

# Pesquisa de Imagens em Banco de Dados por Semelhança de Cor

EVEREST MATHIAS, AURA CONCI

CAA - Computação Aplicada e Automação - UFF- Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, 156, 24 210 - 240, Niterói, RJ, Brasil  
{mathias,aconci}@caa.uff.br

**Abstract.** In image retrieval based on their color content, the distance between color histograms may be defined as a match measure. However, this measure operates on high dimensional space and is computationally expensive, function of the number of color. Moreover retrieval by color similarity, given a used-sampled image, is particularly challenging, owing to the difficulty to derive a measure that conforms the human perception. The degree of matching achieved on image querying depends on, at least: (1) the number of histogram bins used, (2) the underlying color space and (3) the metric used for histogram matching. This paper describes three different approaches for solving the querying by color similarity problem. Examples from a prototype system illustrate the effectiveness of each approach.

**Keywords:** Color histogram, image database, image retrieval, retrieval by color similarity.

## 1 Introdução

A recuperação de imagens por conteúdo, em bancos de imagens digitais, é baseada na seleção de características visuais significativas como cor, textura e forma. Escolhida determinada característica, uma forma desejável de recuperação é a “*query by sample*”: o sistema deve recuperar um conjunto de imagens com características similares a de uma imagem exemplo. Para cores, o usuário indica uma imagem e o sistema responde mostrando as imagens cujas composições de cores sejam semelhantes. Neste caso, as imagens do banco são selecionadas a partir de um vetor característico, pré-computado para cada imagem, que corresponde a um ponto no espaço multidimensional de cores. Neste trabalho apresentamos uma sistema de pesquisa em banco de imagens através da utilização do histograma ajustado de cada imagem. Visando verificar a influência dos diversos fatores envolvidos na pesquisa, são utilizados dois espaços para descrição da imagens e diferentes métricas para caracterizar a proximidade entre histogramas. Trabalhos que conhecemos na literatura usam uma única metodologia, não se preocupando com a influência dos diversos fatores no resultado da busca, o que dificulta comparações entre as características envolvidas na implementação e o resultado obtido pelo usuário.

## 2 Percepção, Métricas e Similaridade

É bem conhecida a teoria dos três estímulos, segundo a qual a visão colorida é resultante da excitação de três tipos de *cones* fotoreceptores da retina. O espaço de cor *RGB* baseia-se nesta teoria, relacionando a cor a um primeiro estágio do processo de visão do ser humano, a nível da retina. A codificação da percepção neste espaço não é eficiente. A descrição de uma cor é mais intuitiva quando se usam as características *hue* e *saturação* do

espaço *HSV*. Estudos mais recentes mostram que os sinais visuais são transformados em uma codificação mais seletiva de cores a nível do *LGN (lateral geniculate nucleus: células que ficam entre a retina e o córtex)*. Estes estudos mostraram que os eixos de *cores oponentes: yb, rg, wb (yellowblue, redgreen, whiteblack)* são mais adequados para aplicações relacionadas a aspectos psicofísicos por serem lineares perceptualmente. A indexação usada para caracterizar aspectos de cor nas imagens, no processos de recuperação, baseia-se no mapeamento das cores da imagem num espaço discreto contendo *n* cores. Cada imagem é representada pelo seu histograma neste espaço discreto. Estes histogramas são vetores característicos que representam índices do banco utilizado para procura das imagens. O histograma  $H(M)$  é um vetor no espaço *n*-dimensional, onde cada elemento representa o número de pixels na imagem *M*, que é descrito por uma cor. Todas as imagens consideradas tem o mesmo número de pixels ou um processo de normalização será executado no decorrer da indexação. Histogramas com uma única cor, não são de interesse do ponto de vista da indexação, somente imagens com, no mínimo, duas cores serão consideradas, isto é, o histograma deve conter pelo menos dois elementos com contagens diferentes de zero.

A definição de uma métrica no espaço vetorial dos histogramas é necessária para quantificar a semelhança entre os histogramas. Ou seja, dado um parâmetro *t*, dois histogramas são *t-semelhantes* se sua distância for menor ou igual a *t* e *t-diferentes* se sua distância for maior que *t*. Na literatura são usadas principalmente a norma  $L_1$  e a norma  $L_2$  (Euclideana). Uma terceira métrica também usada como distância entre dois histogramas é [Swain--Ballard (1991)]:

$$d(H, I) = \sum_j^n \min(H_j, I_j) / \sum_{j=1}^n I_j$$

Foi observado que: (1) a indexação por histogramas funciona bem quando os histogramas são esparsos, (2) o uso da métrica  $L_1$  provoca o aparecimento de muitos “falsos negativos”, isto é, não recupera todas as imagens cujos histogramas são perceptualmente similares e (3) o uso da métrica  $L_2$ , ocasiona o aparecimento de muitos “falsos positivos” [Stricker (1994)]. Uma solução para estes falsos resultados seria a utilização de uma métrica derivada da  $L_2$ , que leva em conta a similaridade entre as cores nos histogramas. Esta considera que a distância entre as cores do  $j$ -ésimo e  $i$ -ésimo elementos, de um histograma, são multiplicadas por coeficientes, adequadamente escolhidos, em função do quanto um ser humano classificaria como semelhante estas cores no espaço de cor utilizado [Hafner et al. 1995]. Estes coeficientes formam uma matriz  $A$  (positiva, definida) sendo a distância definida por:

$$d_A(H-I) = \sqrt{(H-I) \cdot A \cdot (H-I)^T}$$

### 3 Técnicas Implementadas

Os espaços de cores e as métricas acima comentados foram combinados de modo a fornecerem diferentes formas de recuperação de imagens em bancos de dados. Neste trabalho exemplificamos 3 destas possíveis combinações. A primeira destas, *Tec1*, usa o espaço oponente, indexa cada imagem do banco de dados transformando o histograma  $3D$  real em um histograma  $1D$  com 256 elementos (8 em  $y_b$ , 8 em  $rg$ , 4 em  $w_b$ ) e determina as imagens semelhantes usando  $d_I$ . A segunda técnica, *Tec2*, usa o espaço  $HSV$ , indexa o banco de dados transformando cada histograma  $3D$  real em um histograma  $1D$  com 162 elementos (usando 18 divisões de 20 em 20 graus em  $H$  e 3 divisões, em cada um dos outros eixos  $S$  e  $V$ ) e determina as imagens semelhantes usando a mesma métrica de *Tec1*:  $d_I$ . A última implementação, *Tec3*, é mais complexa: (1) as imagens do banco são pré-indexadas

pelas suas cores médias usando a métrica  $L_2$ ; (2) as imagens são indexadas em  $HSV$  (como em *Tec2*); e (3) a seleção de imagens semelhantes é feita usando a métrica  $d_A$  (com matriz  $A$  definida em função da distância entre as cores no espaço cilíndrico  $HSV$  original). Uma melhor comparação dos resultados obtidos, em cada implementação, pode ser vista experimentando as diversas imagens do banco de dados protótipo disponível em [www.caa.uff.br/~mathias](http://www.caa.uff.br/~mathias). A figura abaixo exemplifica, em cada linha, o resultado fornecido pelo banco de dados protótipo usando cada uma destas técnicas: *Tec1*, *Tec2* e *Tec3*, considerando “sample” a primeira imagem de cada linha. A diferença de resultados obtidos pode ser avaliada em termos do tempo de recuperação e da qualidade da resposta, à consulta ao banco de imagens. Estamos estudando a determinação de quantizadores que auxiliem na avaliação dos resultados.

### Referências

- J. Hafner, H. S. Sawhney, W. Equitz, M. Flickner, W. Niblack, “Efficient Color Histogram Indexing for Quadratic Form Distance Functions”, *IEEE Transactions on PAMI*, Vol. 17, No. 7 (1995), 729-736.
- M. J. Swain, D. H. Ballard, “Color Indexing”, *Intern. J. of Computer Vision*, 7:11 (1991), 11-32.
- M. A. Stricker, “Bounds for the discrimination power of color indexing techniques”, Storage and Retrieval for Image and Video Databases II, *SPIE Proceedings Series* Vol. 2185 (1994), 15-24.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERJ e ao CNPq pelo apoio recebido.

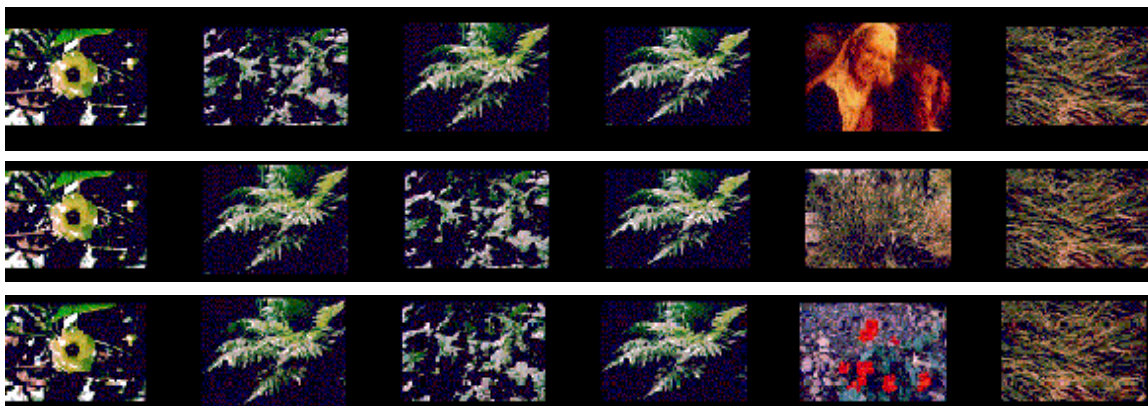


Fig. 1. Um exemplo de comparação entre técnicas implementadas

