
Parte 4. Análises não destrutivas

Capítulo 1

Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura

Marcos David Ferreira
Poliana Cristina Spricigo

1. Introdução

A cor é um importante atributo na agricultura, em especial para frutas e hortaliças, indicando a qualidade e, muitas vezes, determinando o seu valor. Porém, podem existir muitas dúvidas na transformação de uma análise subjetiva para uma objetiva. Desta forma, este capítulo visa trazer informações que possam auxiliar em um melhor entendimento dessa técnica e sua aplicabilidade, indicando métodos e padrões de cores mais comumente utilizados e usos específicos na agricultura.

2. Definição e importância da cor

A palavra cor é comumente relacionada a três sentidos diferentes. A química a emprega como termo genérico ligado a corantes, pigmentos e materiais similares. A física a utiliza para referir-se a determinados fenômenos no campo da ótica. Fisiologistas e psicólogos interessam-se em entender a natureza do processo visual e a usam para denotar sensações da consciência de um observador humano (BYRNE; HILBERT, 1997).

Cor pode ser definida como a propriedade dos corpos em absorver e refletir luz, e tem como atributos principais o matiz, a luminosidade e a saturação. É o aspecto gerado pelas percepções do órgão visual em radiação eletromagnética visível de comprimento de onda entre ~380-400 a 740-750 nm, determinado basicamente pela fonte de luz e a superfície refletora (Figura 1). A percepção humana sobre as cores as tornam de caráter altamente subjetivo e pessoal, fazendo com que a sensação da cor seja única após complexas operações de recebimento registrado pela retina e processamento de estímulos recebidos pelo cérebro (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

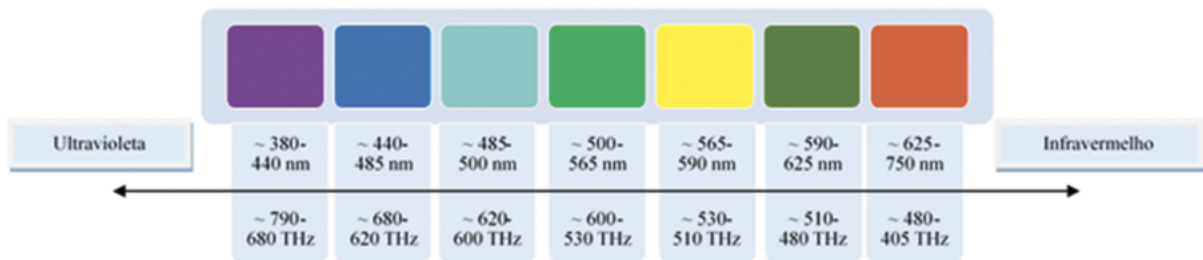


Figura 1. Cores do espectro visível, comprimento de ondas (nm) e frequência (THz).
Fonte: Poliana Cristina Spricigo.

Além da vasta variabilidade de percepções humanas sobre as cores, o acelerado desenvolvimento tecnológico disponibiliza avanços sobre a manufatura de materiais e suas colorações. Se há algumas décadas a gama de cores disponíveis para indústrias não era tão extensa, hoje são necessários meios de diferenciar colorações muito semelhantes de forma prática e eficiente em busca de padronização.

Diversos segmentos industriais como têxtil, plástico, tintas, couro, papel, revestimentos e alimentos se beneficiam do controle de cores em seus processos. No setor têxtil as colorações das fibras exercem papel de extrema relevância para aceitação do consumidor. Os corantes que conferem coloração à fibra devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração e resistência aos agentes desencadeadores do desbotamento (GUARATINI; ZANONI, 2000).

3. Métodos de mensuração

A colorimetria é a ciência e o conjunto de técnicas que busca descrever, quantificar e simular com o auxílio de modelos matemáticos a percepção da cor pelos seres humanos. Trata-se da tentativa de representar a interação da luz com os materiais percebida pelo olho e interpretada pelo cérebro.

As mensurações da coloração de materiais como metais, polímeros, cerâmicas, compósitos e materiais biológicos devem ocorrer preferencialmente por meio de medidas objetivas. A eliminação do caráter subjetivo possibilita a padronização das medições, pois evita variáveis relacionadas à interpretação humana e àquelas relacionadas com o ambiente. Medições objetivas são preconizadas devido a sua replicabilidade entre pesquisadores, indústria e consumidores (ABBOTT, 1999; FRANCIS, 1995).

Espectrofotômetros e colorímetros são dois tipos comuns de equipamentos apropriados para descrever numericamente elementos da composição de uma cor em superfícies (GONÇALEZ; JANIN; SANTORO, 2001). O espectrofotômetro de refletância fornece a curva de distribuição de refletância da amostra, em cada comprimento de onda da faixa de medição do instrumento, enquanto que o colorímetro separa as componentes RGB da luz, funcionando de forma análoga ao sistema visual humano. Espectrofotômetros e colorímetros são capazes de fornecer coordenadas colorimétricas ($L^*a^*b^*$) universais, sob iluminantes e observadores padronizados. Hoje em dia esses dados podem ser enviados pela internet e a cor reproduzida com grande exatidão rapidamente em qualquer lugar do mundo (LOPES, 2009).

4. Espaços de cores

Os espaços de cores comuns utilizados para definição das cores são CIE XYZ; CIE $L^* a^* b^*$; CIE LCH, Hunter L a b e RGB (Red, Green and Blue – Vermelho, Verde e Azul), entre outros (ABBOTT, 1999; PATHARE; OPARA; AL-SAID; 2013). A diferença nestes sistemas está relacionada à simetria da distribuição da cor e no sistema de coordenadas utilizado para definir os pontos dentro desta distribuição. A seguir, uma breve descrição de cada um desses sistemas.

4.1. Espaço de cores CIE - Commission Internationale de l'Éclairage

A CIE (Commission International de l'Éclairage ou Comissão Internacional de Iluminação) é uma entidade internacional independente, sem fins lucrativos, sediada em Viena (Áustria), fundada em 1913 em decorrência do desdobramento das atividades da Comissão Internacional de Fotometria (C.I.F.), fundada em Zurique em 1900. O sistema CIE define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade. Por um consenso geral as especificações de padrões de observação para uso em colorimetria e fotometria são todas providas pela CIE em todos os países (CIE, 2017).

O conceito CIE é parte do princípio que o ser humano possui três tipos de cores receptoras – vermelho, verde e azul e que todas as cores são combinações destas. Para o sistema CIE, existem três condições que definem a existência da cor: o objeto, o iluminante e o observador.

A cor de um objeto depende de vários fatores como o iluminante, tamanho da amostra, textura e cores no seu entorno. Por ser um fenômeno subjetivo, a sensação de cor depende também do observador (LOPES, 2009).

O iluminante trata-se de uma incidência de energia luminosa especificada pela sua distribuição espectral, tomando a luz solar como iluminante padrão. Iluminantes padrões são descritos como iluminante “A” para luz emitida por lâmpada de tungstênio e temperatura de cor de 2857K; iluminante “B” para lâmpadas incandescentes, correspondendo a luz solar média do céu ao meio dia, com temperatura de cor de 4870K; iluminante “C” para luz média diurna com céu encoberto com temperatura de cor de 6770K e o mais importante de todos o “D65” que representa a distribuição espectral da luz do dia com temperatura de cor de 6500K (CIE, 2017).

Sobre o observador, a CIE especifica dois tipos de padrão. A primeira foi desenvolvida em 1931 e outra em 1964. A diferença básica entre os dois tipos de observador padrão é a área do campo de visão. No primeiro ângulo utilizado o campo de visão abrangia 2° , enquanto que no segundo o ângulo foi ampliado para 10° , o que possibilitou melhor acuidade visual (CIE, 2017).

CIE XYZ, cujas cores primárias não correspondem a cores visíveis, baseia-se na formação das cores a partir do vermelho, verde e azul e são denominados triestímulos nas coordenadas X, Y e Z, a partir de um observador CIE 1931. Neste espaço de cor todos os estímulos visuais perceptíveis são descritos por valores positivos de X, Y e Z. As coordenadas de cromaticidade das cores primárias são conhecidas, sendo possível a realização de cálculos que permitem a obtenção de valores de grandezas no sistema XYZ a partir de grandezas do sistema RGB, assim como mudanças de coordenadas entre outros sistemas de cor.

CIE $L^*a^*b^*$ desenvolvido em 1976 fornece uma diferenciação de cores mais precisa em relação à percepção humana (ABBOTT, 1999; PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013), definindo em três eixos perpendiculares – L^* eixo principal (preto = 0 ao branco = 100); a^* (verde (-) ao vermelho (+)) e b^* (azul (-) ao amarelo (+)) (Figura 2). Os parâmetros a e b são coordenadas que para melhor entendimento podem ser transformadas (Ferreira, 1994; McGuire, 1992). Altos valores de L representam cores mais claras, e o oposto indica cores mais escuras.

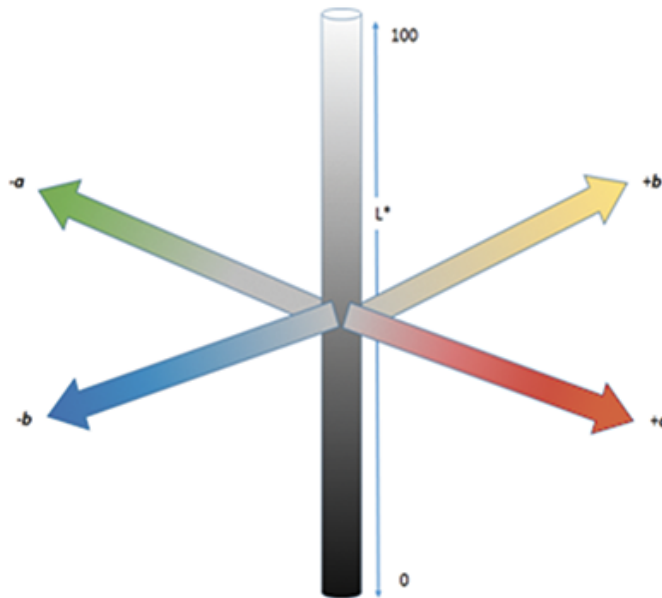


Figura 2. Espaço de cor CIE $L^* a^* b^*$.
Fonte: Adaptação dos autores.

O espaço $L^*C^*h^\circ$ é um espaço de coordenadas representado por luminosidade (L^*), como no espaço $L^*a^*b^*$, cromaticidade (C^*) e ângulo hue (h°) (Figura 3). A luminosidade é a escala que varia do preto (0) ao branco (100). As coordenadas polares C^* definidas como sendo a saturação, e h° , que é o ângulo tomado no espaço $L^*C^*h^\circ$. A saturação, C^* , é definida como a distância radial do centro do espaço até o ponto da cor. No centro do espaço $L^*C^*h^\circ$, estão os valores mínimos de saturação e, à medida que se caminha para as extremidades, aumenta-se este valor (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013)

A saturação está ligada diretamente à concentração do elemento corante e representa um tributo quantitativo para intensidade. Quanto maior o cromatismo maior a saturação das cores perceptíveis aos humanos. Cores neutras possuem baixa saturação, enquanto cores puras possuem alta saturação e, portanto, mais brilhantes na percepção humana (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013; SHEWFELT; THAI; DAVIS, 1988). Cromatismo representa a hipotenusa de um triângulo retângulo criado pela união dos pontos (0, 0), (a^* , b^*), e (a^* , 0) e é calculado como $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (MCGUIRE, 1992). Ângulo Hue (h°) é considerado

o atributo qualitativo de cor com as cores que definidas tradicionalmente como avermelhada, esverdeada, etc. (Pathare et al., 2013). Graficamente consideramos o ângulo de 0° como a cor vermelha, o ângulo de 90° , amarelo, o ângulo de 180° , verde, e o ângulo de 270° , azul (SHEWFELT et al. 1988; MCGUIRE, 1992). Por meio do ângulo é possível comparar amostras, calculado como $\tan^{-1} b^*/a^*$.

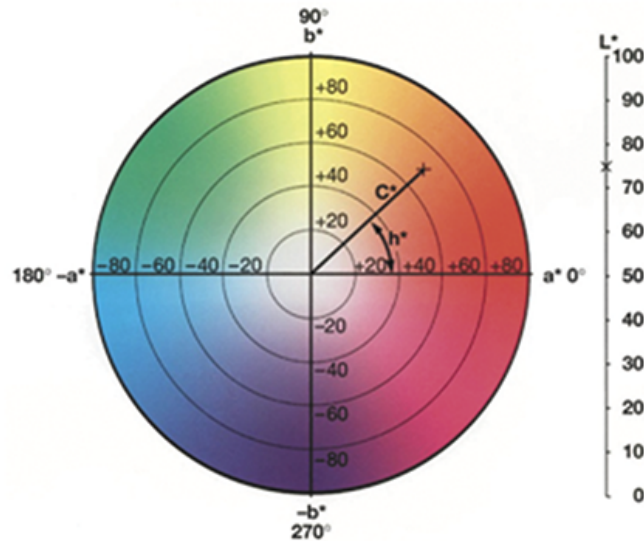


Figura 3. Espaço de cor $L^*C^*h^\circ$.
Fonte: Adaptação dos autores.

4.2. Hunter L a b

A Hunter Lab é uma escala de cor mais uniforme que CIE XYZ e de fácil comunicação. Não é tão utilizada atualmente por causa da popularidade da escala CIE $L^* a^* b^*$ (Figura 4). As diferenças de cores são calculadas pelo uso das equações de Hunter nas coordenadas de cores opoentes L, a, b, aplicada para os valores triestímulos da CIE 1931, e iluminante “C” padrão CIE, e pela extensão de aplicação observador padrão da CIE 1964 (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).



Figura 4. Espaço Hunter L a b.
Fonte: Adaptação dos autores.

4.3. RGB (Red, Green, Blue – Vermelho, Verde e Azul)

O RGB é um sistema de cores aditivas (JORGE et al., 2011; YAM; PAPADAKIS, 2004) que define uma cor em função de três componentes primárias – vermelho (red), verde (green) e azul (Blue) (DE CODES, 2003) (Figura 5). Este sistema considera que preto é a ausência de cor, e branco representa os valores máximos dessas cores (DE CODES, 2003; JORGE et al., 2011). Desta forma, valores iguais correspondem a uma cor em escala de cinza (JORGE et al., 2011), e as demais cores são variações destas. Sistema de cores mais difundido, utilizado em monitores, câmeras digitais, TVs, etc (DE CODES, 2003; JORGE et al., 2011; YAM; PAPADAKIS, 2004). A visualização é fornecida em pixels, desta forma, é difícil correlacionar com outros sistemas (CONNOLLYE; FLIESS, 1997). Todavia, León et al. (2006) apresentam pelo menos cinco alternativas computacionais para conversão de imagens tiradas por meio de câmeras digitais em pixels, para sistema $L^* a^* b^*$ e com alta eficiência na correlação.

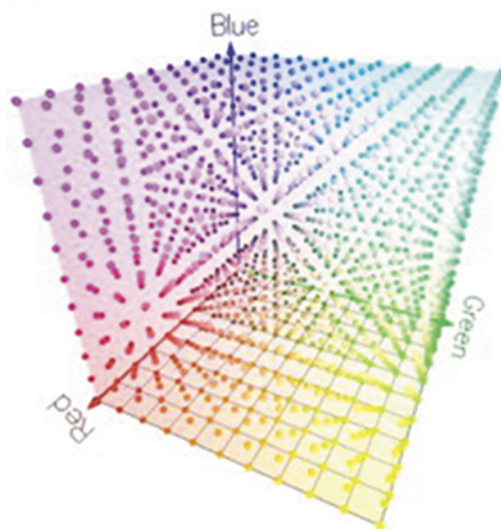


Figura 5. Espaço de cor RGB.
Fonte: Adaptação dos autores.

5. Algumas aplicações de colorimetria na agricultura

A avaliação de cores para análises na agricultura é versátil e, por isso, adotada nos mais diversos segmentos. Os métodos colorimétricos são utilizados em todos os setores da cadeia produtiva da agricultura.

Em solos, a colorimetria é ferramenta auxiliar para classificação. Atributos de solos apresentaram boas correlações com os componentes da cor obtidos por colorimetria, mostrando ser esta uma técnica eficiente e promissora para obter informações do solo de maneira simples e de baixo custo (BOTELHO et al., 2006).

No processo de seleção de novas plantas desenvolvidas por melhoristas a coloração é utilizada no estudo de correlações entre características de interesses agrônômicos. Sendo um dos atributos mais valorizados pelo consumidor, a coloração de polpa e casca são parâmetros de inclusão e exclusão de plantas. Em feijões a coloração do tegumento por colorimetria mostrou alta precisão experimental na diferenciação de genótipos, sugerindo sua utilização em programas de melhoramento (RIBEIRO; STORCK; POERSCH, 2008). Em frutas, a seleção baseada na coloração é utilizada, por exemplo, em pêssegos (SILVA et al., 2013).

Uma das formas mais interessantes do uso da colorimetria constitui-se da substituição de técnicas destrutivas por análises de cor. Neste contexto, a simples aferição no colorímetro fornece parâmetros capazes de estimar o que está sendo analisado de forma rápida e econômica, uma vez que diminui a quantidade de repetições necessárias e de produto destruído. O colorímetro foi utilizado de forma eficiente para estimar a quantidade de clorofila presente em folhas de couve e batata, com forte relação entre valores de h° , L e C e teores de clorofilas a , b e totais (AMARANTE et al., 2008). Resultados obtidos em folhas de

macieira também demonstram que o colorímetro é uma alternativa viável na avaliação não-destrutiva do teor de clorofilas para clorofilas, assim como para folhas de videira ‘Cabernet Sauvignon’ (AMARANTE et al., 2008; AMARANTE et al., 2009). O teor de flavonoides em méis também se relaciona com a aparência, mais diretamente com a sua coloração, e, portanto, o uso do colorímetro pode ser útil como um indicador do teor de flavonóides (CIAPPINI et al., 2013). O teor de hematita no solo também pode ser obtido com a determinação de cores no sistema $L^*a^*b^*$, efetuada tanto por colorimetria quanto por radiometria (CAMPOS; DEMATTE; QUARTAROLI, 2003).

A aferição da qualidade por colorimetria é clássica em estudos pós-colheita. Em tangerinas foi avaliada a coloração em relação a consequências de alterações físicas em armazenamento refrigerado (VALE et al., 2006). Em maracujás foram obtidas as cores para fins de classificação em relação ao estágio de maturação (WINKLER et al., 2002). Em tomates a influência de tratamentos com etileno sobre o desenvolvimento da coloração foi verificada (ANDREUCETTI et al., 2007). Em cebolas a coloração foi comparada em relação a tratamentos pré-colheita que influenciavam o desenvolvimento de pigmentação (FERREIRA; MINAMI, 2000). Em cafés a intensidade das cores verde e azul dos grãos foi relacionada com o armazenamento, independentemente do tipo de pré-processamento empregado (AFONSO JUNIOR; CORREA, 2003). Para figos, correlacionou-se análises sensoriais com a análise objetiva instrumental (ALMEIDA et al., 1999). Em lichias foi observado o escurecimento em relação ao tratamento térmico para manutenção da coloração (SOUZA et al., 2010). Em caquis foi avaliada a possibilidade de modificação da coloração original quando os frutos foram submetidos a tratamentos com quitosana para controle de podridões (CIA et al., 2010). Em mamões submetidos a injúrias mecânicas por abrasão a coloração ficou escurecida na região da injúria e acelerou o processo de amarelecimento dos frutos (GODOY et al., 2010). Em abacates tratados com radiação UV-C os parâmetros a^* e b^* diminuíram mais intensamente ao longo do armazenamento (CABIA et al., 2011).

No beneficiamento e classificação de tomates, verificou-se a eficiência de limpeza de equipamentos pela equação: $E = [((L^*_{amostra}) / (L^*_{padrão})) * 100]$, onde, E - eficiência de limpeza, %; L^* amostra - valor do parâmetro L^* , obtido para cada amostra, após o beneficiamento, e L^* padrão - valor do parâmetro L^* , obtido para cada amostra, antes do beneficiamento (MAGALHÃES; FERREIRA; MORETTI, 2009).

A colorimetria também é utilizada no desenvolvimento de coberturas comestíveis e embalagens. A coloração neste caso deve ser capaz de evidenciar a qualidade do produto e não pode alterar a sua visualização. Já foram avaliados filmes comestíveis a base de proteínas (SOBRAL, 2000) e base de carnaúba em caquis (SILVA et al., 2011). Em coberturas comestíveis a base de quitosana para em maçãs minimamente processadas foi utilizada uma equação de índice de escurecimento (browning index, BI): $BI = [100(x - 0,31)] / 0,172$ onde: $x = (a + 1,75 L) / (5,645 L + a - 3,012 b)$, para avaliar a alteração de cor das fatias ao longo do armazenamento (OLIVAS; MATTINSON; BARBOSA-CÁNOVAS, 2007; PILON et al., 2013).

Na área de processamento de alimentos, o controle de processos pode ser otimizado com a utilização da colorimetria. Em pequis a concentração de sacarose foi único fator que influenciou significativamente a diferença total de cor de pós liofilizados em relação à cor da polpa original (ALVES et al., 2008). Em geleias de morango observou-se que produto armazenado às temperaturas de 20 e de 30 °C não apresentou alterações pronunciadas na coloração, enquanto que aqueles armazenados em 40 °C foram afetados negativamente, provocando o escurecimento (MIGUEL; ALBERTINI; SPOTO, 2009). Em beterrabas minimamente processadas e cortadas com espessuras diferentes, a coloração foi calculada através do índice de cor $IC = 1000xa^*/Lxb^*$ (MAZZUZ, 1996). Em camu-camu a coloração foi uma das avaliações para determinação e caracterização de formulações de néctar (MAEDA et al., 2006). Em maçã-passa a leitura objetiva de L, a e b foi feita a cada 15 dias durante 6 meses com intuito de estimar a vida-de-prateleira do produto (MOURA et al., 2007). Para casca de mandioca a coloração foi utilizada para comparar diferentes tipos de secagem, além de L^* , a^* e b^* foi calculado a diferença de cor ΔE , descrita por $\Delta E = [((\Delta L)^2 +$

$(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{0.5}$] (Vilhalva et al., 2012). Esta é a primeira fórmula descrita para expressar a diferença de cor no espaço CIELAB. A diferença de cor ΔE pode facilitar comparações entre as amostras, pois trata-se de apenas um número que representa os três parâmetros do espaço de cor CIE $L^*a^*b^*$.

Após aperfeiçoamentos, a fórmula para a diferença de cor foi atualizada para ΔE (CIE2000):

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}}$$

Onde:

L = luminosidade, C = cromaticidade e H = ângulo Hue.

K_L, K_C, K_H = valores positivos, parâmetro de escala de valores reais escolhidos de acordo com a aplicação da fórmula.

S_L, S_C, S_H = Escalas dependentes de funções de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.

R_T = Função de escala adicional dependente da cromaticidade e ângulo Hue.

Ajustes específicos foram aplicados às diferenças de luminosidade ΔL^* , saturação ΔC^* e tonalidade ΔH^* pela utilização dos coeficientes S_L, S_C, S_H , respectivamente. Esses coeficientes de ajuste incluem os efeitos da Luminosidade L^* , Saturação C^* e ângulo de tonalidade H^* . Logo, o cálculo incorpora as características de percepção de limites do olho humano no espaço de cor CIE Lab (Sistema de cor $L^*a^*b^*$): 1) Dependência de Saturação, 2) Dependência de Tonalidade, 3) Dependência de Luminosidade (SHARMA; WU; DALAL, 2005).

Na produção animal a qualidade da carne está intimamente ligada com a coloração. A carne proveniente de ovinos adultos é mais escura que a dos animais jovens (PINHEIRO et al., 2009). A carne de marreco é mais escura e com vermelho mais intenso do que carne de frango de corte (FARIA et al., 2008). Na avaliação da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem a luminosidade e o teor de vermelho foram similares, enquanto que a carne de animais Angus apresentou maior teor de amarelo (ROS-SATO et al., 2010). Os parâmetros luminosidade e ângulo hue foram utilizados para avaliar o tratamento de filés de dourado durante o armazenamento e congelados com extrato de mate para evitar a oxidação lipídica (VEECK et al., 2013).

A colorimetria, por meio do sistema CIEL^{*}a^{*}b^{*} apresenta viabilidade na classificação da qualidade da madeira por propriedades mecânicas e físicas similares (NISHINO et al., 2000; MOYA; MARÍN, 2011; STANGERLIN et al., 2013). A influência dos componentes químicos na cor da madeira de diferentes clones de eucaliptos foi aferida e foi constatado que polifenóis são elementos que apresentam correlações mais marcantes com os parâmetros colorimétricos influenciando a cor das madeiras estudadas (MORI et al., 2004).

Abaixo (Quadro 1) o resumo das equações acima citadas e outras que podem ser utilizadas em colorimetria com ênfase em agricultura:

Aspecto avaliado	Equação	Referência bibliográfica
Ângulo Hue	$\tan^{-1} b^*/a^*$	McGuire (1992)
Cromaticidade	$(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$	McGuire (1992)
Desverdecimento de citros	$(1,000 \times a)/(L \times b)$	Jimenez-Cuesta, Cuquerella e Martinez-Javaga (1981)
Diferença total de cor (ΔE)	$[\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2]^{0,5}$	Pathare, Opara e Al-Said (2013)
Eficiência de limpeza	$[(L^*_{amostra})/(L^*_{padrão})] \times 100$	Magalhães, Ferreira e Moretti (2009)
Índice de amarelecimento	$142,86b^* / L^*$	Pathare, Opara e Al-Said (2013)
Índice de brancura	$[\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2]^{0,5}$	Pathare, Opara e Al-Said (2013)
Índice de cor	$IC = 1000 \times a^* / L \times b^*$	Mazzuz. (1996)
Índice de escurecimento	$[100(x - 0,31)] / 0,172$	Buera, Lozano e Petriella (1985)
Intensidade de cor vinho tinto	$A420 + A520 + A620$	Almela et al. (1995)

Quadro 1. Equações que podem ser utilizadas em colorimetria com ênfase em agricultura.

Fonte: Poliana Cristina Spricigo.

6. Conclusão

A utilização da cor para análises e desenvolvimento de materiais para a agricultura é uma ferramenta importante que possibilita a padronização de processos. Os parâmetros bem definidos e internacionalmente reconhecidos permitem a repetitividade das avaliações e reprodução exata do produto final desejado.

Referências

- ABBOTT, J. A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 207–225, 1999.
- AFONSO JUNIOR, P. C.; CORREA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciênc. agrotec.** [online], vol.27, n.6 [cited 2014-04-11], p. 1268-1276, 2003.
- ALMEIDA, T. C. A.; FOLEGATTI, M. I. S.; FREIRE, M. T. A.; MADEIRA, M. S.; SILVA, F. T.; SILVA, M. A. A. P. da. Determinação do perfil sensorial e parâmetros de qualidade defigos em calda produzidos pela indústria brasileira. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.2, p.234-240, 1999.
- ALMELA, V. et al. La incisión anular como técnica de estímulo del desarrollo de los frutos de hueso. **Fruticultura Profesional**, Barcelona, n. 69, p.16-26, 1995
- ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 830-839, 2008.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C.A.; ZANARDI, O.Z.; ALVES, E. O. Quantificação de clorofilas em folhas de macieiras ‘Royal Gala’ e ‘Fuji’ com métodos ópticos não-destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 590-595, 2008.
- AMARANTE, C. V. T.; ZANARDI, O. Z.; MIQUELOTO, A.; STEFFENS, C. A.; ERHART, J.; ALMEIDA, J. A. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira ‘Cabernet Sauvignon’ mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 680-686, 2009.
- ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L.; HONÓRIO, S. L. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, 25, p.122-126, 2007.
- BOTELHO, M. R.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A.; AZEVEDO, A. C.; RODRIGUES, R. B.; MIGUEL, P. Medida da cor em solos do Rio Grande do Sul com a carta de Munsell e por colorimetria. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1179-1185, 2006.
- BUERA, M. P.; Lozano, R. D.; PETRIELLA, C. Definition of color in the non-enzymatic browning process. **Die Farbe**, 32/33, p. 316–326, 1985.
- BYRNE, A.; D. R. HILBERT. Colors and reflectances. In: **Readings on color. Volume 1: The philosophy of color.** MIT Press, 1997.
- CABIA, N. C.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; FUMES, J. G. F.; CARVALHO, L. R. Fenólicos totais, polifenoloxidação e coloração em abacate ‘Hass’ submetido à radiação UV-C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33(spe1), p. 314-320, 2011.
- CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, ano 20, n. 71, p. 30-41, 2001.
- CAMPOS, R. C.; DEMATTE, J. A.; QUARTAROLI, C. F. Determinação indireta do teor de hematita no solo a partir de dados de colorimetria e radiometria. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 4, apr. 2003.

CIA, P.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; GARCIA, E. O. Quitosana no controle pós-colheita da podridão mole em caqui 'rama forte'. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 745-752, 2010.

CIAPPINI, M.C.; GATTI, M.B.; DI VITO, M. V. El Color como indicador del contenido de flavonoides en miel. **Rev. cienc. tecnol.** [online] n. 19, 2013. ISSN 1851-7587.

CIE - COMMISSION INTERNACIONAL DE L'ECLAIRAGE. Disponível em: < <http://www.cie.co.at/> >. Acesso em: 10 jul. 2017.

CONNOLLY, C.; FLIESS, T. A. Study of Efficiency and Accuracy in the Transformation from RGB to CIELAB Color Space. **IEEE Transactions on Image Processing**, v. 6, n. 7, p. 1046-1048, 1997.

DE CODES, V. M. **Metodologia para correção de cores de imagens digitais de íris humanas**. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, 2003.

FARIA, P. B.; VICENTE NETO, J.; BRESSAN, M. C.; MESQUITA, F. R.; TAVARES, S. A.; GAMA, L. T. Qualidade da carne de marreco pequim branco (*Anas Platyrhynchos platyrhynchos* L. 1758) comparado a frango de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 213-218, 2008.

FERREIRA, M. D. 1994. 124 p. **Physiological responses of strawberry to handling impacts and pre-cooling methods**. Tese (Mestrado) - University of Florida - IFAS, Gainesville.

FERREIRA, M. D.; MINAMI, K.. Qualidade de bulbos de cebola em consequência de tratamentos pré-colheita. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 57, n. 4, dez. 2000.

FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food Quality and Preference**, p.149-155, 1995.

GODOY, A. E.; JACOMINO, A. P.; CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; GUTIERREZ, A. S. D., VIEIRA, C. E. M.; Forato, L. A. (2010). Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 682-691, Epub September 08, 2010.

GONÇALEZ, J. C.; JANIN, G.; SANTORO, A. C. S.; Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, ano 20, v. 72, p. 47-58, 2001.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Quim. Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, jan./fev. 2000.

JIMENEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ-JAVAGA, J. M. Determination of a color index for citrus fruits degreening. **Proceedings of Intenational Society of Citriculture**. 2, p. 750-753, 1981.

JORGE, L. A. C.; GONÇALVES, D. S.; OYAMA, P. I. C.; FERREIRA, M. D. Uso de Sistemas de Imagem para Classificação de Frutas e Hortaliças. In: **Tecnologias Pós-Colheita em Frutas e Hortaliças**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 127 – 153.

León, K.; MERY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. **Food Research International**, v. 39, p.1084-1091, 2006.

LOPES, L. C. **Controle metrológico da cor aplicado à estamperia digital de materiais têxteis**. Dissertação (Mestrado) – Metrologia PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2009.

- MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L. K. O.; CHAAR, J. M. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 70-74, 2006.
- MAGALHÃES, A. M.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L. Eficácia de limpeza durante o beneficiamento do tomate de mesa. **Cienc. Rural** [online], vol. 39, n.9 [cited 2014-04-11], p. 2431-2438, 2009.
- MAZZUZ, C. F. **Calidad de Frutos Citricos. Manual para su Gestión desde la Recolección hasta la Expedición**. Reus. Ed. Horticultura, 1996.
- MCGUIRE, R. G.; Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12), p. 1254-1255, 1992.
- MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F. Cinética da degradação de gelejada de morango. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 1, mar. 2009.
- MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONÇALEZ, J. C.; OLIVEIRA, A.C. Colorimetria aplicada a determinação da cor da madeira de *Eucalyptus* spp. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 9, Cuiabá, 2004. **Anais...** Mato Grosso: SECOM, 2004. CD-ROOM
- MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S.A.; GERMER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 141-148, 2007.
- MOYA, R.; MARÍN, J. D. Grouping of *Tectona grandis* (L.f.) clones using wood color and stiffness. **New Forests**, 42, p. 329-345, 2011.
- NISHINO Y.; JANIN G.; YAMUDA Y.; KITANO D. Relations between colorimetric values and densities of sapwood. **Journal of Wood Science**, v. 46, p. 267-272, 2000.
- OLIVAS, G. I.; MATTINSON, D. S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 8996, 2007.
- PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36-60, 2013.
- PILON, L. ; SPRICIGO, P. C.; BRITTO, D. ; ASSIS, O. B. G.; CALBO, A. G.; FERRAUDO, A. S.; FERREIRA, M. D. Effects of antibrowning solution and chitosan-based edible coating on the quality of fresh-cut apple. **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**, v. 3, p. 151, 2013.
- PINHEIRO, R. S. B.; SILVA SOBRINHO, A. G.; SOUZA, H. B. A.; YAMAMOTO, S. M. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **R. Bras. Zootec.** [online], 2009.
- RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; POERSCH, N. L. Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, oct. 2008.

ROSSATO, L. V.; BRESSAN, M. C.; RODRIGUES, E. C.; GAMA, L. T.; BESSA, R. J. B.; ALVES, S. P. A. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n.5, 2010.

SHARMA, G., WU, W., DALAL, E. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. **Color Res. Appl.** 30, p. 21–30, 2005.

SHEWFELT, R. L., THAI, C. M.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **J. Food Sci.** 53, p. 1433-1437, 1988.

SILVA, M. C.; ATARASSI, M. E.; FERREIRA, M. D.; MOSCA, M. A. Qualidade pós-colheita de caqui 'fuyu' com utilização de diferentes concentrações de cobertura comestível. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 144-151, 2011.

SILVA, D. F. P.; SILVA, J. O. C.; MATIAS, R. G. P.; RIBEIRO, M. R.; BRUCKNER, C.H. Correlação entre características quantitativas e qualitativas de frutos de pessegueiros na geração F2 cultivados em região subtropical. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 53-58, 2013.

SOBRAL, P. J. A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 35, n. 6, 2000.

SOUZA, A. V.; VIEITES, R. L.; KOHATSU, D. S.; LIMA, G. P. P. Tratamento térmico na manutenção da coloração de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 067-073. Epub March 26, 2010.

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; PASTORE, T. C. M.; GARLET, A. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 429-438, 2013.

VALE, A. A. S.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, J. A. Alterações químicas, físicas e físico-químicas da tangerina 'ponkan' (*Citrusreticulata* Blanco) durante o armazenamento refrigerado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 778-786, 2006.

VEECK, A. P. L.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L.; EMANUELLI, T. (2013). Mate extract on lipid and color changes of dourado filets during frozen storage. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1317-1322, Epub June 11, 2013.

VILHALVA, D. A. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; SILVA, F. A. Secagem convencional de casca de mandioca proveniente de resíduos de indústria de amido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 331-339, 2012.

WINKLER, L. M.; QUOIRIN, M.; AYUB, R.; ROMBALDI, C.; SILVA, J. Produção de etileno e atividade da enzima ACCoxidase em frutos de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 634-636, 2002.

YAM, K. L.; PAPADAKIS, S. E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. **Journal of Food Engineering**. v. 61, p. 137–142, 2004.