

COMPARAÇÃO ENTRE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ANÁLISE DE IMAGEM PARA CLASSIFICAÇÃO DE FRUTOS DE CAFÉ

DANIELA GAMA DE SOUZA¹, CRISTIANNE SILVA DUTRA², ANDERSON
GOMIDE COSTA³, JOÃO PAULO BARRETO CUNHA⁴, JULIANA LOBO PAES⁵,
MARCUS VINICIUS MORAIS DE OLIVEIRA⁶

¹ Graduada, UFRRJ, (21) 96863 2896, danielagama18@hotmail.com

² Graduanda, UFRRJ, (31) 971665906, cristiannedutra@gmail.com

³ Doutor Professor, UFRRJ, (31)9385-8778, andersongc7@gmail.com

⁴ Doutor Professor, UFRRJ, (21) 98202-8633, engbarretocunha@gmail.com

⁵ Doutora Professora, UFRRJ, (21)96965-7221, juliana.lobop@yahoo.com.br

⁶ Doutor Professor, UFRRJ, (21) 99698-4502, marcusoliveira@ufrj.br

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: O café tem seu valor determinado pela qualidade do produto oferecido ao mercado, sendo este relacionado principalmente pelos processos colheita e pós-colheita. O objetivo deste trabalho foi comparar a classificação da variedade de café conillon em função da maturação utilizando como parâmetros de entrada atributos físico-químicos e as características colorimétricas obtidas por imagens digitais. Para tanto, foram imagens de amostras dos frutos do café conillon, em três estádios de maturação distintos. Informações colorimétricas foram extraídas com base no modelo de cor RGB. Os atributos físico-químico avaliados foram sólido solúveis totais, acidez titulável e condutividade elétrica. Para classificar os frutos em função dos estádios de maturação, foi utilizada a análise discriminante linear (LDA). A partir dos resultados obtidos verificou-se que a utilização da LDA com as variáveis dos atributos químicos classificou 88,30% dos frutos nos três estádios de maturação avaliados, enquanto que a classificação pelas características RGB obteve um acerto de 100,00%, demonstrando que a utilização das características colorimétricas é uma alternativa não destrutiva para distinção dos estádios de maturação de frutos de café.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos de cor; visão artificial de máquinas; análise discriminante

COMPARISON BETWEEN PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS AND IMAGE ANALYSIS FOR CLASSIFICATION OF COFFEE FRUITS

ABSTRACT: Coffee has its value determined by the quality of the product offered in the market, and this is mainly related to harvest and post-harvest processes. The purpose of this research was to compare the classification of the coffee conillon variety as a function of maturation using as input parameters physical-chemical attributes and the colorimetric characteristics obtained by digital images. For this, the methodology consisted in the use of images of samples of the fruits of the coffee conillon, in three different stages of maturation. Colorimetric information was extracted based on the RGB color model. The physical-chemical attributes evaluated were soluble solids, titratable acidity and electrical conductivity. In order to classify the fruits according to maturation stages, linear discriminant analysis (LDA) was used. From the results obtained, it was verified that the use of LDA with the

variables of the chemical attributes classified 88.30% of the fruits in the three maturation stages evaluated, whereas the classification by the RGB characteristics obtained a 100.00% that the use of colorimetric characteristics is a non-destructive alternative for distinguishing maturation stages of coffee fruits.

KEYWORDS: Color models; machine vision; discriminant analysis.

INTRODUÇÃO: Atualmente o Brasil é o maior produtor de café do mundo, seguido do Vietnã e Colômbia. Dados divulgados pela OIC (Organização Internacional do Café), demonstraram que na safra de 2017/2018 houve uma queda de 6,6% na produção de café arábica. Entretanto, nessa mesma safra houve um aumento de 11,5% na produção do café conilon, mais conhecido como Robusta no mercado mundial, indicando aumento significativo na produção dessa cultivar. Um dos fatores determinantes na qualidade do café é a uniformidade da maturação. Os melhores resultados da bebida são obtidos quando se processa o café cereja, no qual a casca, a polpa e a semente se encontram com a composição química adequada para proporcionar ao fruto o máximo de sua qualidade (BARBOSA et al., 2011). A cor é um atributo sensorial importante para fornecer informações básicas de qualidade para a percepção humana e tem estreita associação com fatores, de qualidade como frescor, maturidade, variedade e segurança alimentar e, portanto, é um importante fator de classificação para a maioria dos produtos alimentares (Mc CAIG, 2002). A visão artificial é uma importante ferramenta no auxílio da seleção de produtos agrícolas a partir de suas características colorimétricas, podendo ser aplicado na classificação qualitativa desses produtos, distinção de diferentes estádios de maturação e variedades desses produtos. Diante do exposto o objetivo do presente trabalho concerniu em comparar a classificação da variedade de café conillon em função da maturação utilizando como parâmetros de entrada atributos físico-químicos e as características colorimétricas obtidas por imagens digitais.

MATERIAL E MÉTODOS: Os frutos de café utilizados como amostras no experimento, foram da espécie *Coffea Canephora*, variedade conillon, tipo de cultivar ENCAPA 8121. Após a colheita, foram selecionadas 60 amostras de café em estádios de maturação distintos, pelo método de inspeção visual da cor, sendo 20 amostras de café verde, 20 de café cereja e 20 de café passa. Estas amostras foram fotografadas com uma câmera digital da marca Nikon modelo Coolpix 1820 com capacidade de aquisição na região do espectro visível. As imagens foram obtidas no sistema de cores aditivas RGB. Na sequência, foi realizado o processo de segmentação das imagens para remoção do fundo realçando a amostra de café. O limiar para a separação do fundo da imagem do café foi obtido pelo método de Otsu, o qual binarizou a imagem. Utilizando operador lógico de união, uniu-se a imagem original, com a imagem binarizada resultando na imagem final, onde apenas a região dos frutos foi evidenciada. Os atributos físico-químicos do café foram obtidos com base na metodologia recomendada por KRZYZANOWSKI et al. (1991) para condutividade elétrica, e de acordo as normas da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) para sólido solúvel e acidez titulável. Posteriormente foi realizada a correlação entre as características colorimétricas e os atributos químicos por meio do coeficiente de correlação de Pearson aos níveis de 1,0% e 5,0% de significância. Para demonstrar o potencial das características colorimétricas como parâmetros de distinção automatizada dos frutos de café em função da maturação, foram comparados dois classificadores desenvolvidos a partir da função de análise discriminante linear no software MINITAB versão de teste. O classificador 1, foi formado pelo vetor característica associado aos atributos físico-químicos. Já o classificador 2, foi formado pelo vetor característica associado as características colorimétricas vermelho (R), verde (G) e azul (B). Uma função discriminante linear foi desenvolvida para cada grupo (estádio), a qual está

associada a um autovalor obtido pela combinação linear das variáveis. Para avaliar qual classificador foi o mais indicado para a distinção dos estádios de maturação foi construída uma matriz de erro a partir da classificação dos frutos para cada classificador e obtido os parâmetros de acerto em cada grupo e o acerto global.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As correlações entre as características físico-químicas e as características colorimétricas provenientes do modelo RGB (Tabela 1) demonstraram que a banda verde (G) apresentou correlações significativas com os três atributos de qualidade avaliados, com destaque para condutividade elétrica que apresentou maior nível de correlação.

TABELA 2. Matriz de erro para o Classificador 1 (Atributos físico-químicos)

Atributos químicos	R	G	B	RGB média
Sólidos Solúveis	0,31*	-0,29	0,17	0,10
Acidez Titulável	0,05 ^{ns}	-0,52	-0,06	-0,16 ^{ns}
Condutividade elétrica	0,30 ^{ns}	0,95	0,44	0,60*

(*)p-valor<0,05, (**)p-valor<0,01 e (ns)p-valor>0,05

Na avaliação de frutos de café nos estádios de maturação correspondentes a verde-cana e cereja, DALVI (2011), verificou que o teor de açúcares na bebida, apresentaram valores superiores nos grãos cereja quando comparados aos verde-cana. Entretanto, os valores de condutividade elétrica foram inversamente proporcionais à maturação dos frutos, ou seja, os frutos de café cereja apresentaram valores mais baixos de condutividade elétrica. Segundo o autor, essa característica pode indicar membranas celulares mais bem estruturadas por ocasião da maturidade fisiológica.

De acordo com a Figura 1, a dispersão dos frutos no espaço bidimensional gerado pelas equações de discriminação obtidas pela LDA a partir variáveis colorimétricas, permitiu perceber agrupamentos bem definidos entre si e sem sobreposição dos frutos nos diferentes estádios maturação avaliados.

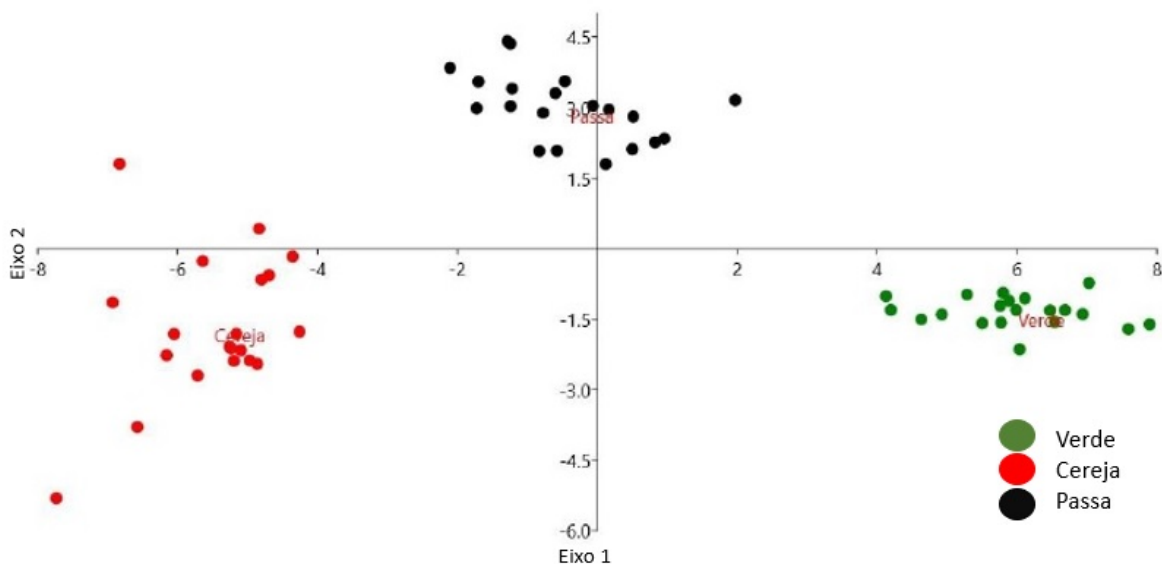


FIGURA 1. Dispersão das amostras dos frutos de café (variáveis atributos químicos) em um plano bidimensional gerado pelos coeficientes padronizados da função discriminante.

Ao analisar a matriz de erro (Tabela 2) foi observado que para o classificador 1 (vetor de entrada dos atributos físico-químicos) obteve-se um acerto de 88,30% em função da maturação dos frutos, classificando erroneamente 4 frutos cerejas e 3 frutos passas. Apesar do

erro de 21,70%, nota-se que é possível obter uma classificação satisfatória mesmo utilizando as características físico-químicas obtidas por métodos tradicionais destrutivos. No entanto, ao utilizar as características colorimétricas no classificador 2, obteve-se um acerto de 100% de acerto nas classificações dos frutos em função da maturação. Ressalta-se que as variáveis físico-químicas demandam métodos laboratoriais, maior tempo e custo financeiro para as mensurações, se comparados a imagens digitais, o que demonstra a viabilidade em se utilizar sistemas de visão artificial para a distinção dos estádios de maturação dos frutos de café.

TABELA 2. Matriz de erro para o Classificador 1 (Atributos físico-químicos)

	Verde	Cereja	Passa	%Acerto
Verde	20	0	0	100,00
Cereja	0	16	4	80,00
Passa	0	13	7	85,00
Nº total de frutos	22	19	21	88,30

TABELA 3. Matriz de erro para o Classificador 2 (Modelo de cor RGB)

	Verde	Cereja	Passa	%Acerto
Verde	20	0	0	100,00
Cereja	0	20	0	100,00
Passa	0	0	20	100,00
Nº total de frutos	20	20	20	100,00

CONCLUSÕES: Na utilização da análise discriminante linear (LDA), o classificador 1, onde se utilizou os atributos químicos, obteve uma porcentagem de acerto de 88,30%. Já o classificador 2, onde foi utilizado as características colorimétricas como variáveis de entrada, obteve-se uma classificação com 100% de acerto, demonstrando a eficiência na utilização de modelo de cores na classificação, além de apresentar a vantagem de não ser um método destrutivo de amostras.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, D.H.S.G; BARBOSA D.S.G.; RIBEIRO, J.N; LAUAR, A.N. Efeito do Mathury na uniformidade de maturação do cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeiras, 18, 2011. **Anais**. Poços de Caldas: SBC, 2011. p.139.
- McCAIG, T.N. Extending the use of visible/near-infrared reflectance spectrophotometers to measure colour of food and agricultural products. **Food Research International**, 35, 731e736, 2002.
- DALVI, L. P. Qualidade dos cafés verde-cana e cereja preparados por via úmida. Universidade Federal de Viçosa. **Tese**. Viçosa/MG, p.70, 2011.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Official methods of analysis. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.