

## USO DE SMARTPHONES COMO FERRAMENTA DE BAIXO CUSTO NA AVALIAÇÃO DE COR EM FRUTOS

Paulo Henrique Cerutti<sup>1</sup>  
Cleiton Luiz Wille<sup>2</sup>  
Cristiane Rosa Adams<sup>1</sup>  
Emanuele Carolina Barichello<sup>1</sup>  
Marcio dos Santos<sup>1</sup>  
Murielli Sabrina Gemeli<sup>1</sup>

**RESUMO:** A cor da epiderme de frutos é o critério de maior importância observado por consumidores. A cor pode indicar o estágio de maturação sendo útil para definir o ponto colheita e para a classificação no processamento. Para medição deste caráter tem sido utilizado equipamentos específicos denominados colorímetros. De modo geral os colorímetros atuais apresentam elevado custo. Entretanto avanços tecnológicos de hardware e software na última década vem indicando a possibilidade da utilização de *smartphones* como ferramentas substitutas a estes equipamentos. Atualmente já se encontram aplicativos próprios para mensurar a cor em *smartphones* novos. Entretanto são poucos os trabalhos que indicam a precisão e a acurácia destes dispositivos em relação aos colorímetros padrões. Com isso foi executado um experimento com o objetivo de comparar cinco equipamentos: um colorímetro específico de referência (Konica Minolta<sup>®</sup> CR-400) e quatro *smartphones* (sistema operacional Android, aplicativo colorímetro Lab tools 3.5.2) para medir a cor de frutos de fisális (*Physalis peruviana*). Foram colhidos frutos de fisális na área de experimental no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), levados a laboratório e realizado a mensuração da cor da epiderme. A cor foi avaliada utilizando os espaços de cor CIELab e CIELch com as seguintes variáveis:  $L^*$ ;  $a^*$ ;  $b^*$ ;  $C^*$ ; e  $h^\circ$ . Foi realizado uma, duas, quatro e seis leituras em cada equipamento para permitir a verificação da precisão entre medidas. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 5 repetições. A leitura das variáveis pelos *smartphones* foi padronizada posicionando-se sobre os frutos lâmpadas fluorescentes (60 cm) e obtendo-se as leituras a 10 cm de distância do fruto. Para o colorímetro de referência foi utilizado o procedimento padrão conforme indicado pelo fabricante utilizando ponteira de vidro de 8 mm.

<sup>1</sup>Alunos do curso de pós-graduação em produção vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/CAV).

<sup>2</sup>Acadêmico do curso de agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/CAV).

Os dados foram submetidos a análise de variância pelos modelos lineares mistos no software estatístico SAS<sup>®</sup>. Foi realizado contrastes comparando-se o colorímetro de referência com os *smartphones*. Foi verificado que os *smartphones* apresentavam precisão, mas não acurácia em relação ao colorímetro de referência e, portanto, uma correção foi adotada para que estes se tornassem acurados.

Como todos os equipamentos adotados apresentaram precisão, apenas a primeira leitura foi adotada para correção. Após a correção os dados foram submetidos a análise variância utilizando os modelos lineares gerais. A análise revelou que os equipamentos deixaram de apresentar diferença significativa entre eles. Conclui-se, portanto, que é possível a realização das correções das variáveis para que os valores encontrados pelos *smartphones* sejam semelhantes aos encontrados por um colorímetro específico.

Palavras-chave: Cor, Colorimetria, *Physalis*.

## USE OF SMARTPHONES AS A LOW-COST TOOL TO EVALUATE COLOR IN FRUITS

**ABSTRACT:** *The color of the fruit epidermis is the most important criterion observed by consumers. It may indicate the maturation stage and so can be useful to set harvest period and classification in post-harvest. To measure this trait specific standard devices have been used called colorimeters. In general, most of the modern colorimeters are very expensive. Nevertheless, technological advances in hardware and software in the last decade has indicated the possibility of using smartphones as substitute tools for these devices. Currently, there are applications to measure color in most modern smartphones. However, there are few studies that show the accuracy and precision of these devices compared to a specific standard device. An experiment was carried out with the goal of comparing five devices: one reference specific colorimeter (Konica Minolta<sup>®</sup> CR-400) and four smartphones (Android operating system, Colorimeter application Lab tools 3.5.2) to measure the color of physalis fruits (*Physalis peruviana*). *Physalis* fruits were harvested at the experimental area at the Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Santa Catarina State University (UDESC) and brought to the laboratory. The color was measured using the CIELab and CIELch color spaces which measured the following variables: L\*; a\*; b\*; C\*; and h°. One, two, four and six readings per fruit were performed on each device to verify the precision of the measurements. The experiment was carried out in a completely randomized design with 5 replicates. The smartphones readings were standardized by positioning fluorescent lights above fruits (60 cm) and taking the measurements 10 cm away from the fruits. For the reference colorimeter the standard procedure was done as indicated by the manufacturer, it was used an 8 mm glass tip on top of sensor. The data were submitted to analysis of variance by linear mixed models in the statistical software SAS. Contrasts were performed comparing among smartphones and between the reference colorimeter and smartphones. We verified that the smartphones presented precision, but they were not accurate in comparison with the reference colorimeter. Therefore, a correction*

*was adopted so that the data collected became accurate. As all the adopted devices presented precision only the first reading was used for correction. After correction, the data were submitted to the analysis of variance using general linear models. The analysis revealed that devices no longer presented significant differences among them. Accordingly, we conclude that it is possible to perform corrections so that the values found by smartphones are similar to those found by a specific colorimeter.*

*Keyword: Color; Colorimetry; Physalis;*

## **INTRODUÇÃO**

Uma das mais importantes características avaliadas por consumidores na escolha de um fruto é a coloração de sua epiderme (VADIVELLOO et al., 2018). A cor pode definir a qualidade de um produto, indicando o estágio de maturação, ponto de colheita, além de ser útil para a classificação e separação em agroindústrias (MENDOZA; AGUILERA, 2004). A cor também está relacionada a outras características fisiológicas tais como teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH (LIMA et al., 2002).

A percepção de cores por humanos é um fenômeno psicofísico que envolve os seguintes elementos: fonte de iluminação (irradia o objeto com luz), um objeto (absorve e reflete a cor no espectro visível) e um observador (percebe e interpreta a luz refletida) (ZAIDI; BOSTIC, 2008; PRIDMORE; MELGOSA, 2015). Como a luz pode ser interpretada de diferentes maneiras dependendo do avaliador a cor para humanos pode ser dita subjetiva (GEGENFURTNER et al., 2015).

Para mensurar de forma quantitativa esta variável a indústria tem se utilizado da colorimetria. A colorimetria é um ramo da ciência que mede, quantifica e representa as cores através de números (JOHNSTON, 1996). A colorimetria desenvolve padronização de cores (espaços de cor) que podem ser utilizadas em equipamentos específicos ditos colorímetros (BRAINARD; STOCKMAN, 2009). Infelizmente nota-se que estes equipamentos têm sido usados quase exclusivamente para fins de pesquisa, pois são em geral de elevado custo.

Com o desenvolvimento de semicondutores e softwares aprimorados em *smartphones* se tornou possível melhorias significativas na qualidade visual de imagens capturadas por estes aparelhos (GENG et al., 2017). Com isso já é possível verificar a possibilidade de substituição de colorímetros específicos para

mensuração de diversas variáveis pelos *smartphones* atuais tais como: classificação de cor do solo, teor de flúor em água, tetraciclina em leite, etc. (GÓMEZ-ROBLEDO et al., 2013; LEVIN et al., 2016; MASAWAT et al., 2015). Diversos softwares que realizam a determinação da cor podem ser encontrados nas lojas de aplicativos dos dois sistemas operacionais mais comuns em *smartphones* (PLAY STORE, 2018; APP STORE, 2018).

Verifica-se, entretanto, que poucas instruções são fornecidas por estes aplicativos de como deve ser feito a avaliação para que os resultados sejam reproduzíveis e similares ao encontrado pelos colorímetros padrões. Além disso, a literatura com uso de *smartphones* em substituição a colorímetros específicos padrões se mostra muito limitada e relativamente nova.

Com isso o objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de substituição de um colorímetro específico por *smartphones* atuais para mensurar a coloração de frutos de fisális (*Physalis peruviana*).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi executado na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV). Cálices com frutos de fisális (*Physalis peruviana*), provenientes de uma área experimental do centro, foram retirados e levados a laboratório. Os cálices se encontravam no estágio 5 de maturação (amarelo-amarronzado) (RODRIGUES et al., 2012).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições. A coloração dos frutos foi avaliada utilizando cinco equipamentos, sendo estes: quatro *smartphones* (Oneplus® A3000; Asus® ZD551KL; Motorola® XT1670; e Samsung® SM-G360BT) e um colorímetro específico de referência (Konica Minolta® CR-400) com ponteira de vidro côncava CR-A33f (abertura de 8 mm). Nos *smartphones* foi adquirido e realizado a instalação do aplicativo *colorímetro* (Lab tools versão 3.5.2) disponível na loja de aplicativo para *smartphones* de sistema operacional Android (PLAY STORE, 2018).

. As avaliações forem realizadas em uma mesa sobre 2 luzes fluorescentes brancas (Philips® TLD 30W/ 75) posicionadas a 60 cm dos frutos e sem outra fonte

de iluminação externa. Após de cada fruto foi posicionado uma folha sulfite branca tamanho A4. Os *smartphones* foram posicionados a 10 cm de cada fruto e direcionados para que o centro indicado pelo aplicativo coincidissem com o centro equatorial dos frutos. Para o colorímetro de referência apenas foi seguido o procedimento padrão de avaliação segundo o fabricante (KONICA MINOLTA, 2018). Para isto, o colorímetro foi previamente calibrado utilizando a superfície de referência do próprio produto e posteriormente realizado as leituras dos frutos colocando-os em contato com o sensor.

Foram realizadas uma, duas, quatro e seis leituras por fruto com cada equipamento para poder verificar a acurácia dos *smartphones* em relação ao colorímetro de referência e precisão dos equipamentos. As variáveis medidas foram  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (coordenada vermelho/verde),  $b^*$  (coordenada amarelo/ azul),  $C^*$  (saturação),  $h^\circ$  (ângulo de tonalidade) pelos espaços de cores CIELab e CIELCh.

Devido a dependência entre as medidas obtidas de leituras repetidas os dados foram submetidos a análise de variância pelo procedimento de modelos lineares mistos (*Procedure Mixed*) no software SAS *University Edition* versão 9.4 (SAS institute, 2018) ajustada a matriz de variância-covariância do tipo simetria composta. Foi utilizando o seguinte modelo matemático:  $Y_{ij} = \mu + \text{leitura}_i + \text{equipamento}_j + \text{leitura} * \text{equipamento}_{ij} + e_{ij}$ . Quando detectada diferença significativa para os fatores avaliados foram realizados contrastes, realizando-se comparações entre *smartphones* e entre o colorímetro de referência e os *smartphones*.

Posteriormente, foi realizada uma correção para que os resultados dos *smartphones* fossem similares ao colorímetro de referência. A correção foi determinada através da diferença entre os valores obtidos em um fruto na primeira leitura com os *smartphones* em relação ao equipamento de referência. Esta diferença de um fruto foi utilizada para corrigir as demais repetições. Após correção, os dados foram submetidos a análise de variância pelos modelos lineares gerais (*Procedure GLM*) no mesmo software estatístico. O modelo utilizado foi:  $Y_i = \mu + \text{equipamento}_i + e_{ij}$ . Para execução deste modelo os dados foram inicialmente verificados conforme a homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene e a normalidade por Shapiro-Wilk, ambos a 10% de significância.

## RESULTADOS

A análise de variância indicou que não houve efeito de interação entre os equipamentos e as leituras efetuadas ( $p > 0,01$ ). O aumento no número de leituras também não foi significativo ( $p > 0,01$ ), revelando que os equipamentos foram precisos. Entretanto, para o fator equipamento foi detectado diferenças significativas em todas as variáveis mensuradas ( $p < 0,01$ ) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de F calculados e a significância pela análise de variância para as fontes de variação controladas.

Table 1. Calculated F values by the analysis of variance and significance for the controlled sources of variation.

Fonte de variação	L*	a*	b*	C*	h°
Equipamentos (E)	503,38 *	60,02 *	103,02 *	98,18 *	51,29 *
Leituras (L)	0,08 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
E*L	1,02 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>

\*Significativo a 1% de significância pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo a 1% de significância pelo teste F.

A realização dos contrastes de médias entre o colorímetro de referência e os demais *smartphones* indicou significância ( $p < 0,01$ ) para todos contrastes com exceção para o contraste entre o *smartphone* Asus® ZD551KL e o colorímetro de referência para a variável  $h^{\circ}$  (Tabela 2). Isto indica que embora os *smartphones* apresentaram precisão, não foram acurados, pois não se mostraram semelhantes ao colorímetro de referência

Tabela 2. Estimativas de contraste e respectiva significância pelo teste t para os equipamentos avaliados

Table 2. Contrast estimates and significance to the t test for the evaluated devices.

Contrastes	L*	a*	b*	C*	h°
S1 vs. S2, S3, S4	3,52 <sup>ns</sup>	-2,44 <sup>ns</sup>	14,88 *	13,44 *	8,81 *
S2 vs. S1, S3, S4	29,20 *	-13,13 *	18,72 *	14,99 *	19,04 *
S3 vs. S1, S2, S4	-29,98 *	5,61 *	-15,81 *	-13,88 *	-10,84 *
S4 vs. S1, S2, S3	-2,74 <sup>ns</sup>	9,96 *	-17,79 *	-14,55 *	-17,01 *
S1 vs. Referência	-97,89 *	-20,16 *	-22,85 *	-27,17 *	15,28 *
S2 vs. Referência	-72,21 *	-30,85 *	-19,02 *	-25,63 *	25,51 *
S3 vs. Referência	-131,39 *	-12,11 *	-53,54 *	-54,49 *	-4,37 <sup>ns</sup>
S4 vs. Referência	-104,15 *	-7,77 *	-55,52 *	-55,17 *	-10,55 *
S1 vs. S2	6,42 *	-2,67 *	0,96 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	2,56 *
S1, S2 vs. S4	9,55 *	-8,87 *	17,29 *	14,38 *	15,47 *

As comparações entre *smartphones* revelam na maioria dos casos ser significativa ( $p < 0,01$ ) e, portanto, a adoção de um único coeficiente de correção para todos *smartphones* não seria possível.

Devido a semelhanças na abertura das lentes e idade entre o *smartphone* Motorola® XT1670 e Oneplus® A3000 e ao mesmo tempo diferença em relação ao *smartphone* Samsung® SM-G360BT foram realizados contrastes específicos para comparação. Os contrastes revelaram que embora para algumas variáveis houvessem diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre *smartphones* semelhantes (Oneplus® A3000 vs. Motorola® XT1670), as diferenças estimadas entre os *smartphone* diferentes (Oneplus® A3000, Motorola® XT1670 vs. Samsung® SM-G360BT) foram superiores aos *smartphones* semelhantes sendo significativas ( $p < 0,01$ ) para todas as variáveis avaliadas.

Como não houve acurácia, mas houve precisão para as variáveis mensuradas, foram determinados coeficientes para correção dos *smartphones* para que os valores encontrados pudessem ser convertidos para valores próximos ao colorímetro de referência (Tabela 3). Para correção foi utilizado apenas a primeira leitura visto que o aumento no número de leituras não proporcionou diferenças significativas ( $p > 0,01$ ).

Tabela 3. Coeficientes para correção dos *smartphones* para o colorímetro de referência (Konica Minolta® CR-400)

*Table 3. Coefficients to correct smartphones to the reference colorimeter (Konica Minolta® CR-400)*

<b>Equipamento</b>	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
Oneplus® A3000	+21,43	+4,29	+4,74	+5,64	-3,04
Asus® ZD551KL	+14,85	+6,91	+4,42	+5,84	-5,83
Motorola® XT1670	+33,45	+1,14	+18,15	+17,62	+5,16
Samsung® SM-G360BT	+23,26	-0,01	+11,74	+11,20	+3,74

Após correção dos valores os dados foram submetidos a análise de variância. As diferenças significativas antes reveladas entre equipamentos deixaram de ser observadas para todas as variáveis ( $p > 0,01$ ) (Tabela 4). A correção permitiu que os resultados encontrados fossem similares ao equipamento de referência e, portanto,

tornando-os além de precisos, também acurados. A precisão pode também ser verificada pelo coeficiente de variação que foi baixo para todas as variáveis com exceção para a variável  $a^*$  (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de F calculados e a significância pela análise de variância para as fontes de variação controladas teste após a correção pelos coeficientes

Table 4. calculated F values and significance by the analysis of variance for the controlled sources of variation after correction using the coefficients

Fonte de variação	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
Equipamentos	2,80 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	2,99 <sup>ns</sup>
Coeficiente de Variação	4,03	14,35	5,24	5,01	3,76

<sup>ns</sup> não significativo a 1% de significância pelo teste F.

A correção permitiu que as diferenças encontradas fossem reduzidas sendo que as diferença máximas médias entre equipamentos foram para as variáveis:  $L^*$  (7,1%);  $a^*$  (23%);  $b^*$  (1,6%);  $C^*$  (2,4%); e  $h^\circ$  (7,2%) (Tabela 5). A precisão dos *smartphones* mostrou ser alta como pode ser verificado pelo desvio padrão baixo que em muitos casos foi inferior ao colorímetro de referência.

Tabela 5. Médias obtidas pelos *smartphones* após correção e média original para o colorímetro de referência (Konica Minolta® CR-400) ( $\pm$  desvio padrão).

Table 5. Means obtained by the *smartphones* after correction and original mean of the reference colorimeter (Konica Minolta® CR-400) ( $\pm$  standard deviation).

Equipamento	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
Konica Minolta® CR-400	71,68 $\pm$ (3,43)	17,11 $\pm$ (1,84)	58,48 $\pm$ (2,90)	60,94 $\pm$ (3,19)	73,71 $\pm$ (1,19)
Oneplus® 3T A3000	67,89 $\pm$ (2,12)	15,95 $\pm$ (1,48)	57,73 $\pm$ (0,83)	59,92 $\pm$ (0,91)	74,57 $\pm$ (1,52)
Asus® ZD551KL	66,79 $\pm$ (1,01)	16,69 $\pm$ (1,66)	58,08 $\pm$ (1,05)	60,40 $\pm$ (1,19)	73,86 $\pm$ (1,64)
Motorola® XT1670	68,11 $\pm$ (2,77)	13,14 $\pm$ (3,88)	59,43 $\pm$ (3,64)	60,74 $\pm$ (3,73)	79,01 $\pm$ (5,01)
Samsung® SM-G360BT	66,56 $\pm$ (3,58)	15,59 $\pm$ (1,41)	57,39 $\pm$ (4,81)	59,50 $\pm$ (4,39)	74,70 $\pm$ (2,92)

## DISCUSSÃO

Segundo Goldsmith (2010) qualquer medida está sujeita a falta de precisão ou acurácia. A acurácia está relacionada ao quanto o valor estimado corresponde com o valor verdadeiro enquanto que a precisão está relacionada a dispersão dos valores após medidas consecutivas. Quanto maior a precisão mais próximos os valores se encontram um dos outros, ou seja, menor a dispersão entre eles. Este experimento



evidencia que todos equipamentos foram precisos visto que a leitura não apresentou diferenças significativas. Porém é possível verificar que os *smartphones* não foram acurados, pois revelaram diferenças significativas entre eles e o colorímetro de referência (Tabela 2). No entanto, após a correção adotada aos *smartphones* os valores encontrados tornaram se além de precisos também acurados.

Embora o aplicativo utilizado, as condições de iluminação, distância do objeto fossem idênticas, características específicas de cada sensor e lente podem ter alterado a coloração detectada entre *smartphones* (Tabela 2). Uma das propriedades que pode ter modificado as variáveis observadas é a abertura das lentes (denominada pelo valor-f) (CURTIN, 2007).

O tamanho da abertura das lentes influencia diretamente a quantidade de luz que chega ao sensor das câmeras. Menores valores-f indicam maior abertura da lente (ALLEN; TRIANTAPHILLIDOU, 2011). Para este experimento verifica-se que o *smartphone* Samsung<sup>®</sup> SM-G360BT apresenta uma abertura de f/2,6 enquanto que os *smartphones* Oneplus<sup>®</sup> A3000 e Motorola<sup>®</sup> XT1670 apresentam uma abertura de f/2,0 e o Asus<sup>®</sup> ZD551KL uma abertura de f/2,2 que permitem a entrada de uma quantidade superior de luz. Possivelmente esta diferença de abertura proporcione alterações nas variáveis avaliadas entre os *smartphones* visto que a intensidade de luz que chega ao sensor é diferente.

Devido a diferença significativa apresentada entre *smartphones* é possível perceber que alterações na iluminação do ambiente não seriam o suficiente para corrigir a acurácia de todos os *smartphones*. O colorímetro de referência apresenta uma superfície lisa branca utilizada para calibração antes do início de qualquer operação de mensuração de cores. Entretanto o aplicativo avaliado até o momento não apresenta maneiras para calibrar em relação a um objeto padrão. Considerando as variações de abertura da lente dos *smartphones* associado a impossibilidade de calibração do aplicativo, variações são esperadas entre *smartphones*.

Salienta-se ainda que este experimento foi realizado para fornecer subsídios para realização de futuros ensaios. A troca da fonte de luz (temperatura da cor, intensidade), distancia da luz, distância do *smartphone* em relação ao fruto, etc. poderiam proporcionar condições que para um determinado *smartphone* as variáveis avaliadas não necessitariam da aplicação de uma correção. Outros experimentos

ainda devem ser realizados avaliando outros *smartphones* (modelos, sistemas operacionais e aplicativos distintos), outros objetos, etc. para verificar se os resultados encontrados especialmente ao se tratar da precisão das leituras são semelhantes a este trabalho.

## CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que como não houve diferenças significativas entre leituras, as medições são precisas com a utilização de *smartphones*. Sendo assim é possível a utilização de *smartphones* como ferramenta para medição de cores mediante prévias correções com um colorímetro de referência.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa ao primeiro autor e segundo autor respectivamente deste trabalho. A Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e a Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, E.; TRIANTAPHILLIDOU, S. **The Manual of Photography**. 10 ed. Kidlington: Elsevier, 2011. 585p.

APP STORE. Apple IOS App Store. Disponível em:  
<<https://www.apple.com/lae/ios/app-store/>>. Acesso em: 14 de ago 2018.

BRAINARD, D. H.; STOCKMAN, A. Colorimetry. In BASS, M. (Ed.). **OSA Handbook of Optics**. New York: McGraw-Hill, 2010. p. 1-56.

CURTIN, D. P. **The textbook of digital photography: a short course book**.  
Marblehead: Short Courses, 2007. 296p.

GEGENFURTNER, K. R.; BLOJ, M.; TOSCANI, M. The many colours of “ the dress”.  
**Current Biology**, Cambridge, v. 25, n. 1, p. 523-548, 2015. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.04.043>.

GENG, Z.; ZHANG, X.; FAN, Z.; LV, X.; SU, Y.; CHEN, H. Recent progress in optical biosensors based on *smartphone* platforms. **Sensors (Switzerland)**, Basel, v. 17, n. 11, p. 1–19, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/s17112449>

GOLDSMITH, M. **Good Practice Guide No. 118: A Beginner’s Guide to Measurement**. Teddington: NPL, 2010. p. 34.

GÓMEZ-ROBLEDO, L. et al. Using the mobile phone as munsell soil-colour sensor: An experiment under controlled illumination conditions. **Computers and Electronics in Agriculture**, Cambridge, v. 99, p. 200–208, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.10.002>

JOHNSTON, S. F. The construction of colorimetry by committee. In: EPPLE, M.; RENN, J. (Ed.). **Science in context**. Berlin: Cambridge, 1996. p. 387-420.

KONICA MINOLTA. Chroma meter CR-400/ 410: instruction manual. Disponível em: <[https://sensing.konicaminolta.us/uploads/cr-400-410\\_instruction\\_eng-8260x153f3.pdf](https://sensing.konicaminolta.us/uploads/cr-400-410_instruction_eng-8260x153f3.pdf)>. Acesso em: 14 ago 2018.

LEVIN, S.; KRISHNAN, S.; RAJKUMAR, S.; HALERY, N.; BALKUNDE, P. Monitoring of fluoride in water samples using a *smartphone*. **Science of the total environment**, Cambridge, v. 551–552, p. 101–107, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.156>.

LIMA, C. S. M. et al. Características físico-químicas de physalis em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1061–1068, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400020>

MASAWAT, P.; HARFIELD, A.; NAMWONG, A. An iPhone-based digital image colorimeter for detecting tetracycline in milk. **Food Chemistry**, Cambridge, v. 184, n. 1, p. 23–29, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.089>.

MENDOZA, F.; AGUILERA, J. M. Application of image analysis for classification of ripening bananas. **Journal of food science**, Hoboken, v. 69, n. 9, p. 471–477, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09932.x>.

PLAY STORE. Google Android Play Store. Disponível em: <<https://play.google.com/store>>. Acesso em: 14 ago 2018.

PRIDMORE, R. W.; MELGOSA, M. All effects of psychophysical variables on color attributes: A classification system. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 4, p. 1–19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119024>.

RODRIGUES, F. A. et al. Characterization of the harvest point of *Physalis peruviana* L. in the region of Lavras, state of Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Oxford, v. 28, n. 6, p. 862–867, 2012.

SAS Institute (2018) SAS/STAT: User's guide version 9.4. Cary: SAS Institute.

VADIVELLOO, M.; PRINCIPATO, L.; MORWITZ, V.; MATTEI, J. Sensory variety in shape and color influences fruit and vegetable intake, liking, and purchase intentions in some subsets of adults: A randomized pilot experiment. **Food Quality and Preference**, Cambridge, v. 71, n. 1, p. 301–310, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.08.002>

ZAIDI, Q.; BOSTIC, M. Color strategies for object identification. **Vision Research**,  
Cambridge, v. 48, n. 26, p. 2673–2681, 2008. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2008.06.026>.