

Separador de Grãos de Café

Diognei de Matos
Engenharia de Computação
Itabira, MG, Brasil

Felipe Marinho Tavares
Engenharia de Computação
Itabira, MG, Brasil

João Guilherme Costa
Engenharia de Computação
Itabira, MG, Brasil

Yuri Souza
Engenharia de Computação
Itabira, MG, Brasil

Resumo—Nesse artigo, é apresentada uma solução proposta para o problema da separação de grãos de café, utilizando-se recursos de processamento digital de imagens, por meio de programação em C++ usando a biblioteca OpenCV. A solução consiste em obter a imagem dos grãos misturados, aplicar diferentes filtros para corrigir ruídos ambientes, identificar a posição dos grãos por meio da segmentação da imagem, determinar o tipo de grão baseando-se na sua cor, e com isso facilitar a decisão tomada por um atuador que deverá direcionar cada tipo de grão para um local específico. Por fim, obteve-se como resultado um sistema não só capaz de diferenciar grãos de café, como também classificá-los de acordo com sua cor.

Keywords—processamento de imagens; computação gráfica; separação; café; grãos; classificação;

I. INTRODUÇÃO

O café no Brasil é um produto extremamente consumido, gerando por ano 46 milhões de sacas, sendo o maior produtor de café do mundo [1]. Ainda que seja a maior produção no mundo, a crise também abate essa produção, e um dos meios de se sair da mesma é a separação de grãos para se produzir o chamado café *gourmet*, que pode ser vendido pelo dobro do preço [2]. Para que essa seleção seja feita de maneira mais rápida, a visão computacional pode ser usada, através de técnicas como a segmentação de imagens, que permite a separação desses grãos.

A separação de grãos de café é um problema muito abordado no processamento de imagens, e que é enfrentado pelos produtores de café no Brasil e no mundo. Já existem várias técnicas e várias máquinas diferentes que realizam a separação de café, porém muitas não apresentam o desempenho máximo esperado e as mais avançadas são muito caras. Uma técnica mais recente para a separação de grãos consiste em capturar a imagem do local onde os grãos estão sendo transportados, identificando o tipo de grão pela sua cor, podendo então prever para onde ele está se movimentando e por último direcioná-lo para um local distinto definido pela sua cor. Portanto, a aplicação do processamento de imagens para detectar a posição e a cor do grão se mostra muito útil para resolver esse problema.

A proposta desse trabalho consiste em separar os grãos por meio do processamento da imagem, usando técnicas mais recentes e buscando um maior ganho na velocidade e quantidade de grãos separados simultaneamente.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. OpenCV e C++

Conforme visto em [3] A *OpenCV* (*Open Source Computer Vision Library*), desenvolvida originalmente pela *Intel*, em 2000, é uma biblioteca multiplataforma, totalmente livre ao uso acadêmico e comercial, para o desenvolvimento de aplicativos na área de Visão Computacional, bastando-se seguir o modelo de licença *BSD Intel*. Esta biblioteca foi desenvolvida nas linguagens de programação C/C++. Também, dá suporte a programadores que utilizem *Python* e *Visual Basic* e desejam incorporar a biblioteca a seus aplicativos [3].

Por meio da *OpenCV*, é possível realizar diversos procedimentos sobre a imagem, como aplicação de filtros, segmentação, rotulação, etc. Sendo que várias dessas funções foram usadas para desenvolver o processo de separação de grãos de café.

B. Formação da Imagem

A formação de uma imagem é possível graças à utilização de sensores que medem a reflexão da luz nos objetos. No caso de uma imagem monocromática, os sensores medem a reflexão da luz visível nas superfícies dos objetos, processo chamado de amostragem [4]. As medidas são transformadas em números inteiros, por meio da quantização, que representam digitalmente a característica de intensidade de cada pixel da imagem. A quantização mapeia os valores reais dos *pixels* em números com um determinado número de *bits* necessário para formar o *pixel*. Para imagens coloridas, cada *pixel* terá um vetor associado com as medidas de reflexão de luz nos comprimentos de onda vermelho, verde e azul [4].

C. Filtros de Imagem

A filtragem de imagens consiste em aplicar cálculos em cada pixel da imagem, alterando suas características conforme determinado pelo filtro [4]. Os cálculos muitas vezes são realizados com base nas características dos *pixels* vizinhos, e em outros casos com base nas características de demais *pixels* da imagem.

Pyrmeanshift: Esse filtro executa o passo inicial da segmentação de forma a identificar a borda e suavizá-la. Para isso, o *Pyrmeanshift*, ou Algoritmo de Segmentação em Pirâmide aplicado junto a um algoritmo de detecção de borda por *Mean Shift*, utiliza como base o conceito de pirâmides de resolução e clusterização da imagem. A Pirâmide de resolução é um processo que imita a percepção focalizada, em que deve-se dividir o todo para analisar pequenas partes com mais

afinco. Deve-se realizar uma análise da imagem com um algoritmo de detecção de bordas e, caso não seja encontrada uma borda, esse trecho é segmentado em outras camadas quadradas para que possa realizar uma análise de detecção de borda mais profunda. Esse procedimento foi utilizado para a segmentação de imagem e, para a detecção de bordas, utilizou-se a abordagem por *Mean Shift*. A detecção de borda por *Mean Shift* trata-se de um algoritmo que parte do pressuposto as seguintes características: *cluster* são um grupo de dados próximos e as amostras de uma distribuição de probabilidade devem ser independentes e distribuídos de forma identica (IID). Dessa forma, o algoritmo encontra *cluster* e define a transição de um *cluster* para o outro como uma borda, aplicando cálculos matemáticos para suavizar essa mudança.

Bgr2gray: O filtro *Bgr2gray* converte a imagem colorida para escala de cinza.

Threshold: Filtro responsável por tornar a imagem binária, definindo um limiar na escala de cinza que tornará qualquer valor acima dele igual a 1 e qualquer valor abaixo dele igual a 0.

Opening: A fim de diminuir os impactos de dilatação, é comum a prática de *Opening*. Aplicar *Opening*, no ponto de vista prático, implicará na dilatação seguida de uma erosão, a fim de eliminar descontinuidades no contorno indesejável e diminuir o número de ruídos.

D. Segmentação

A segmentação de imagens é usada para separar objetos presentes em uma imagem, ela subdivide a imagem em regiões ou objetos que a compõem. O nível de detalhe da separação depende do problema. A separação dos *pixels* relativos a cada objeto ou região é uma etapa fundamental para o sucesso do processo de análise da imagem [5]. Apesar de o ser humano poder facilmente identificar regiões com as mesmas características ou objetos presentes em uma imagem, para se realizar a mesma tarefa com um computador deve-se implementar algoritmos que analisem as características de cada pixel ou da distribuição da população dos *pixels* para reconhecer os objetos [5].

E. Rotulação

A rotulação é o passo essencial após a segmentação de imagens. Por meio da rotulação, é possível separar os diferentes objetos identificados em uma imagem, rotulando-os com cores, nomes ou números. Dependendo da parametrização do algoritmo de rotulação, pode-se distinguir por exemplo em um texto, as letras, palavras ou o texto inteiro [4]. Na separação de grãos, a rotulação foi necessária para em seguida, extrair as características das cores dos grãos e distingui-los.

F. Extração de Características

Os segmentos (agrupamento de *pixels*) e os objetos identificados na imagem possuem propriedades relacionadas a Forma, Cor e Textura. À medida de qualquer uma dessas propriedades é denominada característica ou descritor de imagem. Essas características podem formar um vetor de escalares, denominado vetor descritor de imagem ou vetor de características.

Conforme visto em [4] os descritores devem ter quatro propriedades importantes: 1. Devem definir um conjunto completo, ou seja, dois objetos devem ter os mesmos descritores se e somente se eles tiverem as mesmas características; 2. Devem ser congruentes, podendo-se reconhecer objetos como similares quando tiverem descritores semelhantes; 3. Devem ter propriedades invariantes, sendo possível reconhecer objetos independente de rotulação, escala, posição, etc; 4. Devem ser um conjunto compacto, um conjunto de descritores deve representar a essência de um objeto de maneira eficiente.

Por meio do vetor de características e dos descritores é possível portanto, armazenar características específicas dos objetos identificados na imagem, distinguindo-os, o que já é uma das etapas finais usadas para a separação de grãos de café.

G. Classificação

A classificação é a etapa do *workflow* de tratamento da imagem responsável por distinguir os diferentes rótulos obtidos na etapa de rotulação, diferenciando por meio de alguma determinada característica. É comum a utilização da forma do objeto para classificar os rótulos, principalmente pelo fato de que os algoritmos como *watershed* e componente conexo, retornam imagens que podem ser facilmente medidas (quanto ao seu tamanho, área, centroide e afins).

No caso da classificação de grãos de café, na amostra utilizada, todos os grãos tem aproximadamente a mesma forma, diferindo principalmente a sua cor. Neste caso, para que a classificação seja possível, é necessário converter o espaço de cores de uma imagem padrão de teste em que todos os grãos estão devidamente classificados para HSV e filtrar cada café neste espaço, a fim de retirar as características de cor de cada tipo de café. Em seguida, deve-se aplicar filtros com as cores características de cada café, além de algoritmos que serão devidamente explicados neste artigo.

Além disso, existem dois tipos de classificação: A supervisionada e a não supervisionada. Enquanto a primeira necessita de uma entrada de dados inicialmente definida e categorizada para utilização das suas características como parâmetro, a segunda deixa a cargo do sistema fazer toda ou qualquer categorização das características necessárias para a classificação dos rótulos.

III. IMPLEMENTAÇÃO

Nesse tópico é apresentado o algoritmo implementado e os resultados esperados. O algoritmo consiste em realizar vários procedimentos em cima da imagem inicial até obter a posição e o tipo para cada grão presente na imagem. Para ficar mais claro, o algoritmo é dividido em partes.

A. Aquisição da Imagem

O primeiro passo foi capturar a imagem. Para isso, foi realizada uma simulação do processo pelo qual os grãos passariam na situação real, conforme proposta. Vários grãos foram lançados simultaneamente sobre uma folha branca e várias fotos foram retiradas durante o processo, simulando uma

situação semelhante à real. As fotos foram retiradas de forma espontânea, e sem se preocupar com a qualidade da imagem e eliminação de ruídos ambientes, pois o objetivo é que isso seja feito pelo computador, garantindo que situações mais críticas também fossem satisfeitas.



Figura 1. Imagem Original Cortada

B. Filtragem da Imagem

Após a captura da imagem, é necessário aplicar alguns filtros nela para facilitar no processo de identificação dos grãos.



Figura 2. Imagem após o uso do *pyrmeanShiftFiltering*



Figura 3. Imagem após o uso do *pyrmeanShiftFiltering* em escalas de cinza

C. Localização dos Grãos

Após a aplicação do filtro *threshold* na imagem com escalas de cinza, é possível notar na Figura 4 que os grãos de café são os elementos brancos e o fundo da imagem é preto. Com o uso da técnica de componentes conexos, os grãos são localizados e classificados com um id único para cada elemento. É possível notar na Figura 5 cada que cada grão possui esse id e é colorido com uma cor diferente, mostrando que existem nesse caso, dez grãos de café na imagem.

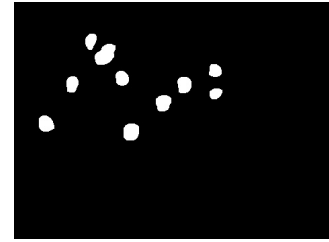


Figura 4. Imagem com o filtro *Treshlod*

D. Classificação dos Grãos

Como os grãos não possuem características físicas diferentes, a única maneira de diferenciá-los é pela sua cor. A abordagem utilizada para se chegar a cor do café foi usar uma imagem padrão, onde os cafés estão separados pelos seus tipos, como mostra a Figura 6, converter essa imagem para o espaço de cores HSV e filtrar cada café pela sua tonalidade nesse espaço. Sabendo como café é nesse espaço, filtra-se a imagem de acordo com a cor de cada café, criando quatro máscaras diferentes.

Como os componentes conexos retornam a área que cada café ocupa na imagem, compara-se esse espaço dentro dessas máscaras e conta-se quantos elementos de branco cada uma possui na máscara de cada tipo de café. Após essa contagem, comparam-se os tons e o que possui um maior número de elementos é determinada a cor do café naquele instante.

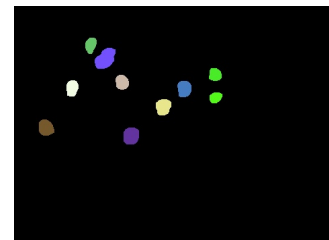


Figura 5. Imagem com os identificadores coloridos

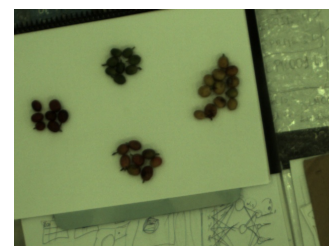


Figura 6. Grãos de café separados por tipo

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após todo o processamento relatado, foi possível localizar os grãos de café, distinguindo eles de uma maneira aceitável,

visto que a iluminação e método de deslocação do café na base de dados utilizada não era ideal. A Figura 7 mostra isso de uma forma clara, onde ainda que ele consiga identificar que os espaços um e dois não são grãos de café ele os classifica pela luminosidade, fazendo com que o algoritmo acredite que a sombra ou a má formação do fundo sejam grãos, ainda que no código seja tratado para que sejam classificados como nada, que é significado do asterisco.

Ainda quando a classificação é possível ver que quando determinadas posições do café rolando estão muito juntas, eles os agrupa como um só grão, o que diminui a qualidade da classificação.

Os resultados obtidos estão de acordo com o projeto proposto. Ainda que a nem sempre os resultados obtidos sejam 100% corretos, como dito anteriormente, a base de dados usada para o projeto não era ideal, sendo somente o protótipo de uma ideia a ser implementada. Utilizando uma esteira móvel, onde não seja o café que role e sim a esteira que o leve e uma iluminação adequada, o processo para identificação e classificação desenvolvido tem a potencial de entregar um resultado muito satisfatório. Essa conclusão pode ser tirada visto que outros trabalhos como [6] enfrentaram o mesmo problema ainda que possuíssem estruturas mais avançadas.

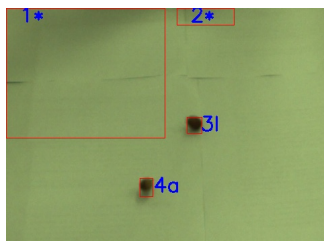


Figura 7. Grãos de café classificados

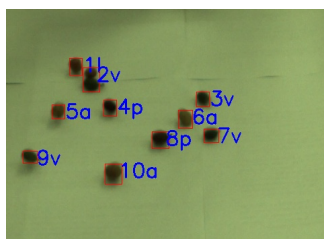


Figura 8. Grãos de Café completamente classificados

V. CONCLUSÕES

Com as técnicas de processamento de imagens aprendidas, é possível desenvolver aplicações muito úteis para solucionar diversos problemas enfrentados por empresas atualmente, bem como problemas do cotidiano.

O propósito do presente trabalho foi desenvolver uma software que melhorasse o processo de classificação de grãos de café, muito usado atualmente, com a aplicação de procedimentos mais complexos na parte de separação, ganhando

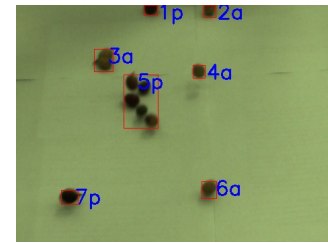


Figura 9. Grãos de café classificados

mais velocidade, desempenho e confiabilidade. Os resultados obtidos mostraram que as técnicas de processamento de imagens são capazes de localizar a posição dos grãos e extrair informações deste, suficientes para definir sua forma e coloração, da mesma forma que uma pessoa pode fazer isso apenas observando a imagem. Pode-se concluir que as classificações realizadas pelas técnicas garantem um bom resultado, apesar das dificuldades geradas pela iluminação inadequada, ruídos ambientes, que reduzem criticamente a qualidade da imagem acarretando limitações para o processo de classificação.

A realização desse trabalho, portanto, proporcionou mais conhecimento na área de processamento de imagens.

REFERÊNCIAS

- [1] “Análise do setor de café no brasil.” [Online]. Available: <https://www.mundodomarketing.com.br/inteligencia/estudos/339/analise-do-setor-de-cafe-no-brasil.html>
- [2] D. Gallas, “Produtores brasileiros investem em café gourmet para escapar de oscilações na economia - bbc brasil,” Oct 2015. [Online]. Available: http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/10/151009_cafe_gourmet_ab
- [3] “O que opencv.” [Online]. Available: http://projectopen.xpg.uol.com.br/index_arquivos/page0002.htm
- [4] R. E. W. Rafael C. Gonzalez, *Digital Image Processing*, 4th ed. Pearson, 2017.
- [5] Wikipédia, “Fabrizzio a a m n soares,” 2012, slides de aula. [Online]. Available: <http://www.inf.ufg.br/~fabrizzio/mestrado/pdi/aulas/aula10.pdf>
- [6] P. d. C. Oyama, L. d. C. Jorge, and C. Gomes, “Sistema de visão computacional para classificação de grãos de café por cor e forma.” in *Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: WORKSHOP DE VISÃO COMPUTACIONAL, 7., 2011, Curitiba. Anais... Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2011. p. 202-207., 2011.