects- a review. *Quintessence International* 2008; **39**: 645 -659.
- [17] Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 2003; **23**: 467 – 479.
- [18] Sensi LG, Araújo FO, Marson F, Monteiro S. Reproducing opalescent and counter-opalescent effects with direct resin composites. *Quintessence of Dental Technology* 2007: 1 – 10.
- [19] Dietschi D, Rossier S, Krejci I. In vitro colorimetric evaluation of the efficacy of various bleaching methods and products. *Quintessence International* 2006; **37**: 515 - 526.
- [20] Yu B, Lee YK. Difference in opalescence of restorative materials by the illuminant. *Dental Materials* 2009; **25**: 1014 – 1021.
- [21] Lee YK, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials* 2005; **21**: 1068 - 1074.
- [22] Song, SH, Yu B, Ahn JS, Lee YK. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. *Acta Odontologica Scandinavica* 2008; **66**: 236 – 242.
- [23] Cho MS, Yu B, Lee YK. Opalescence of all ceramic core and materials. *Dental Materials* 2009; **25**: 695 – 702.
- [24] Yamamoto M. A newly developed “Opal” ceramic and its clinical use, with special attention to its relative

refractive index. *Quintessence of Dental Technology* 1989; 9 – 33.

[25] Ward MT, Tate WH, Powers JM. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. *Operative Dentistry* 1995; **20**: 106 – 110.

[26] Chu SJ, Devigus A, Mieszko AJ. Color theory. In: ____. *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*. Chicago: Quintessence, 2004.

[27] Lee YK, Lu H, Powers JM. Influence of fluorescent and opalescent properties of resin composites on the masking effect. *Journal of Biomedical Materials Research Part b: Applied Biomaterials* 2006 **76(B)**: 26 – 32.

[28] Leonard RH, Bentley C, Eagle JC, Garland GE, Knight MC, Phillips C. Nightguard vital bleaching: a long-term study on efficacy, shade retention, side effects, and patients perceptions. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2001; **13**: 357 - 369.

Table 1 – Mean CIELAB results for two evaluated periods, standard deviation (SD), minimum value and maximum value recorded in the reflectance mode.

Axis	Moment	Mean	SD	Minimum	Maximum
L	Before	76.30	1.42	73.70	79.70
	After	78.48	2.37	70.10	81.90
a	Before	-3.06	0.27	-3.60	-2.40
	After	-2.43	0.20	-2.90	-2.00
b	Before	4.13	2.43	- 0.10	11.20
	After	-4.39	0.74	-5.40	-2.20

Table 2 – Mean CIELAB results for two evaluated periods, standard deviation (SD), minimum value and maximum value recorded in the transmittance mode.

Axis	Moment	Mean	SD	Minimum	Maximum
L	Before	68.85	4.20	58.70	75.80
	After	73.77	2.98	67.20	78.30
a	Before	1.14	0.59	0.20	3.50
	After	1.05	0.21	0.50	1.50
b	Before	22.48	3.06	16.00	31.70
	After	11.35	1.06	9.30	14.60

Table 3 – Mean OP, standad deviation, minimum value and maximum value of two evaluated periods.

Moment	Mean	SD	Minimum	Maximum
Before	18.86	1.57	16.00	21.50
After	16.14	0.96	14.00	18.40

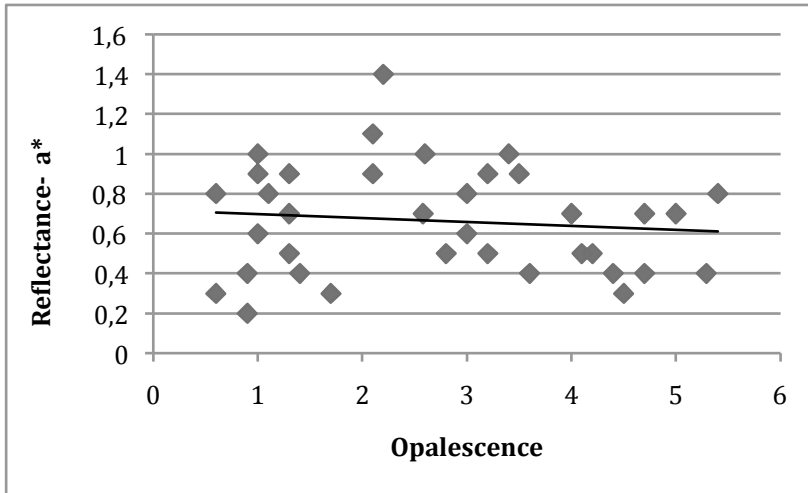


Figure 1 – Result dispersion (scatter plot) of the interaction between variation of OP and a* color coordinate in the reflectance mode.

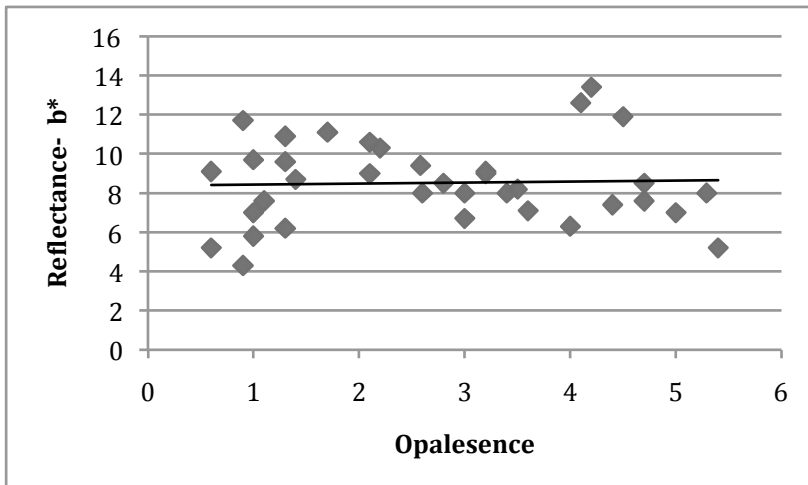


Figure 2 – Result dispersion (scatter plot) of the interaction between variation of OP and b* color coordinate in the reflectance mode.

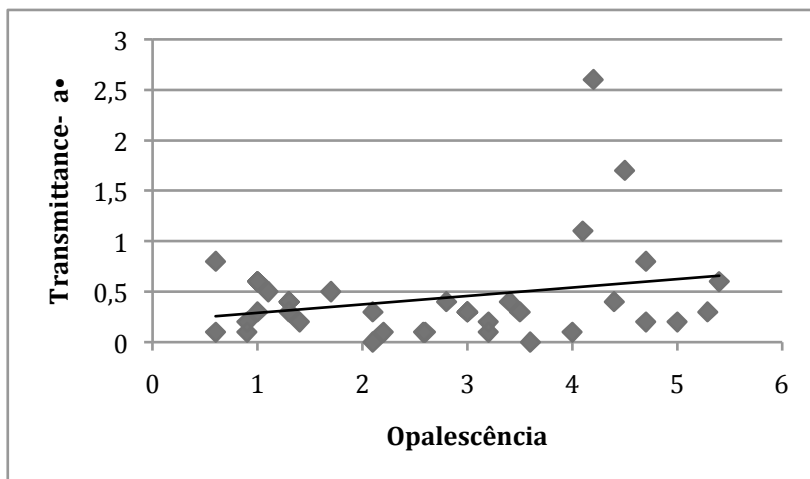


Figure 3 – Result dispersion (scatter plot) of the interaction between variation of OP and a* color coordinate in the transmittance mode.

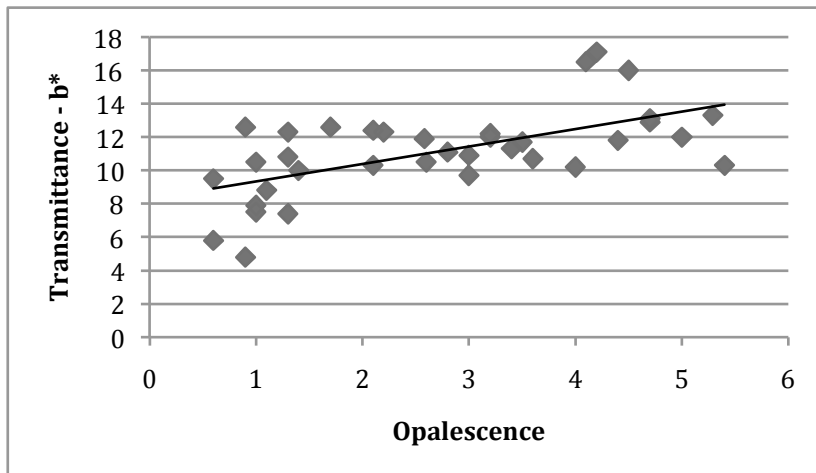


Figure 4 – Result dispersion (scatter plot) of the interaction between variation of OP and b* color coordinate in the transmittance mode.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- 1] Vanini L. Light and color in anterior composite restorations. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry* 1996; **8**: 673-682.
- [2] Berns RS. Billmeyer and Saltzman principles of color technology- 3rd ed., New York: John Wiley & Sons; 1954.
- [3] Wiszecki G, Stiles WS. Color Science – 2nd ed., New York: John Wiley & Sons;2000.
- [4] Chu SJ, Devigus A, Mielezsko AJ. Color theory. In:__. Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry. Chicago: Quintessence, 2004.
- [5] Melo TS,Kano P, Araújo E. Avaliação cromática em odontologia restauradora. Parte 1: O mundo das cores. *Clinica- International J. of Brazilian Dentistry* 2005; **1**: 96-105.
- [6] Schmeling M. Como evitar falhas metaméricas nos procedimentos restauradores.*Clinica- International Journal of Brazilian* 2010; **17**: 8 - 10.
- [7] Schmeling M. Influência cromática de resinas compostas de valor [dissertação]. Florianópolis (SC): Programa de Pós-graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina; 2008.
- [8] Newton I. Optiks. London, England: Innys; 1730.
- [9] O'Brien WJ,Jonhston WM, FANIAN, F. Double-layer Color Effects in Porcelain Systems. *Journal of Dental Research*1985; **64**: 940-943.
- [10] Schmeling M,Andrada MAC, Maia HP, Araújo EM. Translucency of value resin composites used to replace enamel in stratified composite restoration techniques. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2011; (in press) DOI 10. 1111/j. 1708-8240.2011.00419.x.
- [11]Primus CM, Chu CCY,Shelby JE,Buldrini E, Helcle CE.Opalescence of dental porcelains enamels.*Quintessence International* 2002; **36**: 439 - 449.
- [12] Broadbelt RHW. et al. Translucency of dental enamel. *Journal of Dental Research* 1981; **60**: 1749-53.

- [13] Campbell PM, Jonhston WM, O'Brien WJ. Light scattering and gloss of an experimental quartz-filled composite. *Journal of Dental Research*.1986; **65**: 892-894.
- [14] Ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and anamel hardness. *Journal of Dental Research*1995; **74**: 374-80.
- [15] Schmeling M, Meyer-filho, A, Andrada MAC, Baratieri LN. Chromatic influence of value resin composites. *Operative Dentistry* 2010; **35**: 44-49.
- [16] Lee YK. Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dental Materials*2007; **23**: 124-131.
- [17] Mac Laren E. Luminescent veneers. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.1997; **9**: 3-12.
- [18] Sundar V, Ambar PL. Opals in nature. *Journal of Dental Technology*.1999; **16**: 15-17.
- [19] Lee YK, Lu H, Powers J.M. Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials*2005; **21**: 1068-1074.
- [20] Lee YK, Yu B. Measurement of opalescence of tooth enamel. *Journal of Dentistry* 2007; **35**: 690-694.
- [21] Ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and anamel hardness. *Journal of Dental Research*1995; **74**: 374-80.
- [22] Zijp JR, Ten Bosch JJ, Groenhus RAJ. HeNe-laser scattering by human dental enamel. *Journal of Dental Research*1995; **74**: 1891-1898.
- [23] Winter R. Visualizing the natural dentition. *Journal of Esthetic Dentistry* 1993; **5**: 102-117.
- [24] Vaarkamp J, Ten Bosch JJ.; Verdonschot EH. Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Research* 1995; **29**: 8-13.
- [25] White SN, Luo W, Paine ML, Fong H, Sarakira M, Snead ML. Biological organization of hidroapatite crytallites into a fibrous conyinuuum toughens and controls anisotropy in human enamel. *Journal of Dental Research*2001; **80**: 321 - 336.
- [26] Vanini L, Mangani FM. Determination and communication of color using the five color dimensions of

- teeth. *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry* 2001; **13**: 19-26.
- [27] Baratieri LN, Araújo Jr EM, Monteiro Jr S. Basic fundamentals and restorative protocol for the use of composite resins in anterior teeth. In: _____. *Composite restorations in anterior teeth: fundamentals and possibilities*. New York: Quintessence, 2005.
- [28] Baratieri LN, Araújo Jr EM, Monteiro Jr S. Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects. *European Journal of Esthetic Dentistry* 2007; **2**: 172-186.
- [29] Duarte Jr S. Opalescence: the key to natural esthetics. *Quintessence of Dental Technology* 2007:7-20.
- [30] Sensi LG, Araújo FO, Marson F, Monteiro Jr S. Reproducing opalescent and counter-opalescent effects with direct resin composites. *Quintessence of Dental Technology* 2007: 1 - 10.
- [31] Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of restorative resins. *Journal of Dental Research* 1978; **57**: 876-880.
- [32] Yamamoto M. A newly developed "Opal" ceramic and its clinical use, with special attention to its relative refractive index. *Quintessence of Dental Technology* 1989: 9-33.
- [33] Shiraishi T, Wood DJ, Shinozaki N, Van Noort R. Optical properties of base dentin ceramics for all-ceramic restorations. *Dental Materials*. 2011; **27**: 165 - 172.
- [34] Michl R, Wollwage P. Dental prostheses. US Patent 4,281,991; 4 August, 1981.
- [35] Holmes BN, Bryan TT. Aesthetic, opalescent cold-polymerizable dental materials. European patent 0,522,434a1. Paris, France: European patent office; 1993.
- [36] Kobashigawa AI, Angeletakis C. Opalescence fillers for dental restorative composite. US Patent 6,232,367; 15 May, 2001.
- [37] Ward MT, Tate WH, Powers JM. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. *Operative Dentistry* 1995; **20**: 106 - 110.

- [38] Cho MS, Yu B, Lee YK. Opalescence of all ceramic core and materials. *Dental Materials* 2009; **25**: 695 – 702.
- [39] Song SH, Yu B, Anh JS, Lee YK. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. *Acta Odontologica Scandinavica* 2008; **66**: 236–242.
- [40] Lee YK, Lu H, Powers JM. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. *Dental Materials* 2006 **22**: 653- 660.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DO ARTIGO

Journal of Dentistry

Guide for Authors

The *Journal of Dentistry* is the leading international dental journal within the field of Restorative Dentistry. Placing an emphasis on publishing novel and high-quality research papers, the Journal aims to influence the practice of dentistry at clinician, research, industry and policy-maker level on an international basis.

Topics covered include the management of dental disease, periodontology, endodontology, operative dentistry, fixed and removable prosthodontics, and dental biomaterials science, long-term clinical trials including epidemiology and oral health, dental education, technology transfer of new scientific instrumentation or procedures, as well clinically relevant oral biology and translational research. Submissions are welcomed from other clinically relevant areas, however, the Journal places an emphasis on publishing high-quality and novel research.

Queries in relation to manuscript content should be directed to the Journal Editorial Office in the first instance.

Submissions

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.

Authors are requested to submit their original manuscript and figures via the online submission and editorial system for *Journal of Dentistry*. 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/jjod>

Authors unable to submit online should contact the Editorial office: Ms Gabbi Moisley, Journal Manager, *Journal of Dentistry*, Elsevier, Bampfylde Street, Exeter, UK, EX1 2AH. JOD@elsevier.com TEL: +44 (0)1392 285879 Fax: +44 (0)1865 853132.

Contributions falling into the following categories will be considered for publication:

- Original Research Reports: maximum length 6 printed pages approximately 20 typescript pages, including illustrations and tables.
- Review articles: maximum length 10 printed pages, approximately 33 typescript pages, including illustrations and tables.
- Short communication for rapid publication: maximum length 2 printed pages, approximately 7 typescript pages, including illustrations.
- Letters providing informed comment and constructive criticism of material previously published in the Journal.

All typescripts must be accompanied by a Permission Note. This is a letter signed by each author (not just the corresponding author), affirming that the paper

has been submitted solely to *Journal of Dentistry* and that it is not concurrently under consideration for publication in another journal. Prospective authors should confirm that the submitted work, including images, are original. Authors are reminded that if included images (e.g. Tables and Figures) have been previously published may require copyright permission.

Authorship: Only those persons who have made a significant contribution to the manuscript submitted should be listed as authors. The Editor-in-Chief expects that a manuscript should normally have no more than 6 authors, unless a case is made by the corresponding author within the article cover letter to include other authors. All of the named authors should have been involved in the work leading to the publication of the paper and should have read the paper before it is submitted for publication.

Notes for Typescript Preparation

The **title page** should contain the following information:

- Title of paper
- Short title
- Name(s), job titles and address(es) of author(s) (no academic degrees necessary)
- Name, address, telephone, fax and e-mail of the corresponding author
- Up to 6 keywords

Spelling: International English.

Authors are urged to write as concisely as possible.

The house style of *Journal of Dentistry* requires that

articles should be arranged in the following order: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, Tables, Figures. A **cover letter** should accompany the new manuscript submission, within which the authors should indicate the significance of the work being submitted in a statement no more than 100 words. A signed **permission note** (details below) must also be included.

Abstract: should not exceed 250 words and should be presented under the following subheadings: Objectives, Methods; Results; Conclusions (For Reviews: Objectives; Data; Sources; Study selection; Conclusions). A 50 word 'Clinical Significance' statement should appear at the end of the abstract advising readers of the clinical importance and relevance of their work. These subheadings should appear in the text of the abstract. Please repeat the title of the article at the top of the abstract page.

Introduction: must be presented in a structured format, covering the following subjects, although not under subheadings: succinct statements of the issue in question, and the essence of existing knowledge and understanding pertinent to the issue. In keeping with the house style of *Journal of Dentistry*, the final paragraph of the introduction should clearly state the aims and/or objective of the work being reported. Prospective authors may find the following form of words to be helpful: "The aim of this paper is to ..." Where appropriate, a hypothesis (e.g. null or a priori) should then be stated.

Keywords: up to 6 keywords should be supplied.

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.

Units: SI units should be used throughout. If non-SI units must be quoted, the SI equivalent must immediately follow in parentheses.

The complete names of individual teeth must be given in the text. In tables and legends for illustrations individual teeth should be identified using the FDI two-digit system.

Statistics

Statistical methods should be described with enough detail to enable a knowledgeable reader with access to the original data to verify the reported results. When possible, findings should be quantified and appropriate measures of error or uncertainty (such as confidence intervals) given. Details about eligibility criteria for subjects, randomization and the number of observations should be included. The computer software and the statistical method(s) used should be specified with references to standard works when possible (with pages specified). See http://www.icmje.org/manuscript_1prepare.html for more detailed guidelines.

References: These should appear in the text in numerical order and should follow a modified form of the Vancouver Reference system (details may be found at <http://www.icmje.org/index.html#reference>). Please note that the house style of the *Journal of Dentistry* is different from the standard Vancouver reference style in that it includes a requirement:

- to refer to the name of the Journal in full

- to put the name of the Journal in Italics
- to put the volume number in bold

Examples as follows:

Journal articles

Lynch CD, Frazier KB, McConnell RJ, Blum IR, Wilson NHF. State-of-the-art techniques in Operative Dentistry: contemporary teaching of posterior composites in UK and Irish dental schools. *British Dental Journal* 2010; **209**: 129 - 36.

Wilson NHF, Mjör I. The teaching of class I and class II direct composite restorations in European dental schools. *Journal of Dentistry* 2000; **28**: 15-21.

Please note that in-press/ accepted articles that are awaiting assignment of page numbers should be cited including their DOI number (Digital Object Identifier), for example:

Books

Lynch CD. Successful posterior composites. London: Quintessence Publishing Co., 2008.

Book chapters

Phillips SJ, Whisnant JP. The role of dentine under restorations. In: Laragh JH, Brenner BM, editors. The science of restorative dentistry. 2nd ed. Oxford: Elsevier; 2003. p.266-78.

If there are seven or more authors please list the first six and et al., otherwise list all authors. Journal titles

should be given in full. If websites are used as references, the full URL should be cited, along with the date on which it was accessed.

Illustrations: should be submitted electronically using appropriate commercial software. Prospective authors should follow the relevant guidelines (available from: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>). In addition, it is noted that while authors sometimes need to manipulate images for clarity, manipulation for purposes of deception or fraud will be seen as scientific ethical abuse and will be dealt with accordingly. For graphical images, journals published by Elsevier apply the following policy: no specific feature within an image may be enhanced, obscured, moved, removed, or introduced. Adjustments of brightness, contrast, or color balance are acceptable if and as long as they do not obscure or eliminate any information present in the original. Nonlinear adjustments (e.g. changes to gamma settings) must be disclosed in the figure legend.

The Editor and Publisher reserve the right to make such corrections to typescripts as may be necessary for clarity of expression, or to conform to the style required.

Proofs: Proofs will be sent to the author (first-named author if no corresponding author is identified on multi-authored papers) by PDF wherever possible and should be returned within 48 hours of receipt, preferably by e-mail. Corrections should be restricted to typesetting errors; any other amendments made may be charged to the author. Any queries should be answered in full. Elsevier will do everything possible to

get your article corrected and published as quickly and accurately as possible. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are returned to us in one all-inclusive e-mail or fax. Subsequent additional corrections will not be possible, so please ensure that your first communication is complete.

Should you choose to mail your corrections, please return them to: Log-in Department, Elsevier, Stover Court, Bampfylde Street, Exeter, Devon EX1 2AH, UK.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>

The decision of the Editor-in-Chief is final in relation to all manuscript submissions.

Updated September 2011