



Estatística em cores: Quantização a partir de métodos de agrupamento

Pedro de Araujo Ribeiro

UFU, FACOM, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

pedro.ribeiro1@ufu.br

Pedro Franklin Cardoso Silva

UFU, FAMAT, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

pedrofranklin@ufu.br

Resumo

Palavras-chave

Quantização de cores.
Agrupamento.
K-médias.

Quantização de cores é uma prática comum em áreas de design gráfico e processamento de imagens. Esta técnica consiste em reduzir a paleta de cores de uma imagem preservando seu formato e atualmente é aplicada com frequência para compactar imagens. No contexto deste trabalho, empregou-se o método de agrupamento K -médias para realizar a quantização, tratando as intensidades RGB dos pixels da imagem como variáveis e atribuindo a grupos de pixels cores específicas de acordo com o centróide de cada aglomerado. Implementou-se esse processo utilizando a linguagem R. Ao aplicar o método para diferentes valores de K , observou-se uma redução no tamanho em disco das imagens resultantes.

1 Introdução

Quantização de cores é uma prática comum em áreas de design gráfico e processamento de imagens que consiste em reduzir a quantidade total de cores de uma imagem mantendo o máximo possível do seu formato original.

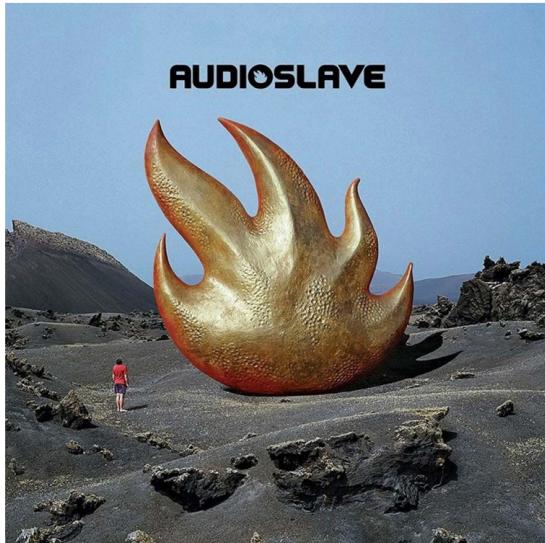


Figura 1: Imagem original (capa do álbum Audioslave) ao lado da imagem quantizada para 20 cores.

Esta técnica é usada com frequência para adequar uma imagem a um display com profundidade de cores menor que o idealizado pelo criador da imagem original ou para reduzir o espaço ocupado pelo arquivo em disco. Há diversos métodos para se atingir uma quantização satisfatória. Um dos métodos mais conhecidos é o agrupamento de pixels através do modelo K -médias. Neste modelo, os pixels são agrupados em K aglomerados e a cor de cada aglomerado será determinada pelo centróide do grupo.

2 Aplicações de quantização

Para melhor compreender o processo de quantização tal como suas aplicações é necessário um entendimento geral de como cores são expressas digitalmente.

2.1 Definição de cores

Uma imagem é, em sua forma mais simples, uma matriz de pixels, onde cada pixel é composto pelas 3 cores primárias vermelho, verde e azul, (referidas de agora em diante pelo seu acrônimo em inglês RGB, significando Red, Green e Blue). Cada cor real será representada por uma combinação diferente de intensidades de RGB.

Displays comerciais modernos possuem, usualmente, 24 bits de cores, significando que cada cor RGB será armazenada em 8 bits e, por consequência, sua intensidade irá variar de 0 a 255 (2^8 intensidades). Sendo assim, tal display é capaz de 16777216 (2^{24}) cores distintas.

Essa lógica se estende para mais ou menos bits de cores. Câmeras de última geração podem atingir 30 ou 36 bits de cor enquanto monitores mais antigos estão restritos a 18, 16 ou até mesmo 8 bits de cor.

2.2 Aplicações reais

Considerando a disponibilidade de displays modernos, a aplicação mais frequente da quantização se tornou a compactação de imagens. Reduzir o espaço em disco de uma imagem ou vídeo é extremamente útil e pode ser observado no dia a dia. A plataforma de vídeos YouTube utiliza de diversos métodos para reduzir o custo de banda larga da transmissão de seus conteúdos, sendo um deles a redução da paleta de cores total de um dado quadro de um vídeo (via Figura 2).



Figura 2: O mesmo vídeo em 1080p e 480p no YouTube

Outra possível aplicação se dá na área de aprendizado de máquina e algoritmos de reconhecimento de imagem. O artigo publicado pela Australian National University "Learning to Structure an Image with Few Colors"[\[1\]](#) aborda com extensivos detalhes os pontos positivos e negativos de quantizar uma imagem antes de aplicá-la em um algoritmo de detecção.

As metodologias e especificidades do estudo fogem do escopo desta análise, porém os resultados dos experimentos são indicativos de que qualquer redução na paleta de cores impacta negativamente a acurácia de um modelo (via Figura 3). Ainda assim, há um ganho referente a simplificação dos dados a serem analisados, o que também leva a tempos de execução mais curtos.

3 K-médias para quantização

Para esta análise uma imagem será representada como uma matriz de pixels P_{ij} onde cada pixel é uma tripla (R_{ij}, G_{ij}, B_{ij}) . Desta forma, o método de agrupamento estatístico K -médias poderá ser aplicado ao tratar cada elemento da tripla como uma variável e cada pixel como uma observação.

De maneira simplificada, o modelo consiste em estabelecer previamente K aglomerados e preenchê-los com observações de tal modo que a variação entre as observações dentro de cada grupo seja a mínima possível. De acordo com [\[2\]](#), as etapas para a realização do agrupamento por K -médias são:

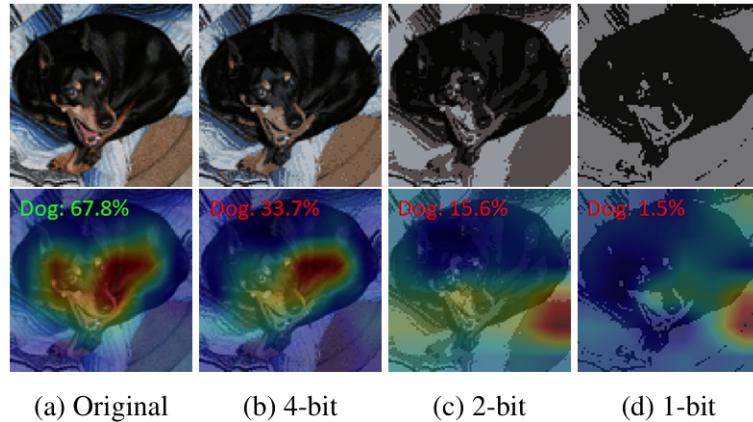


Figura 3: Resultado de um experimento inicial no artigo.

1. Associar de forma aleatória os K grupos às n observações disponíveis.
2. Calcular os centróides dos grupos através da fórmula abaixo, onde cada centróide, tal como os pixels, é uma tripla.

$$C_K = \frac{P_{11} + P_{12} + \dots + P_{ij}}{n}.$$

3. Calcular a semelhança de cada observação em relação aos centróides calculados. Há diversas medidas de semelhança válidas para métodos de agrupamento, porém a mais comum é a distância euclidiana abaixo:

$$d(P_{ab}, P_{ij}) = \sqrt{(R_{ab} - R_{ij})^2 + (G_{ab} - G_{ij})^2 + (B_{ab} - B_{ij})^2},$$

em que $P_{ab} = (R_{ab}, G_{ab}, B_{ab})$ e $P_{ij} = (R_{ij}, G_{ij}, B_{ij})$. A fórmula anterior é válida tanto para distâncias entre observações quanto observações e centróides.

4. Atribuir as observações ao grupo do centróide mais próximo e depois calcular a soma das taxas de variação interna de cada grupo, que se dá a partir da média da soma dos quadrados das distâncias entre todas as observações:

$$\sum_{k=1}^K \frac{1}{|C_k|} \sum_{i,l \in C_k} \sum_{j=1}^p (P_{ij} - P_{lj})^2.$$

5. Repetir as etapas 2 a 4 até que a soma das taxas de variação interna dos grupos pare de mudar a cada iteração, sinalizando que as observações foram agrupadas de tal forma que se minimizou a taxa de variação do conjunto e concluindo o agrupamento.
6. Para todos os pixels de um dado grupo, atribuir a seus valores RGB os valores do centróide do grupo, concluindo assim a quantização.

4 Codificação

A codificação foi realizada na linguagem R de programação e executada no programa RStudio. Abaixo, o código para a quantização de cores de uma imagem a partir do modelo K -médias. No repositório github [3] encontram-se descrições das funções utilizadas tal como as imagens geradas nos experimentos.

```

library(jpeg)
library(dplyr)
library(ggplot2)

imagem <- readJPEG("Audioslave_Album.jpg")
imagemRGB <- tibble(
  x = rep(1:dim(imagem)[2], each = dim(imagem)[1]),
  y = rep(dim(imagem)[1]:1, dim(imagem)[2]),
  R = as.vector(imagem[, , 1]),
  G = as.vector(imagem[, , 2]),
  B = as.vector(imagem[, , 3]))
k <- 2
kMeans <- kmeans(imagemRGB[, c("R", "G", "B")], centers = k, iter.max = 30)
imagemRGB %>% mutate(kColours = rgb(kMeans$centers[kMeans$cluster,])) %>%
  ggplot(aes(x = x, y = y, color = I(kColours))) +
  geom_point(show.legend = FALSE) +
  labs(title = paste("k-Means (k=", k, "cores)")) +
  theme_minimal()

```

5 Experimentos

A metodologia aplicada consistiu em selecionar uma imagem (neste caso, a capa do álbum "Audioslave" do supergrupo musical "Audioslave" lançado em 2002), aplicar a quantização de cores com K -médias para diferentes valores de K e comparar seus espaços em disco.

Foram geradas imagens para $K = 500, 20, 5$ e 2 cores, cada imagem foi exportada com dimensões 1024×1024 utilizando a função Export > Save as Image da plataforma RStudio, garantindo que nenhuma imagem seria menor que as demais por conter menos pixels.

Os resultados encontrados estão na Tabela 1, enquanto as imagens geradas estão na Figura 4:

$K =$	2	5	20	500
<i>Kilobytes :</i>	36	88	197	1110

Tabela 1: Quantidade de cores por espaço em disco

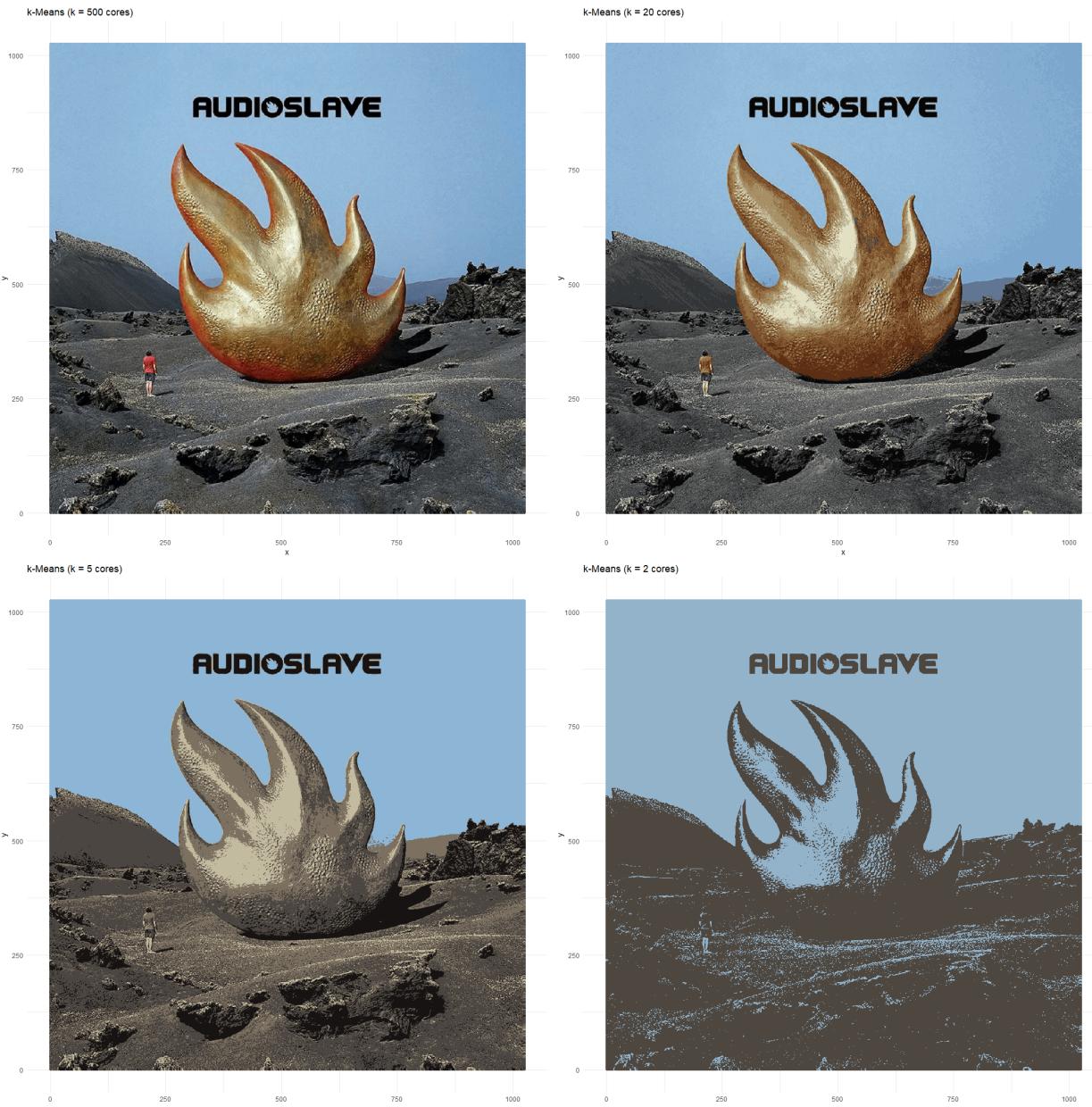


Figura 4: Da esquerda para direita, cima para baixo: 500 cores, 20 cores, 5 cores, 2 cores.

Referências

- [1] HOU, Y; ZHENG, L; GOULD, S; Learning to structure an image with few colors. **IEEX Xplore**, 10116-10125, Australian National University.
- [2] JAMES, G; WITTEN, D; HASTIE, T; TIBSHIRANI, R; **An Introduction To Statistical Learning**. Segunda edição. Springer, 2021.
- [3] RIBEIRO, P. A.; Codificação e explicação das funções do experimento. **Mostra13Quantizacao**. Uberlândia, 2024. Disponível em: <<https://github.com/PedroRibeiroA123/Mostra13Quantizacao/blob/main/Quantizacao%20de%20cores.R>>.