

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Odontologia
Programa de Pós-Graduação em Odontologia



Dissertação

VALIDADE E REPETIBILIDADE DA AVALIAÇÃO DE COR
COM FOTOGRAFIAS DIGITAIS

Ana Cláudia de Araújo Ferreira

Pelotas, 2014



Validade e repetibilidade da avaliação de cor com fotografias digitais

Ana Cláudia de Araújo Ferreira

Dissertação, 2014

**VALIDADE E REPETIBILIDADE DA AVALIAÇÃO DE COR
COM FOTOGRAFIAS DIGITAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração em Dentística.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Patrícia dos Santos Jardim

Co-Orientador: Prof. Dr. Alexandre Severo Masotti

Pelotas, 2014

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

F384v Ferreira, Ana Cláudia de Araújo

Validade e repetibilidade da avaliação de cor com fotografias digitais / Ana Cláudia de Araújo Ferreira ; Patrícia dos Santos Jardim, orientador ; Alexandre Severo Masotti, coorientador. — Pelotas, 2014.

57 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Dentística, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Fotografia. 2. Fotografia dentária. 3. Cor. 4. Reprodutibilidade dos testes.. I. Jardim, Patrícia dos Santos, orient. II. Masotti, Alexandre Severo, coorient. III. Título.

Black : D012

Ana Cláudia de Araújo Ferreira

Validade e repetibilidade da avaliação de cor
Com fotografias digitais

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Dentística, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 25 de fevereiro de 2014

Banca Examinadora:

.....
Prof.^a Dr.^a Patrícia dos Santos Jardim (Orientadora)
Doutora em Dentística Restauradora pela Universidade Estadual Paulista

.....
Prof.^a Dr.^a Tatiana Pereira Cenci
Doutora em Clínica Odontológica pela Universidade Estadual de Campinas

.....
Prof. Dr. Eduardo Passos Rocha
Doutora em Clínica Odontológica pela Universidade Estadual de Campinas

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado:

Aos meus maravilhosos pais (Cláudia e Robson) pelo grande incentivo a minha educação, desde a infância. Mas principalmente, por toda dedicação, carinho e amor incondicional. Eu não teria tantas forças para persistir se não fosse o apoio de vocês. “Enquanto houver você do outro lado, aqui do outro, eu consigo me orientar[...]”

A minha irmã Nanda pelas noites de longas conversas no Skype, pelas sessões de terapia grátis, e por uma vida inteira de amizade, de companheirismo, de muitas risadas, mas também de muitos puxões de orelha. Obrigada por sempre me dizer o que eu preciso e não apenas o que eu quero ouvir.

Ao meu namorado e melhor amigo Silas, por sempre apoiar minhas decisões, por acreditar nos meus sonhos e me dar forças para lutar por eles. Por suportar minha ausência e chatices, emprestar-me seu ombro quando as lágrimas não poderiam ser contidas e me oferecer seu confortável abraço. Sem a sua dedicação e o seu amor a minha vida ficaria centena de vezes mais difícil.

As minhas melhores amigas Isabelle e Jossaria, pelo imenso suporte e por me aguentarem nestes quase 7 anos de amizade. Por me amarem mesmo quando eu fui ausente, por ouvirem, pacientemente, as minhas queixas e dúvidas. Por todos os inesquecíveis momentos de diversão que vivemos juntas em todo este tempo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Patrícia Jardim e Alexandre Masotti, pela confiança no meu trabalho e na minha capacidade. Pelo exemplo de profissionais dedicados. Mas, acima de tudo, por sempre me tratarem com respeito e amizade. Obrigada por todo o apoio e conselhos que vão além da área acadêmica. Eu tenho um imenso carinho por vocês!

Ao professor Flávio Demarco, por ser exemplo como pesquisador e ser humano e por ter aberto as portas da UFPel para mim, sendo o primeiro a me ajudar na realização deste sonho.

Ao doutorando Gregori Boeira, pelos ensinamentos repassados, sem egoísmo, durante o desenvolvimento desta pesquisa. Sem o seu empenho e dedicação este trabalho não seria possível.

Aos meus queridos amigos Raquel e Hugo, pelo apoio desde o início... Estudando comigo antes da prova do mestrado... Comemorando os bons resultados. Obrigada por terem aberto sua casa para mim mesmo sem me conhecerem bem e por serem o mais próximo de família que eu tenho aqui em Pelotas, um pedacinho na nossa querida Paraíba no meio do sul do Brasil.

Ao meu amigo Ronaldo Júnior, por ser meu exemplo de pesquisador dedicado, por compartilhar comigo as aventuras e desventuras de realizar uma pós-graduação longe da família e dos amigos que amamos. Por meu ouvir sempre e pelas dicas tão úteis.

Ao meu amigo Dasaiev, por todos os momentos que você foi meu suporte, pelas ligações bem humoradas e mensagens doces. A sua amizade fez estes dois anos longe casa ficarem menos pesados.

Aos meus amigos Giane, Sinval, Mabel e Pepe, por toda preocupação em me deixar confortável na cidade, pelas conversas descontraídas, pelos lanchinhos e jantares seguidos dos momentos de caminhada. Eu vou levar a amizade e o carinho de vocês para o resto da vida!

Resumo

FERREIRA, Ana Cláudia de Araújo. **Validade e repetibilidade da avaliação de cor com fotografias digitais** 2014. 58f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Pelotas.

Objetivo: O objetivo deste estudo foi verificar a validade e a repetibilidade da avaliação de cor realizada com uma câmera digital com diferentes configurações de balanço de branco (WB). **Métodos:** Doze amostras de cor (B1-B4, A1-A4, C1-C3) de uma escala de cores 'Vitapan Classical' foram mensuradas com um espectrofotômetro clínico e com imagens digitais para a obtenção dos parâmetros de cor do sistema CIE L*a*b*. Para cada amostra de cor foram captadas 20 fotografias digitais, sendo que: dez (10) imagens foram captadas com equilíbrio de branco customizado (CWB) e outras dez (10) imagens com WB automático (AWB). Para determinar a validade, o coeficiente Kappa foi calculado considerando as doze amostras de cores individualmente e as quatro categorias nas quais as cores foram agrupadas conforme o croma. Testes de sensibilidade e especificidade também foram realizados. Para verificar a repetibilidade das avaliações de cor foi realizado o teste de Friedman. **Resultados:** Foi encontrada "concordância razoável" para imagens com AWB e "substancial" para imagens com CWB, quando todas as amostras foram avaliadas individualmente. Considerando as quatro categorias de cores, imagens com AWB mostraram "concordância moderada", enquanto aquelas com CWB ainda apresentaram "concordância substancial", mas com um valor de kappa superior. A configuração de CWB, também apresentou os melhores resultados de sensibilidade (63,3% para as cores intermediárias mais escuras a 100% para cores mais claras) e especificidade (88,8% para as cores mais escuras até 98,8 % para cores intermediárias mais claras). Avaliações de cor realizadas com fotografias digitais também apresentaram boa repetibilidade. Para ambas as configurações de WB, não houve diferença significativa entre as dez mensurações ($p > 0,05$). **Conclusão:** Imagens digitais são um instrumento válido para avaliação de cor, com uma excelente repetibilidade, desde que seja realizada customização do balanço de branco. De forma que, pode ser uma confiável alternativa ao uso de espectrofotômetros.

Palavras-chave: fotografia; fotografia dentária; cor; reprodutibilidade dos testes.

Abstract

FERREIRA, Ana Cláudia de Araújo. **Validity and repeatability of color assessment with digital photography.** 2014. 58f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Pelotas.

Objective: This study aimed to verify the validity of color measurement with a digital camera with different white balance (WB) setups, as well as to determine its repeatability. **Methods:** Twelve shade tabs (B1-B4, A1-A4, C1-C3) of a 'Vitapan Classical' shade guide had their colors measured with clinical spectrophotometer, and with digital images to obtain the CIE L*a*b* color parameters. For each shade tab, ten (10) images were taken with a camera with customized white balance (CWB), and other 10 with automatic white balance (AWB) setups. To determine validity, the Kappa coefficient was calculated considering the twelve shade tabs both individually and divided in four groups according chroma. Sensitivity and specificity tests were also carried out. The Friedman test was performed to verify the repeatability of the images. **Results:** 'Fair agreement' for images with AWB and 'substantial agreement' for images with CWB were found. Considering the four color categories, images with AWB showed a 'moderate agreement', while those with CWB still reported a 'substantial agreement' but with a higher kappa value. The CWB setup had also the best results of sensitivity (from 63.3% for darker-intermediate colors to 100% for lighter colors), and specificity (from 88.8% for darker colors to 98.8% for lighter-intermediate colors). The images also had a great repeatability for both CWB and AWB setups ($p>0.05$). **Conclusion:** Digital images proved to be a valid instrument for color measurement, with an excellent repeatability, as long as the images are taken by a camera with customized white balance setup. Thus, that can be a reliable alternative to the use of spectrophotometers

Key-words: Photography; photography, dental color; reproducibility of results;

Lista de Figuras

Projeto de pesquisa

Figura 1	Dispositivo de padronização de imagens e posicionamento do participante.....	20
Figura 2	Mensuração da cor dentária com espectrofotômetro posicionado com auxílio de matriz de silicona.....	21
Figura 3	Color Checker.....	24
Figura 4	Simulação do registro dos valores de L*, a* e b* no programa Adobe Photoshop CS 5.0.....	25

Lista de Tabelas

Artigo Científico

Table 1	Concordance values considering the 12 shade tabs.....	45
Table 2	Concordance values considering the four color categories.....	45
Table 3	Sensitivity and specificity of digital images to recognize the four color categories.....	46

Lista de abreviaturas e siglas

Projeto de pesquisa

mm – milímetro

cm – centímetro

SLR – Single Lens Reflex

k – Kappa

FOUFPel – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas

CNS – Conselho Nacional de Saúde

ANOVA – Análise de variância

DSLR – Digital Single Lens Reflex

CIE – Commission Internationale L'Eclairage

CRI – Color Reproduction Index

K – Kelvin

W – Watts

lx - Lux

ΔE – Diferença de cores

WB – White balance

CWB – Customized white balance

AWB – Automatic white balance

DNG -

Sumário

1 Projeto de pesquisa.....	14
1.1 Introdução.....	14
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	17
1.3 Hipótese.....	17
1.4 Materiais e Métodos.....	18
1.4.1 Aspectos éticos.....	18
1.4.2 Seleção dos participantes.....	18
1.4.3 Critérios de inclusão e exclusão.....	19
1.4.4 Instrumentos utilizados.....	19
1.4.5 Biblioteca de cores.....	19
1.4.6 Mensuração das coordenadas de cor com espectrofotômetro clínico.....	20
1.4.7 Mensuração das coordenadas de cor a partir de imagens digitais.....	21
1.4.7.1 Padronização da posição do participante.....	21
1.4.7.2 Mensuração das coordenadas de cor em duas condições de iluminação e balanço de branco.....	23
1.4.7.3 Ajuste de cores com dispositivo Color Checker.....	23
1.4.8 Análise de imagens.....	24
1.4.9 Análise estatística.....	25
1.5. Cronograma.....	27
1.6. Orçamento.....	28
2. Relatório do trabalho de Campo.....	29
3. Artigo Científico.....	33
4. Conclusão.....	47
Referências.....	48
Apêndices.....	51
Anexo.....	57

Projeto de pesquisa

1.1 Introdução

Atualmente, tanto pacientes como os próprios profissionais de odontologia têm inferido cada vez mais exigência quanto à aparência do sorriso. Desta forma, ao executar procedimentos restauradores e reabilitadores, o clínico necessita obter o melhor resultado funcional e estético possível. A perfeita reprodução da cor do dente natural tem uma grande influência na satisfação do paciente com resultado final da reabilitação (NAPADŁEK; PANEK; DĄBROWA, 2008).

Entretanto, a seleção de cor ideal, capaz de reproduzir as particularidades ópticas do elemento dentário, ainda é um processo desafiador na prática clínica diária (WITKOWSKI et al., 2012). Bentley et al. (1999) esclarecem que o método ideal para medição de cor deve ser confiável, fácil de realizar, deve permitir avaliação retrospectiva dos resultados e, o mais importante, o método ideal deve fazer uso de equipamentos que estão disponíveis, com custo relativamente baixo.

Os métodos para avaliar a cor em odontologia podem ser divididos em duas categorias: visual e instrumental. A primeira categoria refere-se à comparação visual com padrões de cores pré-definidas, enquanto a segunda é caracterizada pelo uso de instrumentos específicos de qualificação ou quantificação da cor (van der BURGT et al., 1990).

A seleção de cor pela avaliação visual emprega escalas de cores comercialmente fabricadas com um padrão ao qual o elemento dentário é comparado. No entanto, por ser um método subjetivo, a correspondência de cores com estas escalas pode ser extremamente difícil, devido à interpretação do observador e influências ambientais, tais como condições físicas e emocionais do observador, iluminação do ambiente e metamerismo. Metamerismo acontece quando um observador tem a percepção que dois objetos têm cores

correspondentes sob uma determinada iluminação, mas cores diferentes quando outra fonte de luz é utilizada (OKUBO et al., 1998; CORCODEL et al., 2010).

A experiência clínica do observador também pode interferir positivamente neste processo. Della Bona et al. (2009) demonstraram que dentistas apresentaram melhores índices de concordância entre a avaliação visual e instrumental da cor que indivíduos sem experiência no processo de seleção de cores (estudantes de odontologia do primeiro ano e população em geral) independentemente das escalas de cores utilizadas e das condições de iluminação do ambiente.

Apesar da seleção de cor ser normalmente realizada pelo método visual, o uso de instrumentos específicos que aferem a cor do elemento dental, além de diminuir a influência do observador, fornecem valores objetivos que podem ser rapidamente obtidos, aumentando a precisão do procedimento (PARK; LEE; LIM, 2006).

Os espectrofotômetros medem um comprimento de onda de cada vez, a partir da luz refletida ou transmitida por um objeto e, em odontologia, têm sido utilizados para medir o espectro visível de dentes vitais ou extraídos, bem como de materiais odontológicos (JOINER, 2004). No entanto, neste caso, as medições são passíveis de limitações e até mesmo erros, devido ao fato destes instrumentos terem sido criados para a medição de cor de superfícies planas (BOLT; BOSCH; COOPS, 1994; CAL et al., 2004).

Além disso, a superfície de contato dente/instrumento é de cerca de 5 mm de forma que estes dispositivos podem não capturar de forma confiável as informações de cor real de toda a superfície do dente que, como sabemos, apresenta diferentes nuances (TAM; LEE, 2012). As dissimilaridades entre o centro e as bordas de um dente em termos de cor, forma, estrutura e brilho além de serem uma limitação ao uso dos espectrofotômetros, também desafiam o olho humano, pois podem ser interpretadas de forma diferente por cada indivíduo (KIM-PUSATERI et al., 2009).

Os mais recentes dispositivos usados no processo de seleção de cor são as fotografias digitais (BREWER; WEE; SEGHI, 2004). A utilização das imagens digitais pode reduzir a lacuna de comunicação entre dentistas e técnicos, já que fotografias digitais de referência, anexadas a um mapa de cores devem ser material suficiente para construir uma restauração aceitável (HONG; LUO; RHODES, 2001; TAM; LEE, 2012).

O uso de câmeras digitais comerciais para odontologia também é relevante para pesquisas clínicas, em função do seu fácil acesso e custo relativamente baixo (WEE et al., 2006). O equipamento fotográfico digital oferece muitas vantagens, tais como flexibilidade de processamento, confiabilidade de transmissão, facilidade de armazenamento, recuperação e reprodução, bem como compatibilidade com computadores e redes digitais, que com a utilização generalizada da Internet torna esta opção mais vantajosa (SCHROPP, 2009).

Em se tratando de fotografia digital, a configuração da câmera, a iluminação e o ambiente de visualização são fundamentais para a obtenção da cor exata e aquisição de imagem que possam fornecer dados significativos e reprodutíveis (HONG; LUO; RHODES, 2001)

A influência de um iluminante sobre a percepção de cor dos dentes, das restaurações e das escalas de cores é uma importante preocupação clínica. Carsten (2003) explica que embora a luz natural seja considerada o padrão ideal para a iluminação em odontologia, esta pode ser afetada pela extrema variabilidade das condições climáticas, hora do dia, cobertura por nuvens, estações do ano e ainda poluentes atmosféricos. Desta forma, fica claro que o controle de variáveis tais como iluminante/fonte de luz é necessário para o sucesso na correspondência de cores.

Além da iluminação, a confiabilidade de correspondência de cores com imagens digitais é muito influenciada pelas configurações do balanço de branco da câmera. Segundo Tung et al., (2011) imagens digitais capturadas por uma câmera digital SLR (Single Lens Reflex) com balanço de branco customizado mostraram correlações promissoras com as medições realizadas com um espectrofotômetro.

Alguns estudos laboratoriais com resinas compostas e cerâmicas encontraram uma correlação muito alta e apurada entre o espectrofotômetro e fotografias digitais, demonstrando que o método de aferição de cor através destas imagens pode ser uma alternativa na clínica odontológica, desde que a configuração da câmera e as condições de iluminação sejam adequadas (JARAD; RUSSEL; MOSS, 2005; CAGLAR et al., 2010). No entanto, existe a necessidade de avaliar a acurácia e a precisão da fotografia digital em relação ao espectrofotômetro em dentes humanos vitais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral:

Avaliar *in vivo* a acurácia e a precisão da fotografia digital na aferição de cor em odontologia.

1.2.2 Objetivos específicos:

- a. Avaliar a validade da fotografia digital em relação ao espectrofotômetro por meio do teste de concordância (Kappa) em duas condições de iluminação, duas condições de balanço de branco, customizado ou automático, e após o uso ou não de um dispositivo de ajuste de cor.
- b. Avaliar a precisão da fotografia digital em dois tempos de aplicação (imediate e após uma semana).

1.3 Hipótese

Será testada a hipótese de que a aferição de cor pela fotografia digital obterá resultados semelhantes àqueles obtidos com o espectrofotômetro sob condições ideais de iluminação, com balanço de branco customizado. Ou ainda, na ausência de condições ideais, supõe-se que o uso do dispositivo color Checker, seja capaz de ajustar a imagem.

1.4 Materiais e Métodos

1.4.1 Aspectos éticos

O projeto será encaminhando ao Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas (FO-UFPel). Os participantes serão informados quanto à natureza e objetivos deste estudo e, em caso de concordância com as especificações, assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), cujo posicionamento ético contempla a Resolução CNS 196/96.

1.4.2 Seleção dos participantes

Um teste piloto *in vitro* foi realizado previamente. As 16 amostras de uma escala de cores “Vitapan Classical” foi submetida a mensuração de cor com espectrofotômetro e através de fotografia digital, nas duas situações de iluminação e balanço de brancos descritas posteriormente (Vide itens 1.4.7.2 e 1.4.7.3). Os dados foram avaliados (ANOVA de uma via) no programa estatístico SigmaStat versão 3.5. Para um poder de 90% e erro α de 5% será necessário um n amostral de 32 dentes (16 participantes) por grupo. Acrescentando-se 20% para possíveis perdas, um total de aproximadamente 40 dentes (20 participantes) por grupo será necessário.

Os voluntários, estudantes do curso de graduação em odontologia, serão convidados verbalmente a participar da pesquisa. Serão selecionados aqueles que preencham adequadamente os critérios de inclusão descritos abaixo (item 4.3) e que, após leitura e compreensão do termo de consentimento livre e esclarecido, estejam de acordo com a sua participação na pesquisa.

1.4.3 Critérios de inclusão e exclusão

1.4.3.1 Critérios de inclusão:

- Boas condições de higiene bucal
- Presença dos seis elementos ântero-superiores

- Ausência de restaurações envolvendo a face vestibular dos dentes ântero-superiores
- Ausência de defeitos morfológicos e estruturais nos elementos dentários ântero-superiores a serem observados

1.4.3.2 Critérios de exclusão:

- Portador de aparelho ortodôntico
- Lesão de cárie ativa nos elementos dentários avaliados
- Participantes com dentes que tenham micromorfologia superficial detalhada

1.4.4 Instrumentos utilizados

Ambos os instrumentos – espectrofotômetro clínico (Vita EasyShade - Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) e máquina fotográfica digital DSLR (Nikon D7000, lente Nikon 28-105mm Nikkor) – utilizados nesta pesquisa permitirão a obtenção de dados que quantifiquem a cor do elemento dentário no sistema CIE $L^*a^*b^*$, o qual fornece a determinação da cor no espaço tridimensional. O valor L^* define a luminosidade da cor, enquanto os valores de a^* e b^* referem-se às características cromáticas. Os valores de a^* refletem o eixo verde (a^* negativo) para o vermelho (a^* positivo), enquanto o valor b^* define o eixo azul (b^* negativo) para o amarelo (b^* positivo) (YUAN et al., 2012).

1.4.5 Biblioteca de cores

Previamente à etapa de mensuração da cor dentária *in vivo*, cada uma das 16 amostras de uma escala de cores “*Vitapan Classical*” (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) será submetida à mensuração de cor por meio de um espectrofotômetro. Cada amostra será incluída em um molde de silicone com uma janela de 5 mm de diâmetro (correspondente ao diâmetro da ponta do instrumento), no terço médio da face vestibular da amostra, onde será realizada a leitura da cor nos valores do sistema CIE $L^*a^*b^*$. A partir dos valores obtidos será construída uma ‘biblioteca de cores’ (Apêndice B) (PAUL et al., 2002), na qual as amostras de cores serão organizadas em ordem decrescente de luminosidade.

1.4.6 Mensuração das coordenadas de cor com espectrofotômetro clínico

Neste estudo, será utilizado o espectrofotômetro Vita Easyshade Compact, como padrão-ouro. Antes de cada série e a cada duas medições o aparelho será calibrado seguindo as especificações do fabricante. A ponteira do instrumento será protegida com papel filme descartável, segundo as recomendações de biossegurança.

Para garantir que a leitura do espectrofotômetro ocorra sempre na mesma posição, sem alterações na angulação da ponteira, será confeccionada uma matriz de silicona de adição de alta viscosidade (Express Standard, 3M ESPE) individual para cada paciente e com uma abertura circular de 5 mm de diâmetro localizada no centro do terço médio da superfície vestibular do incisivo central superior direito (MARSON et al., 2008; JADAD et al., 2011). Estas matrizes serão armazenadas em recipiente lacrado com a identificação do participante.

A mensuração será realizada com o aparelho posicionado na janela produzida na matriz perpendicular à superfície do dente, e situada no terço médio da face vestibular de cada um dos incisivos centrais. (Fig. 1).

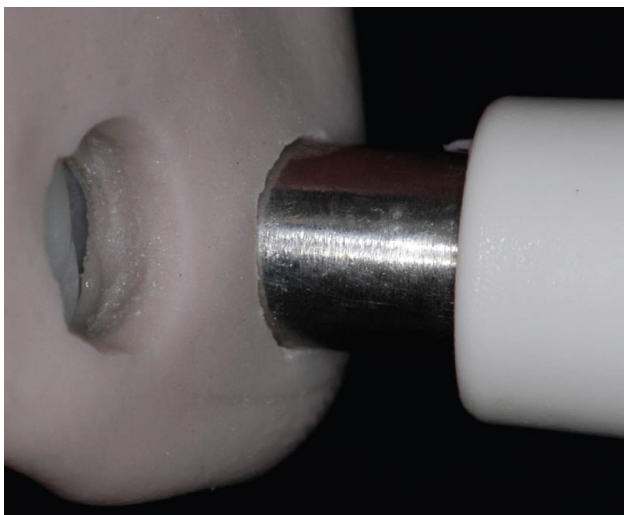


Figura 1 – Mensuração da cor dentária com espectrofotômetro posicionado com auxílio de matriz de silicona.

Fonte: MASON et al., 2008, p. 16.

1.4.7 Mensuração das coordenadas de cor a partir de imagens digitais

1.4.7.1 Padronização da posição do participante

O dispositivo de padronização com finalidade de documentação e pesquisa foi idealizado no Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal de Pelotas. Apresenta como referência vertical, uma coluna saída de um tripé com ajuste de altura, cuja finalidade é servir de base para o mini estúdio / mesa still (Fig. 2), que foi projetado a partir das dimensões internas de uma cabine de luz modelo LBM-B – Mathis® (Largura 63,0 x Profundidade 42,5 x Altura 40,5cm).



Figura 2: Dispositivo de padronização e posicionamento do participante
Fonte: Gregori Franco Boeira

Os participantes serão orientados a escovarem os dentes, a fim de remover possível biofilme visível. Em seguida, deverão retirar todos os objetos que possam interferir e/ou refletir na face. Quando necessário, os cabelos longos deverão ser presos com elástico na região posterior da cabeça e uma faixa de cor preta deverá ser colocada na cabeça para manter a franja dos cabelos para trás. Em seguida, colocarão um avental cinza padronizado para impedir que a cor das roupas interfira na cor da imagem a ser obtida.

Posteriormente, os voluntários serão posicionados no dispositivo. Atrás dos indivíduos, haverá um tecido de cor neutra (cinza) como tela de fundo, de forma que o ambiente não influencie na obtenção e avaliação das imagens. A altura da cadeira

será ajustada em relação às olivas e a matriz de silicona confeccionada será posicionada e ajustada aos dentes dos voluntários para que, durante a análise da imagem no software escolhido, seja selecionada a mesma área que teve a cor mensurada pelo espectrofotômetro. Então, um relator gnásio será ajustado à face do participante, de forma que será obtida uma imagem frontal padronizada e reproduzível do sorriso.

A câmera fotográfica será montada em um tripé (Vivitar) nivelado ao solo a uma distância de 1,2 metros da face do participante. Este ponto será demarcado com fita adesiva para garantir que esta distância não sofra qualquer alteração.

Com relação à configuração da câmera, a distância focal utilizada será de 70 mm, a velocidade do obturador será de 1/200 e a abertura da lente de F 29, buscando-se profundidade de campo e nitidez de imagem, possíveis devido às boas condições de iluminação estabelecidas pelo dispositivo de padronização.

As imagens serão capturadas no formato RAW. Trata-se de um padrão que guarda todos os dados de uma foto, da forma como esta é gerada na câmera digital, sem aplicação de efeitos ou ajustes, portanto oferece alta qualidade de imagem e maior espectro de cores. Para manter os dados em segurança, as imagens serão replicadas e salvas em um banco de dados de um disco rígido externo (HD 500GB).

Todos os participantes terão a cor dos incisivos centrais superiores mensuradas com o EasyShade e, posteriormente, serão divididos aleatoriamente em dois grupos conforme a condição de iluminação testada.

- Grupo 1 (n=20): participantes submetidos a mensuração de cor através de fotografia digital obtida em ambiente com iluminação D55 e balanço de brancos automático e customizado.
- Grupo 2 (n=20): participantes submetidos a mensuração de cor através de fotografia digital obtida em ambiente com iluminação D65 e balanço de brancos automático e customizado.

Após a obtenção das imagens em cada um dos grupos, será observado o efeito do padronizador *Color Checker* (dispositivo de calibração de cores). Cada situação será particularmente descrita adiante.

1.4.7.2 Mensuração das coordenadas de cor em duas condições de iluminação e balanço de brancos

Para a condição 1 (grupo 1, $n = 20$ participantes), a fim de obter uma iluminação ideal e permitir uniformidade na obtenção das cores serão utilizadas 03 (três) lâmpadas fluorescentes compactas D55 (*Professional Pure White Lâmpadas Daylight*), com temperatura de cor padrão para a luz diurna calibrada para 5500K (Kelvin), CRI (*color reproduction index*) estável de 90 e 125W (Watts) de potência. Estes iluminantes serão posicionados externamente às aberturas laterais e no teto do dispositivo, os quais serão forrados por tecido difusor fotográfico branco, respeitando uma distância mínima de 50 cm.

Para condição 2 (Grupo 2, $n = 20$), uma outra condição de iluminação será criada a partir da substituição das lâmpadas D55 por lâmpadas luz do dia D65 (TLD965, PHILIPS) com temperatura de cor em 6500K, CRI de aproximadamente 90. A distância destes iluminantes em relação ao tecido difusor e o posicionamento dos mesmos será igual ao descrito acima, tomando-se o cuidado de equilibrar a potência das lâmpadas.

Antes de cada sessão será medida a luminância, expressa em lux (lx), das fontes de luz para garantir que as condições de iluminação se mantenham constantes ao longo de todo o experimento (VC10101A – Luminance Meter, Victor Inc., China).

Outra situação a ser testada refere-se à obtenção de imagens digitais realizadas com duas configurações de balanço de branco. Para o balanço de branco automático, será necessário apenas programar a câmera fotográfica para esta função. No caso da configuração customizada, o balanço de brancos da câmera será padronizado de acordo com a temperatura de cor das lâmpadas empregadas, no caso 5500K, para o grupo 1 e 6500K para o grupo 2.

1.4.7.3 Ajuste de cores com dispositivo Color Checker

Após a calibração do balanço de branco (automático ou customizado) em cada sessão de fotografias, independente do grupo, será realizada a tomada de uma imagem da escala *Color Checker Passport (x-rite®)* (Fig.3). Este dispositivo consiste em um quadro com um conjunto de 24 amostras de cores naturais, espectrais,

primárias e cinzas, cientificamente produzidas em uma ampla gama de tonalidades (McCAMY; MARCUS; DAVIDSON, 1976). Tal ferramenta é utilizada para medir e analisar diferenças em termos de reprodução das cores em qualquer sistema de elaboração cromática (RGB e CIE $L^*a^*b^*$, Munsell), comparando as reproduções digitais com cenas da vida real ou com objetos de teste.

Para testar a influência deste dispositivo, a existência de variação significativa dos valores de L^* , a^* e b^* será avaliada utilizando-se ou não esta ferramenta.

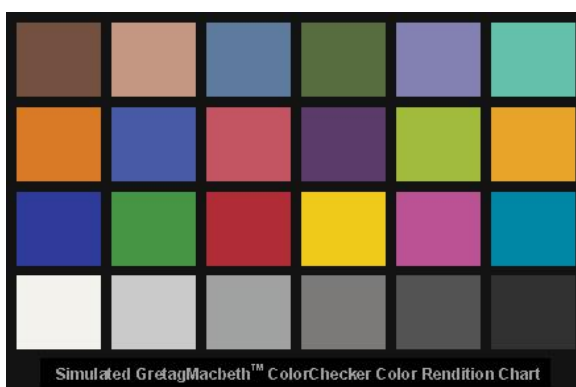


Figura 3: *Color Checker*

Fonte: <http://www.normankoren.com>

1.4.8 Análise das imagens

Para garantir que seja selecionada a mesma área de 5mm de diâmetro mensurada pelo EasyShade, os participantes usarão novamente a guia de silicone e as áreas centrais do terço médio da face vestibular dos elementos dentários 11 e 21 serão marcadas com caneta hidrográfica e, em seguida será realizada uma tomada fotográfica nos mesmos padrões especificados no tópico 1.7.4.1. No programa Adobe Photoshop CS 5.0, um examinador que não tenha participado do processo de aquisição das imagens e nem tenha acesso aos valores espectrofotométricos dos participantes, obterá o registro dos valores de L^* , a^* e b^* das imagens digitais. Para tanto, a imagem que contém a marcação com caneta hidrográfica, será sobreposta (por meio de camadas) à imagem a ser avaliada para que seja realizada uma marcação digital na área a ser mensurada. Na função histograma do programa, serão obtidos os valores médios de L^* , a^* e b^* para cada elemento dentário fotografado (Figura 4).

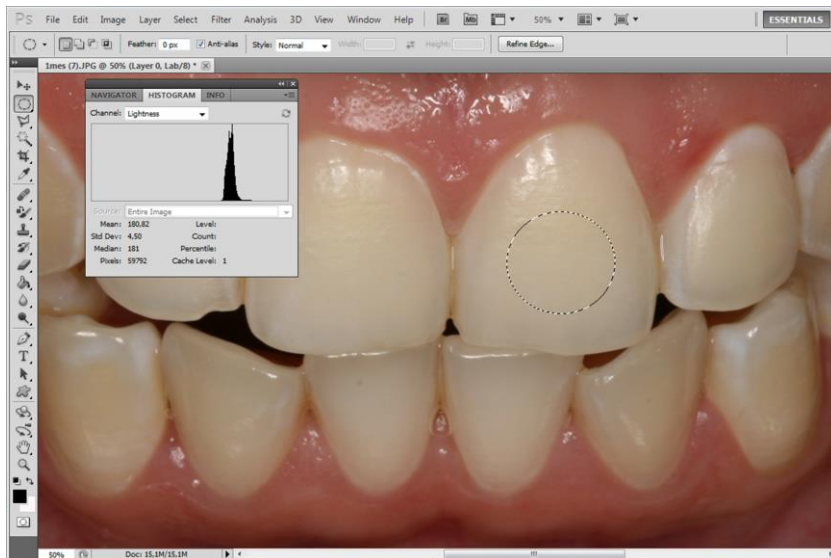


Figura 4: Simulação do registro dos valores de L^* , a^* e b^* no programa Adobe Photoshop CS 5.0

Posteriormente, estes parâmetros de cor serão comparados às amostras da 'biblioteca de cores', de forma que será selecionada a cor que proporcionar menor diferença de cor (ΔE), calculada pela seguinte expressão matemática:

$$\Delta E = [(L^*_{\text{foto}} - L^*_{\text{biblio}})^2 + (a^*_{\text{foto}} - a^*_{\text{biblio}})^2 + (b^*_{\text{foto}} - b^*_{\text{biblio}})^2]^{1/2}$$

Desta forma, caso o menor valor de ΔE corresponda à diferença de cor entre a imagem do elemento dentário e a amostra de cor A2 da escala Vita, o dente será classificado como A2. A mesma comparação será estabelecida entre os dados espectrofotométricos e as amostras da escala de cores.

1.4.9 Análise estatística

Os dados obtidos serão tabulados no programa estatístico Stata® (Versão 11.2, StataCorp LP, College Station, Texas, USA). As cores serão categorizadas em 16 categorias, sendo organizadas, de acordo com o croma, da cor mais clara (B1) para a cor mais escura (C4).

Para avaliar a validade (acurácia) da fotografia digital, o teste Kappa será realizado para avaliar a existência de concordância entre o diagnóstico de cor obtido a partir das imagens digitais e através de espectrofotômetro (padrão-ouro). Será

verificada concordância quando a cor selecionada por meio dos dois métodos for coincidente.

Além disso, a precisão da fotografia digital também será avaliada. Após a primeira mensuração de cores, para cada grupo serão realizadas novas tomadas fotográficas. As informações de cor obtidas em ambos os períodos serão comparados a fim de verificar a reprodutibilidade por meio do teste ANOVA para medidas repetidas, uma vez que verificada normalidade dos dados.

1.6 Orçamento

Quantidade	Unid.	Produto	Valor individual	Valor Total
02	Litros	Álcool etílico hidratado 70° GL	5,00	10,00
02	Pacotes	Gaze não estéril	11,00	22,00
05	unidades	Afastadores labiais (Morelli /Prisma)	15,00	75,00
02	potes	Silicona de adição Express Standard denso 3M	274,30	548,60
10	unidades	Recipientes plásticos	2,00	20,00
01	unidade	Espectrofotômetro – EasyShade	6.500,00	6.500,00
01	unidade	Escala de cores Vitapan Classical	390,00	390,00
01	unidade	Mini-estúdio fotográfico	220,00	220,00
01	unidade	Articulador semi-ajustável (Bio-art)	425,00	425,00
01	unidade	Cadeira giratória	139,00	139,00
01	unidade	Escala de Cinza – (Opteka®).	80,00	80,00
01	unidade	Color Checker Passport (X-Rite)	360,00	360,00
01	unidade	Tripé (Vivitar)	180,00	180,00
02	unidades	Tripé iluminação	29,00	58,00
01	unidade	Câmera fotográfica digital (Nikon D7000)	8.000,00	8.000,00
01	Resma	Papel ofício A4(Termos de Consentimento)	14,00	14,00
20	unidades	Elástico de cabelo / cor preta	4,50	4,50
03	unidades	Faixa de malha para cabelo / cor preta	3,50	10,50
01	unidade	Babador cinza	20,00	20,00
01	unidade	HD Externo 500 GB (Samsung)	199,00	199,00
03	unidades	Lâmpadas fluorescentes (TLD965, PHILIPS)	38,00	114,00
03	unidades	Lâmpada D55 (Dayligh - 125W, 220V, 5500k)	90,00	270,00
01	unidade	Notebook (Macbook Pro - Apple)	3.999,00	3.999,00
Total				21.658,6

2 Relatório do trabalho de campo

Durante a elaboração da pesquisa, encontramos na literatura um estudo de validação da fotografia digital como instrumento de avaliação de cor em odontologia (SMITH et al, 2008), tanto *in vitro* como *in vivo*, cujos resultados demonstraram boa correlação intra-classe, o que significa dizer que a utilização de imagens digitais apresenta boa reprodutibilidade. Entretanto, não encontramos estudos que validassem a fotografia digital como uma alternativa de mensuração da cor em substituição ao espectrofotômetro clínico, atualmente considerado padrão-ouro para esta finalidade.

A intenção do nosso projeto de pesquisa original era realizar um estudo de validação da avaliação de cor realizada por fotografia digital *in vivo*. Entretanto, durante a elaboração do projeto, observou-se a necessidade de realizar estudo prévio, *in vitro*, com a finalidade de definir alguns pré-requisitos fundamentais para o desenvolvimento do estudo com participantes, a saber: qual(is) a(s) melhor(es) condição(ões) de iluminação, como e qual seria a configuração ideal da câmera fotográfica para avaliação de cor, e também se seria necessário a utilização de um dispositivo de ajustes de cores.

Desta forma, foi necessário a realização de um estudo prévio *in vitro* para responder esclarecer dúvidas fundamentais para a realização do estudo com seres humanos.

Avaliação das condições de iluminação para aferição de cor

Doze (12) amostras de cores (B1-B4, A1-A4, C1-C3) de uma escala 'Vitapan Classical' foram selecionadas. Estas cores foram escolhidas por serem as mais frequentemente encontradas nos kits introdutórios das resinas compostas atualmente comercializadas. Raramente, cores mais escuras, como C4, e o matiz D são encontradas nas resinas compostas atuais.

Para a realização das tomadas fotográficas, as amostras de cor foram posicionadas em um dispositivo de padronização, que consistiu em uma caixa de luz branca, revestida de tecido difusor fotográfico, de tal forma que a luz fosse distribuída homogeneamente. As lâmpadas, dispostas a 50 cm da caixa de luz, poderiam ser trocadas para que o melhor tipo de iluminação pudesse ser escolhido. Três tipos de lâmpadas foram testados: a) D55 com índice de reprodução de cores (IRC) de 90%; b) D65 com IRC de 90% e c) D65 com IRC de 70%. Além disso, independente da condição de iluminação, as fotografias foram realizadas com balanço de branco automático e customizado. Os valores de $L^*a^*b^*$ foram determinados com o auxílio do software Adobe Photoshop CS 6.0. Tais valores foram comparados àqueles obtidos por espectrofotometria e a presença de correlação foi verificada. Para os valores de L^* , todas as condições de iluminação e balanço de branco apresentaram forte correlação positiva com o espectrofotômetro ($r \geq 0,83$ e $p < 0,001$), similares resultados foram encontrados para os valores de b^* ($r \geq 0,91$ e $p < 0,001$). Para os valores de a^* , observou-se também uma forte correlação positiva ($r > 0,90$ e $p < 0,001$), com exceção das imagens obtidas com iluminação D65 com IRC de 70% e balanço de branco automático, que não apresentaram correlação ($p = 0,53$). Os resultados de correlação entre cada tipo de fotografia e o espectrofotômetro estão apresentados no apêndice C. Com base nestes resultados, decidimos que a iluminação utilizada na pesquisa de validação seria a lâmpada D55 (IRC=90%).

Configuração da câmera fotográfica

Uma câmera Nikon D7000 foi configurada no modo manual, ISO 100. Com relação à abertura e velocidade do obturador, estes passos foram configurados empiricamente, testando-se combinações que permitissem adequada entrada de luz e profundidade de campo. Chegamos à conclusão de que a melhor combinação foi abertura F11 e velocidade do obturador 1/4s.

Com relação ao formato da imagem captada, sabe-se que o conceito de 'compressão visualmente sem perdas' explorado no formato de imagem mais comumente utilizado (JPEG), é resultado da redução da resolução espacial dos canais cromáticos, de forma que isso resulta em imagens que parecem idênticas àquelas sem compressão, quando vistas em distâncias típicas. No entanto,

adotando-se este formato de imagem, informações importantes seriam descartadas. (BERNS, 2001). Por esse motivo, neste estudo, as imagens foram obtidas no formato RAW, o que permite que elas sejam analisadas sem interpretação da câmera ou do software gráfico, ou seja, são imagens “cruas”, registradas exatamente da forma em que foram captadas.

Dispositivo para ajuste de cor

Para uma acurada reprodução de cores pela câmera digital é necessário que haja uma caracterização de cor. Este passo normalmente é realizado com um cartão de cores, contendo amostras de referência. No entanto, o ajuste da câmera para alcançar a caracterização mais adequada é um processo longo e mais complicado para o uso em Odontologia, especialmente se considerarmos seu uso na prática clínica. Assim, no estudo, foi realizado um ajuste após obtenção das imagens por meio de um plug-in do ColorChecker Passport em um software gráfico, conforme as instruções do fabricante. Resultados do teste in vitro, não incluídos no artigo da dissertação, demonstraram que a concordância entre a fotografia digital e o espectrofotômetro foi consideravelmente maior quando as imagens foram submetidas ao ajuste de cores (Apêndice D).

Outros resultados não incluídos, referentes aos valores de L^* , a^* , b^* de cada amostra de cor, mensurados por espectrofotometria e através das fotografias digitais, bem como aos valores de ΔE obtidos da comparação entre os instrumentos, estão reportados nos apêndices E e F.

Estudo in vivo

O projeto de pesquisa inicial foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas no início de junho de 2013. Entretanto, o Comitê de Ética expediu o parecer favorável apenas no dia 18 de dezembro de 2013 (Anexo 1). Durante esse período, os pesquisadores responsáveis pelo projeto, por inúmeras vezes, recorreram ao Comitê, solicitando que a apreciação do projeto fosse realizada em tempo hábil para a realização da pesquisa, entretanto não obtivemos retorno. O atraso na emissão do parecer determinou que a seleção dos pacientes para o estudo in vivo iniciasse apenas em

Janeiro deste ano. Esse fato também levou os pesquisadores a tomarem as seguintes decisões: a) o artigo a ser apresentado nesta dissertação é o resultado do estudo *in vitro* de validação e repetibilidade da avaliação de cor com fotografias digitais. b) o trabalho de validação do uso da fotografia digital como instrumento de avaliação de cor *in vivo* encontra-se em andamento.

3 Artigo científico

Formatado segundo as normas da revista: Journal of Dentistry

Validity and repeatability of color assessment with digital photography

Short Title: Color assessment with digital cameras

FERREIRA, ACA; BOEIRA, GF; DEMARCO, FF; MASOTTI, AS; JARDIM, PS

Ana Cláudia de Araújo Ferreira*: ferreira.aca@gmail.com

Gregori Franco Boeira** gregoriboeira@gmail.com

Flávio Fernando Demarco*** ffdemarco@gmail.com

Alexandre Severo Masotti*** masottibrasil@gmail.com

Patrícia dos Santos Jardim*** patriciajardim.ufpel@gmail.com

*DDS, MSc student, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Federal University of Pelotas, RS, Brazil

**DDS, PhD student, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Federal University of Pelotas, RS, Brazil

***DDS, MSc, PhD, Associate Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Federal University of Pelotas, RS, Brazil

Corresponding author: Dr^a Patrícia dos Santos Jardim, DDS, MSc, PhD.

Faculdade de Odontologia de Pelotas, FOP-UFPEL,

Rua Gonçalves Chaves 457, Pelotas, RS, Brazil

CEP: 96015-560. Tel/Fax: +55-53-3222-6690.

e-mail: patriciajardim.ufpel@gmail.com

Validity and repeatability of color assessment with digital photography

FERREIRA, ACA; BOEIRA, GF; DEMARCO, FF; MASOTTI, AS; JARDIM, PS

Abstract

Objective: This study aimed to verify the validity of color assessment with a digital camera with different white balance (WB) setups, as well as to determine its repeatability. **Methods:** Twelve shade tabs (B1-B4, A1-A4, C1-C3) of a 'Vitapan Classical' shade guide had their colors measured with clinical spectrophotometer, and with digital images to obtain the CIE L*a*b* color parameters. For each shade tab, ten (10) images were taken with a camera with customized white balance (CWB), and other 10 with automatic white balance (AWB) setups. To determine validity, the Kappa coefficient was calculated considering the twelve shade tabs both individually and divided in four groups according to chroma. Sensitivity and specificity tests were also carried out. The Friedman test was performed to verify the repeatability of the assessments. **Results:** 'Fair agreement' for images with AWB and 'substantial agreement' for images with CWB were found. Considering the four color categories, images with AWB showed a 'moderate agreement', while those with CWB still reported a 'substantial agreement' but with a higher kappa value. The CWB setup had also the best results of sensitivity (from 63.3% for darker-intermediate colors to 100% for lighter colors), and specificity (from 88.8% for darker colors to 98.8% for lighter-intermediate colors). The images also had a great repeatability for both CWB and AWB setups ($p>0.05$). **Conclusion:** Digital photography proved to be a valid instrument for color assessment, with an excellent repeatability, provided that the images are taken by a camera with customized white balance setup

Clinical relevance: The present research provides scientific support for the dental clinician to use a camera with customized white balance setup when taking high quality digital images for color assessment, which proved to be a valid and reliable method of color measurement.

Key-words: Photography; Dental Photography; Color; Reproducibility of results.

Introduction

The perfect reproduction of natural tooth color has a great influence on the patient's satisfaction with the outcome of restorative procedures.¹ However, optimal color selection reproducing the optical characteristics of the tooth is still a challenging process in the current clinical practice.²

For many years, manufactured shade guides have commonly been used in the color replication process for esthetic restorations. However, color matching with these guides can be extremely difficult due to differences between observers, such as: individual interpretation of color, clinical experience, as well as physical and emotional conditions at the moment of evaluation, and also due to environmental influences, especially lighting variations.^{3,4} Currently, many technologies have been developed in an effort to increase success in color matching and color reproduction, such as: new shade guides covering a wider range of colors that are easier to be used^{5,6} and specific tools for color measurement - spectroradiometers, spectrophotometers and colorimeters that measure teeth color quickly and objectively, increasing the accuracy of the procedure by reducing the influence of operator.⁷

The more recent devices used in the color selection process are the digital cameras.^{9,10} Digital photography offers many advantages in both, research field and clinical practice, because its flexibility of processing, reliability in transmitting data, ease of storage, as well as compatibility with computers and digital networks (WEE et al., 2006; Schropp, 2009). Despite all the advantages the reliability of the color matching with digital images is greatly influenced by the lighting conditions of the environment and camera setups, especially in relation to white balance.^{11,12} which is a mechanism employed in digital cameras to compensate the color differences caused by the use of various illuminants.(Chikane e Fuh, 2006)¹³

Some researchers have studied the reliability of images systems.^{14,15,16} They've been showing promising results. However, there was found no studies that validate digital photography as an alternative for color assessment which could replace clinical spectrophotometer, currently considered the gold standard for this purpose. Thus, the aim of this research was to verify the validity of color assessment with a digital camera with different white balance setups as well as to determine its

repeatability. We hypothesized that color assessment with digital photography taken by a camera with automatic or customized white balance will get similar results to those obtained with a clinical spectrophotometer.

Materials and Methods

Overall experimental design

To carry out this *in vitro* validation study, twelve shade tabs (B1-B4, A1-A4 and C1-C3) of a "Vitapan Classical" shade guide (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) had their color measured with a clinical spectrophotometer (Vita Easyshade - Vita Zahnfabrik, BadSäckingen, Germany). The results were compared with those obtained with a digital camera (Nikon D7000, 105 mm lens Micro - Nikkor, Nikon) in order to evaluate the validity of the image systems.

Spectrophotometric measurement

The spectrophotometer was calibrated according to the manufacturer's instructions before each measurement. To ensure that the spectrophotometer would read the same area located in the center of the middle third of the labial surface of the shade tab and at the same perpendicular angle, a high viscosity silicone matrix (ZetaPlus, Zhermack, Italy) with a 5 mm circular window was used. Three non-consecutive measurements were made for each shade tab. The means of L^* , a^* and b^* values build up a "color library" in which the tabs were sequentially arranged from the lightest color (B1) to the darker (A4).

Images attainment and analysis

To take the digital photographs, the shade guide was positioned in the center of a standardizing device, which had its top and side walls covered with diffuser transparent-white fabric. Three (03) fluorescents compacts lamps D55 (Professional Pure White Daylight Lamps, ALZO, Bethel, USA), with standard color temperature for

daylight calibrated to 5500K (Kelvin), 90CRI (Color Reproduction Index) and power of 125W (Watts), were placed at 50 cm distance to the standardizing device.

A digital camera was mounted in a tripod, perpendicular and in a distance of 100cm to the shade guide. The camera was set in 'manual' mode, the shutter speed was 1/4s, the aperture was F11 and ISO 100 was selected.

Twenty (20) non-consecutive photographs were taken of each color sample. Ten of them were performed with automatic white balance (AWB) and ten with customized white balance (CWB) with a gray card (Digital Grey Card for Digital Photography - Opteka, USA), thus a total of 240 shade tabs were evaluated. Regardless of the setting of white, to ensure proper color accuracy, an image adjustment was carried with a ColorChecker® Classic (X-Rite, Grand Rapids, USA). The images were taken in RAW format and accessed in Adobe Lightroom 5.0, where a color adjustment with the ColorChecker Passport plug-in was performed. Then, the images were saved in DNG format and evaluated in Adobe Photoshop CS 6.0.

To ensure that both instruments would measure the same area of the shade tab, the silicone matrix with a 5 mm circular aperture was positioned at an extra shade tab, and had this area demarcated with a felt tip pen. In the software Adobe Photoshop CS 6.0, the image containing the demarcation was superimposed on the image to be analyzed, and the reading area was digitally selected by a blinded examiner as to the color parameters obtained by spectrophotometry. The L^* , a^* and b^* values obtained at the histogram function in the program, on a 0-255 (8 bits) scale, thus, a simple mathematical transformation suggested by Tung et al.¹⁶ were used to obtain the classical values proposed by the CIE.

$$L_{\text{image}} = L_{\text{histogram}} / 2.55$$

$$a_{\text{image}} = a_{\text{histogram}} - 128$$

$$b_{\text{image}} = b_{\text{histogram}} - 128$$

Statistical analysis

The $L^*a^*b^*$ data obtained by spectrophotometry and digital photography were plotted using the software Stata® (version 11.2, StataCorp LP, College Station, Texas, USA).

Spearman test was conducted to evaluate the presence of correlation between the color samples measured by spectrophotometry and digital images with a customized (CWB) and automatic white balance (AWB).

To assess agreement between methods, beyond the expected by chance, the simple kappa coefficient was obtained. The agreement between the color measured by the spectrophotometer (color library) and the image obtained by digital photography with both AWB and CWB setups was determined by the lowest value of ΔE (color difference). Thus, concordance between the methods was established when the smallest color difference denoted the same shade tab. For example, when the digital image of the A2 tab had the smallest ΔE value with the A2 tab from the color library.

For statistical analysis, the selected shade tabs were divided into 12 categories. Category 1 corresponded to the lightest color (B1) and sequentially category 12 corresponding to the darkest color (A4). To achieve better agreement results, the colors were also grouped into four categories according to chroma. The first category corresponded to the lighter colors (B1-A1-C1), the second, the lighter-intermediate colors (A2-B2-C2), the third category, darker-intermediate colors (A3-B3-C3) and, finally, the fourth category grouped the darker colors (A3.5- B4-A4).

The interpretation of the kappa coefficient (k) was performed as suggested by Landis and Koch¹⁷ (1977), as well: poor agreement ($k < 0$), slight agreement ($0 > k < 0.20$), fair ($0.21 > k < 0.40$), moderate ($0.41 > k < 0.60$), substantial ($0.61 > k < 0.80$) and almost perfect agreement ($0.81 > k < 1$).

Furthermore, the sensitivity and specificity were evaluated in order to demonstrate the ability of photography to diagnose a color category, to determine when the color truly belong to this category, and to identify the colors that do not belong to the category in question.

To verify the repeatability of the two images systems (CWB and AWB set up) it was intended to perform the ANOVA for repeated measures test. However, since the data did not assume a normality distribution, the Friedman's test was carried out.

Results

High correlation coefficients were found for images with customized white balance ($r = 0.95$, $p < 0.001$) and also for the automatic set up ($r = 0.93$, $p < 0.001$).

Regarding the concordance test, when considered the twelve selected shade tabs, the kappa value for digital photography with AWB showed reasonable agreement ($k=0.3$), images with CWB showed a substantial agreement ($k=0.65$) (Table 1). When the shade tabs were grouped into four categories according to the chroma (lighter, lighter-intermediate, darker-intermediate and darker colors) it was noticed an increase of kappa values. For AWB images it was found 'moderate agreement' ($k=0.47$), although, for CWB images it was found 'substantial agreement', there was a slight increase of the kappa value ($K=0.75$). These values and the kappa values for each color category are shown in Table 2.

Sensitivity and specificity tests for the four color categories have also confirmed best results for the images with CWB. For this type of WB setup, the sensitivity varied from 63.3% to darker-intermediate colors to 100% to lighter colors, while the specificity ranged from 88.8% to darker colors to 98.8% lighter-intermediate colors. For images with automatic white balance, the sensitivity of the method was lower than the its specificity. Sensitivity ranged from 30% for lighter-intermediate colors to 100% for lighter color. Specificity values ranged from 76.6% for lighter colors to 100% for darker colors (Table 3).

Friedman's test demonstrated that color assessment with digital images had great repeatability. There was no significant difference among the ten measurements for both white balance setups ($p>0.05$).

Discussion

The results of concordance, sensitivity and specificity found in this study revealed that, under daylight lighting condition, the use of images taken with customized white balance is a reliable tool to measure tooth color.

It's well known that spectrophotometers and colorimeters can provide an objective measurement of tooth color, however, these instruments have some limitations: they require contact with the tooth surface, and also the small contact surface between the instrument and the tooth (about 5 mm) cannot capture, reliably, the color information of the entire tooth¹⁵, which as it is known has different nuances from the cervical to incisal third.¹⁸ They also need the fabrication of custom

positioning jigs, to ensure reliable repositioning intra-orally when measuring longitudinal changes in tooth color.¹⁵

On the other hand, the use of digital images can reduce the communication gap between dentists and technicians, as a reference image, attached to a color map should be enough material to build acceptable restorations.^{11,19} These devices possess a good cost-benefit when compared with colorimeter and spectrophotometers, and are able to record shape, superficial texture and brightness of the tooth²⁰ and, in combination with a suitable color calibration protocol, has a great potential to be used in the color matching and color communication.^{12, 21}

The undeniable advances of photography in recent years have resulted in the widespread use of digital cameras in clinical practice.¹³ However, the knowledge of some steps is essential for an accurate assessment of colors. The first one is to ensure uniformity of illumination²², which in this present study was provided by the standardizing device covered with diffuser transparent-white fabric. The second step is customizing the white balance camera setup. The white balance is a mechanism employed to compensate for color differences caused by various light sources. Digital cameras provide AWB function that aims to equalize the average RGB channels, with the assumption of 'gray world'. This method takes an image and scales its red, green, and blue color components to make the gray world assumption hold.²³ However, this setting often fails in situations where the light source has a special cast or the captured image doesn't contain natural white. This is especially important in clinical situations, where multiple illuminants are used, and the images captured are usually focused on small areas, often one or two dental elements.¹⁶ To achieve the optimal setting in different situations, a custom white balance (CWB) with neutral targets is the most suitable option on camera.

The last step is a camera characterization of color.²⁴ It can be accomplished through a color target containing a number of referenced samples.^{12, 25} Usually, these samples are measured with a spectrophotometer to obtain coordinates CIE XYZ or $L^*a^*b^*$ and compared to those obtained with digital photographs, under the same lighting conditions. The detection of the lowest values of ΔE between both instruments indicates a better camera characterization. In dentistry, this method can be very useful in the case of color measurements for scientific purposes. However, in clinical practice, this type of characterization would result in a great consumption of time. Nevertheless, in the present study, the color chart (ColorChecker) was used to

make an adjustment after the images were taken. With a plug-in specified by the manufacturer, all the images were taken in the same lighting conditions and with the same white balance setup automatically adjusted in graphic software.

Schropp²⁶ (2009) established that shade matching assisted by digital photographs and computer software was significantly more reliable than by conventional visual methods. When digital images were analyzed by a graphic software and the corresponding shade tabs were selected based on the lowest ΔE value, the perceptual of agreement was 67%, while the visual color assessment had just 32% of correct matches. Similar results were found in this study, for the images taken by a camera in a CWB setup, the perceptual of agreement with a spectrophotometer was 68.3%. However, we must emphasize that, even tough, images with AWB setup are quicker and easier to be taken by the , the percentage of agreement was much lower (36.7%), similar to visual assessment.

Digital images with customized white balance, good lighting conditions and proper camera-object distance showed promising correlations with measurements performed with colorimeters and espectrofotometers.^{11,16} However, correlation coefficients show linear association instead of agreement, so two or more methods can correlate and still disagree very much.²⁷ In this study, digital images with both white balance setups showed high linear correlation coefficients, however images taken by a camera with AWB setup showed just a 'fair agreement' ($k=0.3$). In contrast, the camera calibration seems to be an essential step to achieve color accuracy, as the results showed that images taken by a camera with customized white balance with neutral gray card had a greatly improved concordance ($k=0.65$).

Although, color assessment with images with CWB setup showed a 'substantial agreement' with spectrophotometer when the twelve color categories were analyzed individually, in order to achieve better results, especially for the images with AWB setup, the shade tabs were divided into four categories, according to chroma. An increase in the coefficient of agreement was noted for both WB setups. Images with AWB showed a 'moderate agreement' and, although images with CWB still reported a 'substantial agreement', the kappa value was slightly higher ($k=0.75$). In addition, for images with CWB, when the coefficient of concordance was assessed in each category, it was observed that the lighter colors (category 1 and 2) revealed an almost perfect agreement with the spectrophotometer. For images with

AWB setup, similar to the study and Lee and Tam¹¹ (2012), the highest kappa value was found for the darker colors, with substantial agreement.

The difficulty to achieve the exact agreement was also found in the validation study the of visual assessment conducted by Meireles et al²⁸ (2008). When the authors grouped the colors according chroma, just a 'reasonable agreement' between the visual assessment and spectrophotometer was found. They only found 'substantial agreement' when the colors were divided into two categories (lighter and darker). Comparing these results with those obtained with a digital camera with CWB setup, digital photography seems to better detect the color variations than the visual method.

Conclusion

Within the parameters adopted in this study, digital photography proved to be a valid instrument for color assessment, with an excellent repeatability, provided that the images are taken by a camera with customized white balance setup. Thus, it could be a reliable alternative to the use of spectrophotometer

References

1. Napadłek P, Panek H, Dąbrowa T. Comparison methods used in tooth colour selection. *Dental and Medical Problems* 2008; **45**: 65-9.
2. Witkowski S, Yajima N, Wolkewitz M, Srtub Jr. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clinical Oral Investigations* 2012; **16**: 945-49.
3. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dental Materials* 2009; **25**: 276-81.
4. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1998; **80**: 642-48.
5. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2003; **89**: 50-53.
6. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *Journal of Dentistry* 2009; **37**:15-20.

7. Park JH, Lee YK, Lim BS. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2006; **96**: 402-11.
8. Yuan K, Sun X, Wang F, Wang H, Chen J. In vitro and in vivo evaluations of three computer-aided shade matching instruments. *Operative Dentistry* 2012; **37**: 219-27.
9. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry* 2004; **32**: 3-12.
10. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry* 2010; **38**: 2-16.
11. Tam WK, Lee HJ. Dental shade matching using a digital camera. *Journal of Dentistry* 2012; **40**: 3-10.
12. Hong G, Luo MR, Rhodes PA. A study of digital camera colorimetric characterisation based on polynomial modelling. *Color Research and Application* 2001; **26**:76-84.
13. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British Dental Journal* 2005; **199**:43-9.
14. Caglar A, Yamanel K, Gulsahi K, Bagis B, Özcan M. Could digital imaging be an alternative for digital colorimeters? *Clinical Oral Investigations* 2010; **14**: 713-18.
15. Smith RN, Collins LZ, Naeeni M, Joiner A, Philpotts CJ, Hopkinson I et al. The in vitro and in vivo validation of a mobile non-contact camera-based digital imaging system for tooth colour measurement. *Journal of Dentistry* 2008; **36**: 15-20.
16. Tung OH, Lai YL, Ho YC, Chou IC, Lee SY. Development of digital shade guides for color assessment using a digital camera with ring flashes. *Clinical Oral Investigations* 2011; **15**: 49-56
17. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; **33**: 159-74.
18. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2009; **101**:193-99.
19. Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *Journal of Oral Rehabilitation* 2006; **33**: 221–28.
20. Bentley C, Leonard RH, Nelson CF, Bentley SA. Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. *The Journal of American Dental Association* 1999; **130**: 809-16.

21. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials* 2006; **22**: 553–59.
22. Hunt RWG, Pointer MR. Measuring Colour. New York: Wiley, 2011.
23. Chikane V, Fuh CS. Automatic white balance for digital still cameras. *Journal of Information Science and Engineering* 2006; **22**: 497-509.
24. Cheung V, Westland S. Methods for optimal color selection. *Journal of Imaging Science and Technology* 2006; **50**: 481-88.
25. Berns, R.S. The science of digitizing paintings for color-accurate image archives: A review. *Journal of Imaging Science and Technology* 2001; **45**: 305-25.
26. Schropp L. Shade matching assisted by digital photography and computer software. *Journal of Prosthodontics* 2009; **18**: 235-41.
27. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; **8**: 307-10.
28. Meireles SS, Demarco FF, Santos IS, Dumith SC, Della Bona A. Validation and Reliability of Visual Assessment with a Shade Guide for Tooth-Color Classification. *Operative Dentistry* 2008; **33**: 117-22.

Table 1: Concordance values when considering the 12 shade tabs

	Kappa	Perceptual of Agreement	p value
CWB Setup	0.65	68.3%	<0.001
AWB Setup	0.30	36.7%	<0.001

Table 2: Concordance values when considering the four color categories

	Kappa Cat. 1	Kappa Cat. 2	Kappa Cat. 3	Kappa Cat. 4	Kappa	Agreement	p value
CWB Setup	0.93	0.88	0.58	0.66	0.75	81.7%	<0.001
AWB Setup	0.52	0.49	0.015	0.69	0.47	60.8%	<0.001

Table 3: Sensitivity and specificity of digital images to recognize the four color categories

		CWB Setup	AWB Setup
Category 1 (B1-A1-C1)	Sensitivity	100% (85.8 – 100)	100% (85.8 – 100)
	Specificity	95% (88.3 – 98.5)	76,6% (66.3 – 84.6)
	PPV*	88.2% (71.6 – 96)	58,8 (44.2 – 72.1)
	PNV**	100% (94.6 – 100)	100% (93.4 – 100)
Category 2 (B2-A2-C2)	Sensitivity	83.3% (64.5 – 93.6)	30% (15.4 – 44.5)
	Specificity	98.8% (93 – 99.9)	84.4% (74.9 – 91)
	PPV	96.1% (78.4 – 99.7)	39.1% (20.4 – 61.2)
	PNV	94.6% (87.4 – 98)	78.3% (68.5 – 85.8)
Category 3 (B3-A3-C3)	Sensitivity	63.3% (43.9 – 79.4)	53.3% (34.6 – 71.2)
	Specificity	92.2% (84.1 – 96.5)	86.7% (77.4 – 92.6)
	PPV	73% (51.9 – 87.6)	57.1% (37.4 – 74.9)
	PNV	88.3% (79.6 – 93.7)	84.7% (75.4 – 91.1)
Category 4 (B4-A3,5-A4)	Sensitivity	80% (60.8 – 91.5)	60% (40.7 – 76.7)
	Specificity	88.8% (80 – 94.2)	100% (94.8 – 100)
	PPV	70.5% (52.3 – 84.2)	100% (78.1 – 100)
	PNV	93% (84.8 – 97.1)	88.2% (79.9 – 93.5)

*Positive Predictive Value

**Negative Predictive Value
(95% Confidence Interval)

Conclusão:

Dentro dos parâmetros adotados no estudo, a fotografia digital mostrou-se um instrumento válido para mensuração de cores, com excelente reprodutibilidade, desde que seja realizada uma customização do balanço de branco. De forma que, pode ser uma confiável alternativa ao uso de espectrofotômetros.

Referências

- BENTLEY, C. et al. Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. **The Journal of American Dental Association**, v.130, p.809-816, 1999.
- BERNS, R.S. The Science of Digitizing Paintings for Color-Accurate Image Archives: A Review. **Journal of Imaging Science and Technology**, v. 45, n.4, p.305-325, 2001.
- BLAND; J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v.8, n.1, p.307-310, 1986.
- BREWER, J.D.; WEE, A.; SEGHI, R. Advances in color matching. **The Dental Clinics of North America**, v.48, n. 2, p.341-358, 2004.
- BOLT, R.A; BOSCH, J.J; COOPS, J.C Influence of window size in small-window colour measurement, particularly of teeth. **Physics in Medicine and Biology**, v.39, n.7,p.1133-1142, 1994.
- CAGLAR, A. et al. Could digital imaging be an alternative for digital colorimeters? **Clinical Oral Investigations**, v.14,n.6, p.713-718, 2010.
- CAL, E. et al. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. **Journal of Oral Rehabilitation**, v.31, n.5, p.483-491, 2004.
- CARSTEN, D.L. Successful shade matching--what does it take? **Compendium of Continuing Education in Dentistry**, v. 24, n.3, p. 175-178, 2003.
- CHIKANE, V; FUH, C.S. Automatic white balance for digital still cameras. **Journal of Information Science and Engineering**, v. 22, p. 497-509, 2006
- CHU, S.J.; TRUSHKOWSKY, R.D.; PARAVINA, R.D. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. **Journal of Dentistry**, n.38, n. 2, p. 2-16, 2010.
- COLOMBO, V.L. et al. Análise facial frontal em repouso e durante o sorriso em fotografias padronizadas. Parte II: Avaliação durante o sorriso. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v.9, n.4, p.86-97, 2004.
- CORCODEL, N. et al. Metameric effect between natural teeth and the shade tabs of a shade guide. **European Journal of Oral Sciences**, v.118, p.311-316, 2010.
- DELLA BONA, A. et al. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. **Dental Materials**, v. 25, n.2, p.276-281, 2009.
- HAMMAD,I.A. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v.89, n.1, p. 50-53, 2003

HONG, G.; LUO, M. R.; RHODES, P.A. A study of digital camera colorimetric characterisation based on polynomial modelling. **Color Research and Application**, v.26, n.1, p.76-84, 2001.

HUNT, R.W.G; POINTER, M.R. **Measuring Colour**. 4.ed. New York: Wiley, 2011. 492p.

JADAD, E. et al. Spectrophotometric evaluation of color alterations with a new dental bleaching product in patients wearing orthodontic appliances. **American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics**, v.140, n.1, p.e43-e47, 2011.

JARAD, F.D.; RUSSELL, M.D.; MOSS, B.W. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. **British Dental Journal**, v.199, n.1, p.43-49, 2005.

JOINER, A. Tooth colour: a review of the literature. **Journal of Dentistry**, v.32, p.3-12, 2004.

KIM-PUSATERI, S. et al. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v.101, n.3, p.193-199, 2009.

KNÖSEL, M. et al. A novel method for testing the veridicality of dental colour assessments. **European Journal of Orthodontics**, v.34, n.1, p. 19-24, 2012.

KOREN, N. Color management: Implementation part 2: Monitor profiling, workflow details. Disponível em: <http://www.normankoren.com/color_management_2A.html> Acesso em: 03 nov. 2012.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p.159-174, 1977.

MARSON, F.C. et al. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. **Operative Dentistry**, v. 33, n.1, p.15-22, 2008.

MCCAMY, C.S, MARCUS, H., DAVIDSON, J.G. A color rendition chart. **Journal of Applied Photographic Engineering**, v.2, n.3, p.95-99, 1976.

MEIRELES, S.S. et al. Validation and Reliability of Visual Assessment with a Shade Guide for Tooth-Color Classification. **Operative Dentistry**, v.33, n.2, p.117-122, 2008.

NAPADŁEK, P.; PANEK, H.; DĄBROWA, T. Comparison methods used in tooth colour selection. **Dental and Medical Problems**, v.45, n.1, p.65-69, 2008.

OKUBO, S.R. et al. Evaluation of visual and instrument shade matching. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v.80, n.6, p.642-648, 1998.

PARAVINA, R.D. Performance assessment of dental shade guides. **Journal of Dentistry**, v. 37, n.1, p.15-20, 2009.

PARK, J.H.; LEE, Y.K.; LIM, B.S. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v.96, n.6, p.402-411, 2006

PAUL, S. et al. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. **Journal of Dental Research**, v.81, n.8, p.578-582, 2002.

SMITH, R.N. et al. The in vitro and in vivo validation of a mobile non-contact camera-based digital imaging system for tooth colour measurement. **Journal of Dentistry**, v.36, n. 1, p.15-20, 2008.

SCHROPP, L. Shade Matching Assisted by Digital Photography and Computer Software **Journal of Prosthodontics**, v.18, n. 3, p. 235-241, 2009.

TAM, W.K.; LEE, H.J. Dental shade matching using a digital camera. **Journal of Dentistry**, v. 40, suplemento 2, p. 3-10, 2012.

TUNG, O.H. et al. Development of digital shade guides for color assessment using a digital camera with ring flashes. **Clinical Oral Investigations**, v.15, n. 1, p.49-56, 2011.

van der BURG, T.P et al. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 63, n.2, p.155-162, 1990.

WEE, A.G. et al. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. **Dental Materials**, v.22, n. 6, p.553–559, 2006.

WITKOWSKI, S. et al. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. **Clinical Oral Investigations**, v. 16, n.3, p.945-949, 2012.

YUAN, K. et al. In Vitro and In Vivo Evaluations of Three Computer-Aided Shade Matching Instruments. **Operative Dentistry**, v.37, n.3, p.219-227, 2012.

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e EsclarecidoAutorização para pesquisa *in vivo***Projeto: Acurácia e a precisão da fotografia digital na aferição de cor em Odontologia.**Responsável: Prof.^a Dr.^a Patrícia dos Santos Jardim (53) 9994-1556

CD. Ana Cláudia de Araújo Ferreira (53) 8136-7597

Por este instrumento que atende às exigências legais, o(a) senhor(a) _____, portador(a) da cédula de identidade nº _____, após EXPLICAÇÃO ORAL minuciosa realizada pelo pesquisador responsável está ciente de que será submetido à mensuração da cor dentária por meio de espectrofotômetro e através de fotografias digitais da face, ambos procedimentos não invasivos.

Não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO em concordância em participar da pesquisa proposta, bem como aprova a utilização das imagens obtidas no estudo em publicações de artigos em periódicos, capítulos de livro e/ou cursos ministrados pelo pesquisador, com sua identificação resguardada.

Fica claro que o participante pode, a qualquer momento, retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar do estudo alvo da pesquisa e ciente que todo trabalho realizado torna-se informação confidencial guardada por força do sigilo profissional (Art. 9º do Código de Ética Odontológica).

Por estarem entendidos e conformados, assinam o presente termo.

Pelotas, ____ de _____ de _____

Assinatura do participante

Responsável pelo estudo

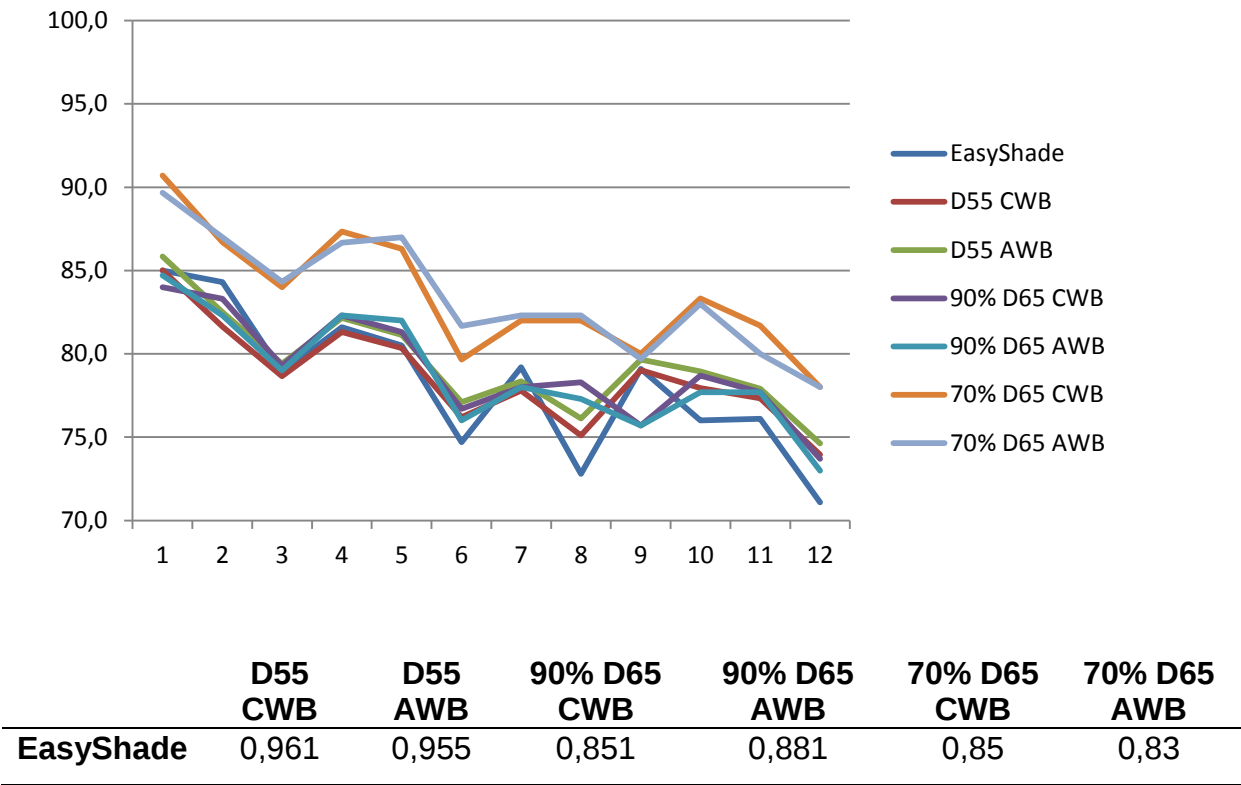
APÊNDICE B – Biblioteca de cores

Valores de L^* , a^* e b^* de cada uma das amostras de cor da escala 'Vitapan Classical' obtidos por espectrofotometria.

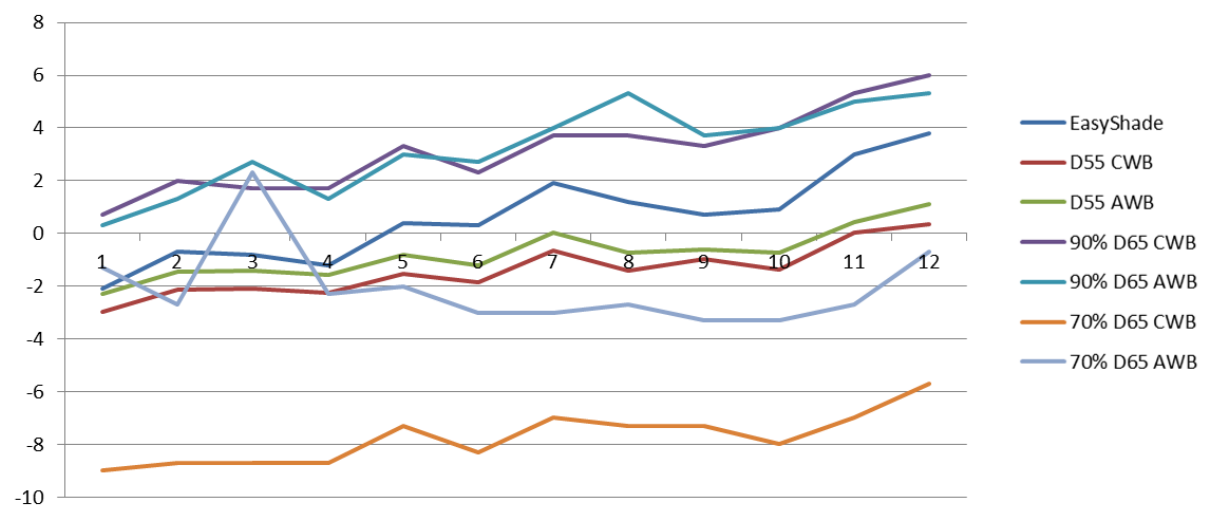
Amostra de cor	L^*	a^*	b^*
B1	85	-2,1	14,2
A1	84,3	-0,7	19,5
C1	78,9	-0,8	18,9
B2	81,6	-1,2	21,6
A2	80,5	0,4	22,5
C2	74,7	0,3	24
D2	75,6	-0,2	16
B3	79,1	0,7	31
A3	79,2	1,9	28,3
C3	72,8	1,2	25,6
D3	77,5	0,6	20,7
A3,5	76,1	3	32
B4	76	0,9	29,7
A4	71,1	3,8	32,8
C4	65,8	3,4	27,4
D4	73,1	0,5	22,8

APÊNDICE C:

Correlação entre a fotografia digital com diferentes configurações de balanço de branco e espectrofotômetro para os valores de L*



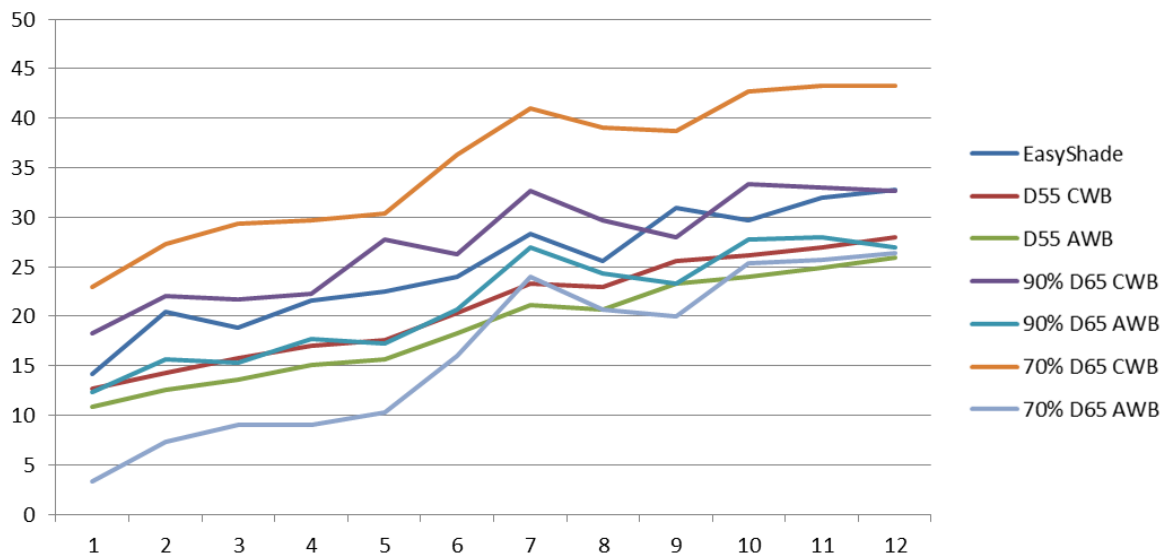
Correlação entre a fotografia digital com diferentes configurações de balanço de branco e espectrofotômetro para os valores de a*



	D55 CWB	D55 AWB	90% D65 CWB	90% D65 AWB	70% D65 CWB	70% D65 AWB
EasyShade	0,981	0,985	0,977	0,909	0,934	-0,198*

*Ausência de correlação ($p = 0,538$)

Correlação entre a fotografia digital com diferentes configurações de balanço de branco e espectrofotômetro para os valores de b^*



	D55 CWB	D55 AWB	90% D65 CWB	90% D65 AWB	70% D65 CWB	70% D65 AWB
EasyShade	0,976	0,978	0,916	0,942	0,953	0,947

APÊNDICE D: Valores de concordância com e sem ajuste de cores das imagens, considerando as doze cores selecionadas.

		Valor de Kappa	Acurácia	Valor p
Fotografia sem ajuste de cores	WB Custom	0,11	19,17%	<0,001
	WB Auto	0,05	13,33%	=0,015
Fotografia com ajuste de cores	WB Custom	0,65	68,3%	<0,001
	WB Auto	0.3	36,7%	<0,001

APÊNDICE E: Valores médios de L*, a* e b* aferidos por fotografia digital e espectrofotômetro.

	EasyShade			CWB			AWB		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
B1	85	-2,1	14,2	85,0	-2,2	12,9	86,2	-1,6	10,5
A1	84,3	-0,7	20,5	82,2	-1,1	16,2	82,5	-0,5	13,6
C1	78,9	-0,8	18,9	78,4	-0,5	18,3	79,2	-0,5	15,7
B2	81,6	-1,2	21,6	81,3	-1,1	19,3	82,2	-0,5	16,3
A2	80,5	0,4	22,5	80,2	0,0	20,5	81,1	0,5	17,3
C2	74,7	0,3	24	75,3	-0,2	24,8	76,3	0,3	21,9
B3	79,1	0,7	31	78,4	1,0	29,7	78,7	1,4	26,6
A3	79,2	1,9	28,3	76,7	1,5	27,4	77,7	2,0	24,7
C3	72,8	1,2	25,6	74,1	0,9	27,8	74,9	1,2	24,7
B4	76	0,9	29,7	77,5	1,1	30,6	78,3	1,4	27,9
A3,5	76,1	3	32	76,1	2,7	32,4	76,6	3,0	29,5
A4	71,1	3,8	32,8	72,1	3,3	33,2	72,9	3,7	30,4

APÊNDICE F: Valores de ΔE entre espectrofotômetro e fotografia digital com CWB e AWB

		CWB	CWB por categoria	AWB	AWB por categoria
Categoria 1	B1	1,71		4,03	
	A1	4,0	2,35	6,3	4,54
	C1	1,36		3,3	
Categoria 2	B2	2,68		5,44	
	A2	2,33	2,2	5,31	4,36
	C2	1,61		2,34	
Categoria 3	B3	1,76		4,54	
	A3	2,91	2,47	4,04	3,64
	C3	2,74		2,34	
Categoria 4	B4	2,08		2,98	
	A3,5	1,16	1,63	2,66	2,92
	A4	1,65		3,09	
Média		2,16		3,86	

ANEXO 1:



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

PELOTAS, 18 de dezembro de 2013

PARECER Nº 71/2013

O projeto de pesquisa intitulado “Acurácia e precisão da fotografia digital na aferição de cor em Odontologia” está constituído de forma adequada, cumprindo, nas suas plenitudes preceitos éticos estabelecidos por este Comitê e pela legislação vigente, recebendo, portanto, **PARECER APROVADO.**

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Renato Waldemarin', is positioned above the printed name.

Prof. Dr. Renato Fabrício de Andrade Waldemarin

Coordenador do CEP- FOP/UFPEL