

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

MÉTODO SEMI-AUTOMÁTICO AVANÇADO PARA COLORIZAÇÃO DE IMAGENS EM TONS DE CINZA

Endi Daniel Coelho Silva¹ - endicoelho@gmail.com

Wagner Ferreira de Barros¹ - wagner.barros@ifnmg.edu.br

¹Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Montes Claros, MG, Brasil

Resumo. *O processo de colorizar uma imagem manualmente é uma tarefa extremamente cara e demorada, pois cada pixel é tratado individualmente. Com o objetivo de automatizar e facilitar este processo, foi desenvolvido um método semi-automático avançado, que realiza a coloração de imagens em tons de cinza, utilizando uma imagem colorida similar como referência. O método irá transferir automaticamente as características cromáticas da imagem referência para a imagem em tons de cinza, mas como é necessário que o usuário disponibilize uma imagem colorida similar a imagem em tons de cinza, o método ainda é classificado como semi-automático avançado. Ambas imagens são divididas em K regiões de acordo com a similaridade de seus pixels, em seguida é feito um mapeamento que vai indicar qual grupo da imagem colorida irá transferir suas cores para algum outro grupo da imagem em tons de cinza, feito o mapeamento, as características cromáticas da imagem referência são transferidas para a imagem em tons de cinza.*

Keywords: *Automatizar, Colorizar, Mapeamento, Pixel, Similaridade*

1. INTRODUÇÃO

Imagens coloridas geralmente são mais vivas e tem um apelo visual muito maior do que as imagens em tons de cinza. Além disso, a cor presente nas imagens pode facilitar a extração e detecção de informações.

O processo de colorizar uma imagem manualmente é uma tarefa árdua pois, para alcançar um bom nível de realismo, é necessário buscar descrições da cena original para que a cor, das roupas, dos objetos, do cabelo, de todos os detalhes da imagem estejam próximos da realidade. Além disso, os *pixels* devem ser colorizados individualmente, o que torna essa tarefa bastante demorada e cara.

Apesar de ser uma tarefa difícil de ser realizada manualmente, é possível automatizar a colorização de imagens tendo-se uma imagem colorida semelhante àquela imagem que se deseja colorizar.

Neste trabalho, algumas melhorias foram propostas ao método de transferência de cores desenvolvido em Silva et al. (2016), essas melhorias incluem definir qual conjunto de carac-

terísticas melhor representaram os pixels das imagens, identificar automaticamente o número de regiões das imagens, melhorar o processo de agrupamento e modificar o método de transferência de cores.

2. TRABALHO ANTERIOR

Em 2016 foi desenvolvido um trabalho Silva et al. (2016) com o objetivo de tentar automatizar a colorização de imagens em tons de cinza, ao receber duas imagens, uma em tons de cinza e outra colorida, a imagem colorida é transformada do espaço de cores RGB para o espaço de cores $L\alpha\beta$ onde seus valores de luminância podem ser usados para calcular a entropia local em cada um dos seus pixels, portanto cada um dos pixel de ambas as imagens foram representados utilizando seus valores de Luminância e entropia local.

As imagens são segmentadas em K regiões, sendo K um número definido pelo usuário que analisa as imagens e tenta identificar um provável número de regiões, o algoritmo observa a similaridade entre os pixels e os divide em K grupos de acordo com essa similaridade. Após dividir ambas as imagens em K grupos, é realizado um mapeamento entre os grupos da imagem colorida com os grupos da imagem em tons de cinza, de forma que nenhum grupo deixe de ser mapeado, ou seja, cada grupo da imagem em tons de cinza estará mapeado em um, e somente um grupo da imagem colorida, e vice-versa.

Ao definir os grupos e o mapeamento, o processo de transferência de cores ocorre realizando o seguinte procedimento:

Para cada pixel x_i pertencente a um grupo X da imagem em tons de cinza, busca-se um pixel y_i em seu grupo correspondente Y na imagem colorida, logo x_i recebe as características cromáticas (canais $\alpha\beta$) do pixel referente a imagem colorida y_i e em seguida ambos os pixels são retirados de seus grupos, o processo se repete para os pixels restantes do grupo X .

Caso o grupo X tenha mais pixels que o grupo Y , em algum ponto do processo de transferência de cores $|X| - |Y|$ pixels irão sobrar no grupo X , pois o grupo Y estará vazio. Logo para colorizar esses pixels restantes, antes de começar o processo de transferência de cores um valor padrão é definido calculando a média dos valores cromáticos referentes aos pixels do grupo Y , esse valor padrão é passado como valor cromático para todos os $|X| - |Y|$ pixels restantes do grupo X .

Mais detalhes referentes a este trabalho podem ser conferidos em Silva et al. (2016) ou na comparação disponível neste trabalho na Seção 4.1.

3. METODOLOGIA

Nesta seção será descrita a metodologia utilizada neste trabalho para realizar a transferência de cores.

Ao escolher as imagens, uma em tons de cinza e outra colorida, a imagem colorida que está no espaço de cores RGB é transformada para o espaço de cores $L\alpha\beta$ e então utiliza-se seu canal dedicado a Luminância (L) para calcular as características regionais que irão representar os pixels das imagens, após isso define-se o número K de grupos no qual ambas as imagens serão divididas para só então agrupar os pixels similares em K grupos.

Um mapeamento é feito indicando a correspondência dos grupos da imagem colorida com os grupos da imagem em tons de cinza, e esse mapeamento é utilizado para transferir as cores da imagem colorida para a imagem em tons de cinza.

3.1 Mudança de Espaço de Cores

Um dos primeiros passos dentro do trabalho é transformar a imagem colorida que está no espaço de cores RGB para o espaço de cores $L\alpha\beta$, pois, nesse espaço é possível manipular a Luminância em um único canal separado, o que é muito útil, pois todos os cálculos das características que representam os pixels são feitos com base na luminância das imagens. Além disso a transferência de cores é facilitada, pois observando a similaridade entre os pixels e o mapeamento realizado, é possível realizar a coloração de um pixel, apenas passando os canais $\alpha\beta$ de um pixel pertencente a imagem referência para um pixel da imagem em tons de cinza.

3.2 Extração de Características

Para verificar a similaridade entre os pixels e agrupa-los em regiões, é preciso descreve-los através de características, foram realizados testes com combinações de diversas características (Luminância, Desvio Padrão, Variância, Entropia, Suavidade, Uniformidade, *Local Binary Pattern* (LBP), 3º Momento, 5º Momento, Máscara de Sobel), ao final dos testes o grupo de características escolhido para representar os pixels foi:

- Luminância
- Desvio Padrão
- Entropia

3.3 Detecção do Número de Grupos

O número de grupos utilizados pelo K-means, é descoberto analisando o histograma da imagem colorida no espaço de cores HSV (Hue, saturation, value), isso é feito buscando encontrar a quantidade de tonalidades de cores dominantes da imagem.

Segundo Gonzalez et al. (2001) o matiz (Canal H do HSV) é um atributo associado ao comprimento de onda dominante em uma mistura de ondas de luz, assim o matiz representa a cor dominante percebida por um observador. Portanto para identificar o número de cores dominantes em uma imagem e consequentemente o número de grupos que serão utilizados para agrupar os pixels, transformamos a imagem referência para o espaço de cores HSV e utilizamos o histograma do canal H, suavizado através do *savitsky-golay filter* Schafer (2011), para identificar os picos e portanto o número de grupos.

3.4 Normalização dos dados

Cada tipo de característica obtida, tem valores mínimos e máximos diferentes portanto elas foram normalizadas dentro do intervalo [0,1] para que durante o processo de agrupamento e mapeamento, cada tipo de característica tivesse o mesmo ‘peso’, evitando que uma variação de valor x seja mais importante em uma característica **A** do que em **B**. Dessa forma o maior valor de luminância encontrado seria definido como 1, o maior nível de entropia encontrado também seria definido como 1, e o maior desvio padrão encontrado também seria definido como 1.

3.5 Agrupamento dos Pixels utilizando o K-Means

K-means é um algoritmo de aprendizado não supervisionado (Hartigan, 1979; Kanungo et al., 2002; Jain, 2010; Imran, 2011) utilizado para realizar agrupamento de dados em k grupos, neste trabalho, ele foi utilizado para agrupar os pixels de cada imagem em k diferentes grupos. O algoritmo segue os seguintes passos :

1. Defina K como sendo o numero de grupos
2. Dê posições aleatórias para cada um desses grupos, cada uma dessas posições é chamada de centroide.
3. Classifique os dados de acordo com a distância euclidiana até o centroide mais próximo.
4. Calcule a média dos pontos pertencentes à cada centroide para definir a nova posição do centroide.
5. Repita os itens 3 e 4 até que os centroides estabilizem suas posições.

Para dividir as duas imagens em grupos foram utilizadas as características definidas anteriormente (Luminância, Desvio Padrão e Entropia), onde o K-means recebe uma matriz de tamanho $3 \times NP$ (Número de Pixels) para cada imagem, onde cada linha representa um pixel e cada coluna representa uma característica. Ao final da execução do K-means, temos como retorno um label para cada pixel indicando a qual grupo ele pertence, e um vetor indicando a posição dos centroides de cada grupo.

3.6 Mapeamento dos grupos

O mapeamento entre os grupos foi feito utilizando os centroides fornecidos pelo K-Means. Seja G uma lista com a posição dos centroides da imagem em tons de cinza e C a lista com os centroides da imagem colorida, calcula-se a distancia de cada centroide pertencente a G em relação aos centroides de C , então escolha um centroide g_i e o mapeie em um centroide c_k no qual a distancia entre os dois é mínima, em seguida retire g_i de G e c_k de C , esse processo é repetido até que todos os centroides estejam mapeados e as listas fiquem vazias.

3.7 Transferência de Cores

A transferência de cores ocorre utilizando o mapeamento obtido no passo anterior, cada pixel P_i da imagem em tons de cinza que pertence a um grupo \mathbf{I} vai receber os valores dos canais α e β de um pixel P_k pertencente ao grupo \mathbf{K} correspondente na imagem colorida, a escolha do pixel ocorre calculando a distancia euclidiana entre P_i e cada pixel P_k do grupo \mathbf{K} , aquele que tiver a menor distância euclidiana em relação ao pixel P_i irá transferir seus valores α e β para P_i .

4. RESULTADOS

Nesta seção serão discutidos os testes realizados e os resultados obtidos. Os testes foram feitos em um notebook Intel Core i3 6ª geração, 4GB de memória RAM e sistema operacional Ubuntu 16.04 LTS 64 bits, para implementar o método descrito neste trabalho foi utilizada a versão de avaliação (*trial*) do *software* Matlab (*MATrix LABORatory*).

4.1 Método desenvolvido vs Silva et al 2016.

Essa Seção traz uma comparação entre o método descrito neste trabalho e o desenvolvido anteriormente em Silva et al. (2016). A comparação é subjetiva e analisa o resultado das colorizações realizadas por ambos os métodos. Mais detalhes, resultados e comparações com outros métodos da literatura podem ser encontrados no trabalho de conclusão de curso descrito em Silva et al. (2018).

A análise da transferência de cores é normalmente feita de forma subjetiva, portanto nessa seção são apontadas as diferenças analisadas entre os resultados obtidos por ambos os métodos.

Analisando a colorização das imagens de teste, pode-se ver que o método deste trabalho foi bem em imagens onde um único tipo de textura se repete por boa parte das imagens ou onde onde as regiões têm texturas e níveis de luminância diferentes entre si, como pode ser visto em Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4, já o trabalho desenvolvido em Silva et al. (2016) falha em algumas dessas imagens como pode ser visto em Fig. 3 e Fig. 4.

Isso ocorre pois as características utilizadas neste trabalho conseguem descrever melhor os pixels das imagens, gerando melhores agrupamentos, além disso o novo método de transferência de cores utiliza o mapeamento dos grupos para buscar na imagem referência o pixel que melhor corresponde ao pixel da imagem em tons de cinza, para só então transferir suas características cromáticas.

Existem ainda as imagens onde ambos os métodos possuem dificuldades, essas imagens possuem regiões com níveis de luminância e textura parecidas, como pode ser visto na Fig. 5, logo o agrupamento e o resultado final da coloração são impactados, pois as características utilizadas para representar os pixels são calculadas com base nos níveis de luminância dos pixels.

Observando o conjunto de imagens colorizadas, podemos ver que o método deste trabalho conseguiu realizar a colorização sem grandes falhas em quatro das cinco imagens (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), enquanto o método desenvolvido em Silva et al. (2016) apenas colorizou de forma bem sucedida duas das cinco imagens (Fig. 1, Fig. 2).



Figure 1- Transferência de cores, utilizando 2 grupos

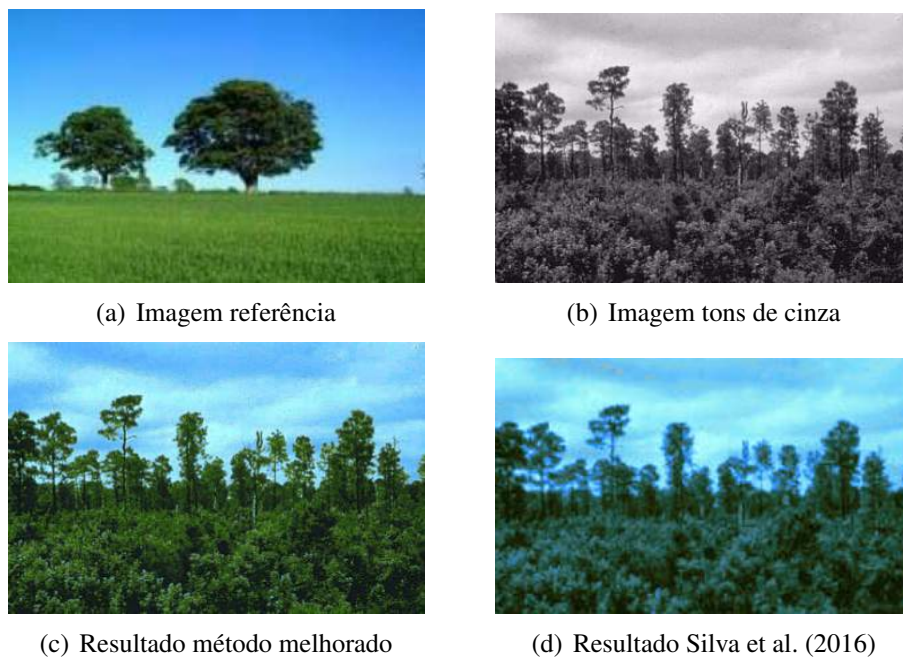


Figure 2- Transferência de cores, utilizando 2 grupos



(a) Imagem referência



(b) Imagem tons de cinza



(c) Resultado método melhorado



(d) Resultado Silva et al. (2016)

Figure 3- Transferência de cores, utilizando 3 grupos



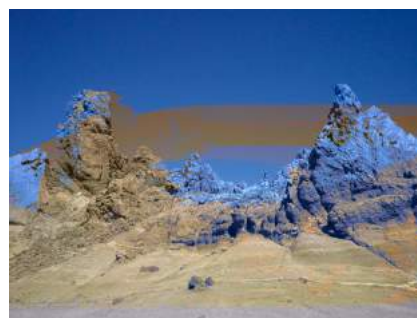
(a) Imagem referência



(b) Imagem tons de cinza



(c) Resultado método melhorado



(d) Resultado Silva et al. (2016)

Figure 4- Transferência de cores, utilizando 2 grupos



(a) Imagem referência



(b) Imagem tons de cinza



(c) Resultado método melhorado



(d) Resultado Silva et al. (2016)

Figure 5- Transferência de cores, utilizando 2 grupos

5. CONCLUSÕES

O método descrito neste trabalho, colorizou de forma mais eficiente um número maior de imagens do que o método proposto em Silva et al. (2016), além disso, diminuiu o nível de interferência humana requerida, pois agora não é mais necessário passar para o algoritmo o número de grupos requeridos pelo K-Means, uma vez que esse parâmetro, é identificado automaticamente através da análise do histograma da matiz da imagem colorida.

É possível ver que o algoritmo funciona bem em imagens onde suas regiões tem níveis de luminância bem distintos, pois todas características utilizadas são baseadas na luminância, caso regiões diferentes tenham níveis de luminância parecidos, possivelmente serão identificadas como um único grupo o que atrapalha o processo de coloração.

Como trabalhos futuros propõe-se a criação de uma grande base de dados de imagens coloridas e a utilização ou desenvolvimento de um método de busca em banco de dados para buscar imagens coloridas similares à imagem em tons de cinza em conjunto com o método desenvolvido neste trabalho, pois dessa forma seria possível executar a coloração de forma totalmente automática.

REFERENCES

- Silva, E.D.C., Benedito, C.C.S., Barros, W.F., Santos, L.I. (2016); "Coloração Artificial de Imagens em Tons de Cinza Utilizando uma Imagem de Referência", *XIX ENMC - Encontro Nacional de Modelagem Computacional*, João Pessoa-PB, 969-977.
- Silva, E.D.C., Barros, W.F. (2018), "Coloração Artificial de Imagens em Tons de Cinza", *Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG*, Montes Claros-MG.
- Gonzalez, Rafael C., Woods Richard E. (2001), "Digital Image Processing", *Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.*
- Hartigan, John A. and Wong, Manchek A. (1979), "Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm", *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*.
- Jain, Anil K (2010), "Data clustering: 50 years beyond K-means", *Pattern recognition letters*.
- Kanungo, Tapas and Mount, David M and Netanyahu, Nathan S and Piatko, Christine D and Silverman, Ruth and Wu, Angela Y (2002), "An efficient k-means clustering algorithm: Analysis and implementation", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*.
- Muhammad Imran (2011), "Colorizing Grey Scale Images", *Dalarna University, Computer Engineering*
- Ronald W. Schafer (2011), "What Is a Savitzky-Golay Filter?", *EEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE*.

AN ADVANCED SEMI AUTOMATIC METHOD TO ARTIFICIAL COLORIZING OF GRAYSCALE IMAGES

Abstract. *The process of colorizing an image manually is an extremely expensive and time-consuming task because each pixel is treated individually. In order to automate and facilitate this process, an advanced semi-automatic method has been developed to perform the coloration of grayscale images using a similar color image as a reference. The method will automatically transfer the chromatic characteristics of the reference image to the grayscale image, but since it is necessary for the user to provide a color image similar to grayscale, the method is still classified as advanced semi-automatic. Both images are divided into K regions according to the similarity of their pixels, then a mapping is done that will indicate which group of the color image will transfer its colors to some other group of the image in grayscale, the mapping, the Chromatic characteristics of the reference image are transferred to the grayscale image.*

Keywords: *Automate, Colorizing, Mapping, Pixel, Similar*