

Capítulo 8

Compressão de Imagem

Compressão de Imagem: Definição

Formas de diminuir a área de armazenamento dos dados, reduzindo a quantidade de bits para representar os dados (imagem, texto, ou arquivo qualquer).

Em compressão de imagem define-se como a forma (algoritmos e métodos) de armazenar informações visuais mais compactamente.

8.1. Redundâncias na Imagem

Tipos de redundância em imagens:

De codificação de tons ou cor - quando os níveis de cinza ou as cores de uma imagem são codificados com mais símbolos de codificação do que o necessário.

Inter-pixel - resultantes das relações geométricas ou estruturais entre os objetos na imagem.

Espectral - ocorre em imagens com mais de uma faixa espectral, quando os valores espectrais, para a mesma posição na matriz de *pixels* de cada banda, são correlacionados.

Psicovisuais - relacionadas ao fato do sistema visual humano não responder com a mesma sensibilidade a todas as informações visuais.

8.1.1. Compressão de imagens e modelos de cores

- YIQ (para transmissão de televisão);
- RGB (para monitores de computador colorido); CMY (para impressoras coloridas;
- HSI (*Hue, Saturation, Intensity* ou matiz, saturação, intensidade);
- HSV (*Hue* ou matiz, Saturação e Valor;
- YCBCR - importante para a compressão de imagens (ele é usado no formato de imagens JPEG).

8.1.2. Medição do Desempenho

Medida de desempenho -> taxa de compressão (razão entre o tamanho do dado ou imagem original e o tamanho do dado após a compressão).

Técnicas sem perda: quanto maior a taxa de compressão melhor é a técnica de compressão.

Técnicas com perda: deve-se considerar também a qualidade do sinal ou dado reconstruído.

Crítérios de fidelidade: se a remoção de dados causou perda de informação visual. Podem ser: quantitativos ou subjetivos.

8.1.3 - Critérios de fidelidade objetivos

Funções de avaliação:

- Erro Total.
- Raiz Quadrada do Quadrado da Média dos Erros (Root Mean Square Error - e_{rms}).
- Relação Sinal Ruído (*Signal To Noise Ratio* - SNR_{ms} SNR).
- Relação Sinal Ruído de Pico (*Peak Signal to Noise Ratio* - PSNR).

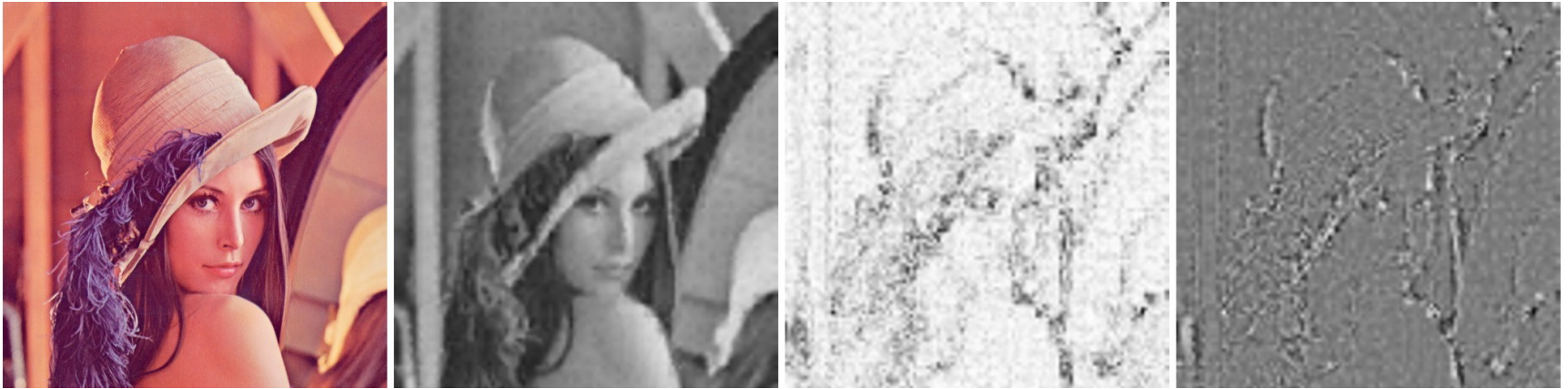


Figura 8.1. (a) imagem Lena original; (b) imagem comprimida e reconstruída usando compressão fractal; (c) imagem de diferença absoluta ampliada e (d) imagem de diferença relativa ampliada

Erro rms= 9,7622

SNR rms 10,4823

PSNR (dB)28,3398

8.1.4 - Critérios de fidelidade subjetivos

Tabela 8.1 – Notas para um critério de avaliação subjetivo usando HDTV.

Valor	Avaliação	Descrição
1	Excelente	Extrema alta qualidade.
2	Muito Bem	Alta qualidade, visualização agradável, a interferência não é desagradável.
3	Passável	Qualidade aceitável. A interferência não é desagradável.
4	Marginal	Qualidade pobre. Você desejaria melhorá-la. A interferência é de alguma forma desagradável.
5	Inferior	Muito pobre, mas ainda assim você poderia vê-la. Desagradável interferência presente.
6	Não Usável	Muito ruim, que não você não conseguiria ver.

8.1.5. Modelos de compressão de imagens

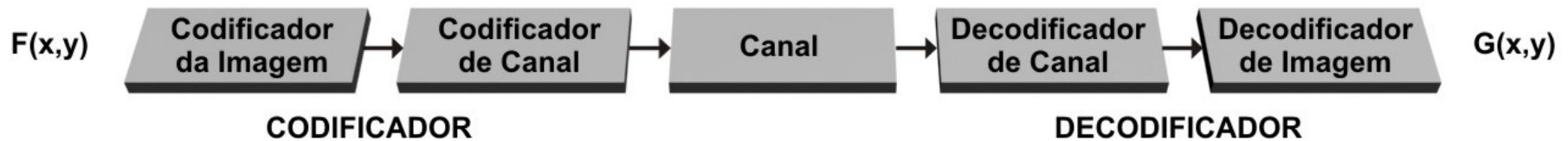


Figura 8.2. Modelo de sistema de compressão genérico de Imagem.



Figura 8.3. Etapas do codificador da imagem original ou fonte



Figura 8.4. Etapas do decodificador do arquivo para imagem

8.2. Métodos de Compressão de Imagem

1. Compressão sem perda ou codificação de redundância
2. Compressão com perda

8.2.1. Compressão sem Perda

- Explora a redundância entre *pixels* na codificação.
- Nenhum dado é perdido durante o processo de compressão.
- Preserva todas as informações que permitirão a reconstrução exata da imagem.
- Exemplos: RLE (*Run Length Encoding*), LZ (*Lempel Ziv*), LZW (*Lempel Ziv Welch*), algoritmo de Huffman (usadas nos formatos: PCX, PNG, GIF, TIFF).

8.2.2. Compressão com Perda

- Há perda de dados durante a compressão da imagem.
- É mais eficiente em relação à área final de armazenamento devido à sua razão de compressão ser maior que a sem perda.
- Em aplicações de sinal de satélite ou dados de imagens médicas, entre outras, muitas vezes não é admissível compressão com perda.
- Diferentes formas de compressão com perda causam visualmente diferentes degradações na imagem.

8.2.3. Porque pode haver perda de dados

- Métodos e algoritmos de compressão eficientes devem levar em conta as características da visão humana.
- Obtem-se um arquivo comprimido de menor dimensão, mantendo, no entanto, a qualidade aceitável em relação ao original, conforme o objetivo que se pretende.
- Os erros e falhas, causados pela compressão com perda de dados, que sejam perceptíveis para os sistemas visual e auditivo humano são conhecidos por artefatos de compressão (*compression artifacts*).

8.2.4. Compressão Simétrica versus Assimétrica

Classificação quanto ao tempo de compressão e descompressão.

Compressão simétrica: Transformadas de *Wavelets* (WT) e Transformadas de Cossenos (DCT, do inglês, *Discrete Cosine Transform*), onde o tempo de compressão é igual ao de descompressão.

Compressão assimétrica: fractal, onde o tempo de compressão é bem maior que o tempo de descompressão.

8.4.1. Teoremas fundamentais da codificação

1. Codificação sem ruído.
2. Codificação com ruído.
3. Codificação da fonte.

Também denominados como primeiro e segundo teoremas de Shannon (Shannon, 1948) respectivamente.

8.4.3. Teorema da codificação ruidosa

Segundo teorema de Shannon: considera que o canal de comunicação tem erro e para solucionar este problema trabalha com a repetição da palavra com o objetivo de tornar o erro o menor possível.

Para uma razão de mensagem codificada R menor que a capacidade do canal C com matriz Q , a probabilidade de erro pode ser feita arbitrariamente pequena, a medida que a razão de mensagem codificada for menor que a capacidade do canal.

8.4.4 Teorema da codificação da fonte

Trata o problema quando o processo de codificação é que introduz erro e não o canal de informação.

8.5 Métodos de Codificação sem perda

8.5.1. Codificação de Huffman

8.5.2. Codificação por LZW

8.5.3. Codificação por LZ77

8.5.4. Codificação por Código de Tons Corridos - RLE

8.5.1. Codificação de Huffman

A redundância de codificação é eliminada com base numa codificação que produz um código de tamanho variável, atribuindo os códigos de tamanhos menores aos níveis de cinza mais prováveis de ocorrer.

Duas etapas:

1. Cria-se uma série de reduções dos símbolos através da junção dos dois de menores probabilidades a cada iteração.
2. Codificam-se todos os símbolos que foram reduzidos começando com o de maior probabilidade que será associado ao menor código e voltando para os originais.

Exemplo: imagem de tamanho 10x10 e 6 tons de cinza (a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6), tendo as seguintes probabilidade de ocorrência: 5/8 de a_1 ; 3/32 de a_2 e a_3 , 1/32 de a_6 e a_4 , e 1/8 de a_5 .

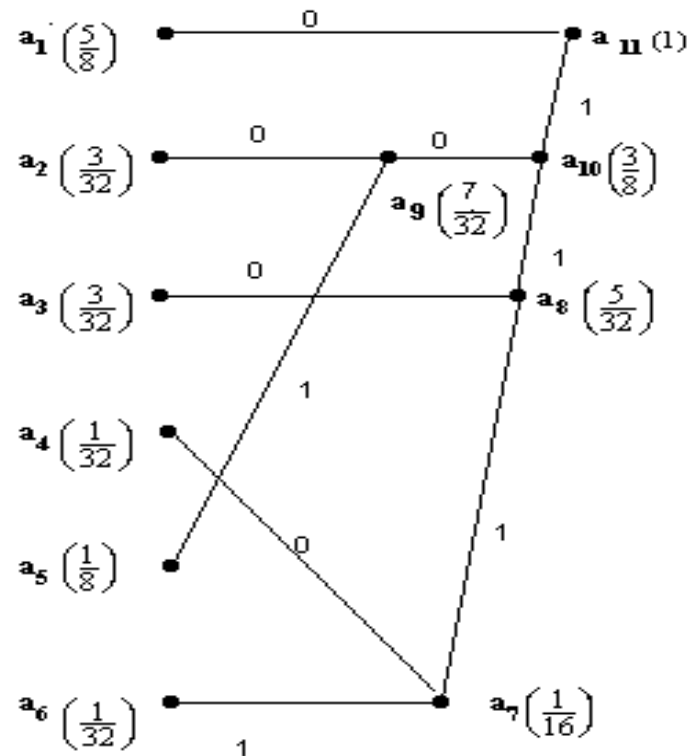


Figura 8.7 Primeira etapa da codificação de Huffman.

Tabela 8.3 - Segunda etapa da codificação de Huffman para as probabilidades das palavras mostradas na figura 8.7.

Informação	Probabilidade	Código
a_1	$5/8=20/32$	0
a_{10}	$3/8=12/32$	1
a_9	$7/32$	10
a_8	$5/32$	11
a_5	$1/8=4/32$	101
a_2	$3/32$	100
a_3	$3/32$	110
a_7	$2/32$	111
a_4	$1/32$	1110
a_6	$1/32$	1111

Para transmitir essa informação obtém uma taxa média de:

$$(5/8)*1+ (3/32)*3+ (3/32)*3+ (4/32)*3+ (1/32)*4+ (1/32)*4=$$

$$1,813 \text{ bits/informação}$$

8.5.2.Codificação por LZW

Faz uso de um dicionário de palavras contendo os símbolos que serão codificados.

8.5.3. Codificação por LZ77

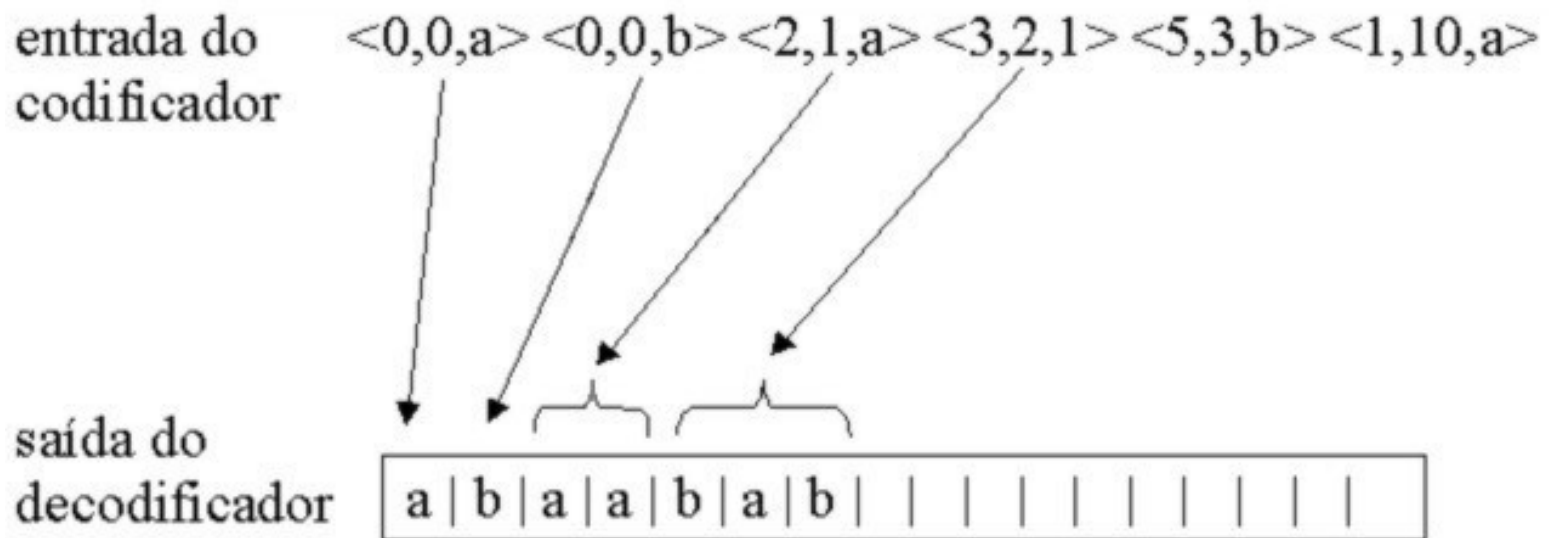


Figura 8.9. Algoritmo LZ77

8.5.4. Codificação por Código de Tons Corridos - RLE

- É a representação de cada linha de uma imagem por seqüências que descrevam trechos de *pixels* contínuos no mesmo tom.
- Na compressão por *pixels* consecutivos iguais (RLE), o número de *pixels* iguais e a cor destes são os valores a serem codificados e armazenados.
- É usada em algoritmos diferentes nos formatos de imagem PCX e BMP nas opções desses que usam tabelas de cores.

8.7. Compressão Fractal

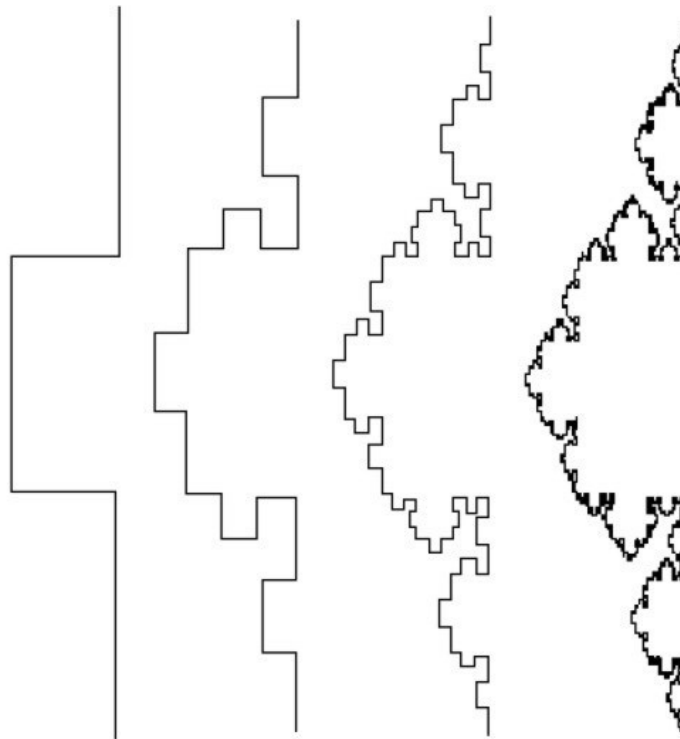
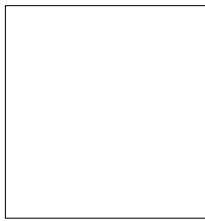
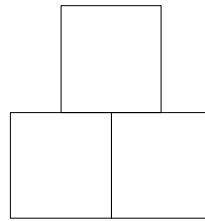


Figura 8.10. Curva de Koch

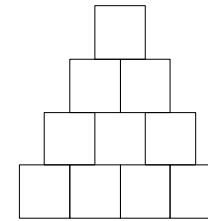
8.7.1 Comprimindo Imagens com a Geometria Fractal



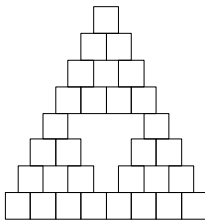
1ª iteração



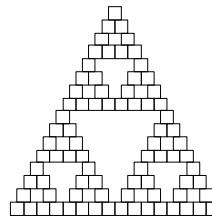
2ª iteração



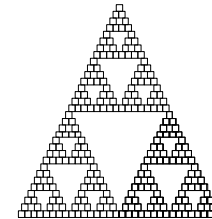
3ª iteração



4ª iteração



5ª iteração



6ª iteração

Figura 8.11 - Triângulo de Sierpinski

8.8.1. Perspectiva Histórica

Wavelets são conjuntos de funções matemáticas que são usadas para representar dados ou outras funções.

8.9. Padrões de Compressão de Imagem

8.9.1. GIF

8.9.2. PNG

8.9.3. JPEG

8.9.4. JPEG2000

8.9.5. MJPEG

8.9.6. BMP

8.9.7. Formato PCX

8.9. Padrões de Compressão de Imagem

Tabela 8.9 – Comparação entre alguns formatos de arquivos de imagens

Formato	Sistema de Cor	Compressão
GIF	RGB com tabela de até 256 cores	LZW
TIFF	RGB*, CMYK, YCbCr, Lab, Luv	RLE, LZW, JPEG, JBIG, Huffman ou nenhuma e outros
JPEG	RGB, YC _b C _r , CMYK	DCT , Huffman
PCX	RGB*	RLE
BMP	A BGR*	RLE ou nenhuma
TGA	RGB*	RLE ou nenhuma
PNG, MNG	RGBA (alfa em 256 tons)	LZ77 + Huffman = deflate
JPEG2000	RGB, YC _b C _r ,	DWT (<i>wavelets</i>) ou nenhuma

8.9.1. GIF

- GIF (Graphics Interchange Format) - usa o algoritmo LZW.
- Pode armazenar mais de uma imagem no arquivo (animações).
- Armazena apenas imagens em cinza ou RGB com tabelas de 256 cores ou menos.
- **Assinatura ‘GIF’**: A assinatura é ‘GIF’ + ano/versão.

8.9.1.1. Formato Geral de Arquivos 'GIF'

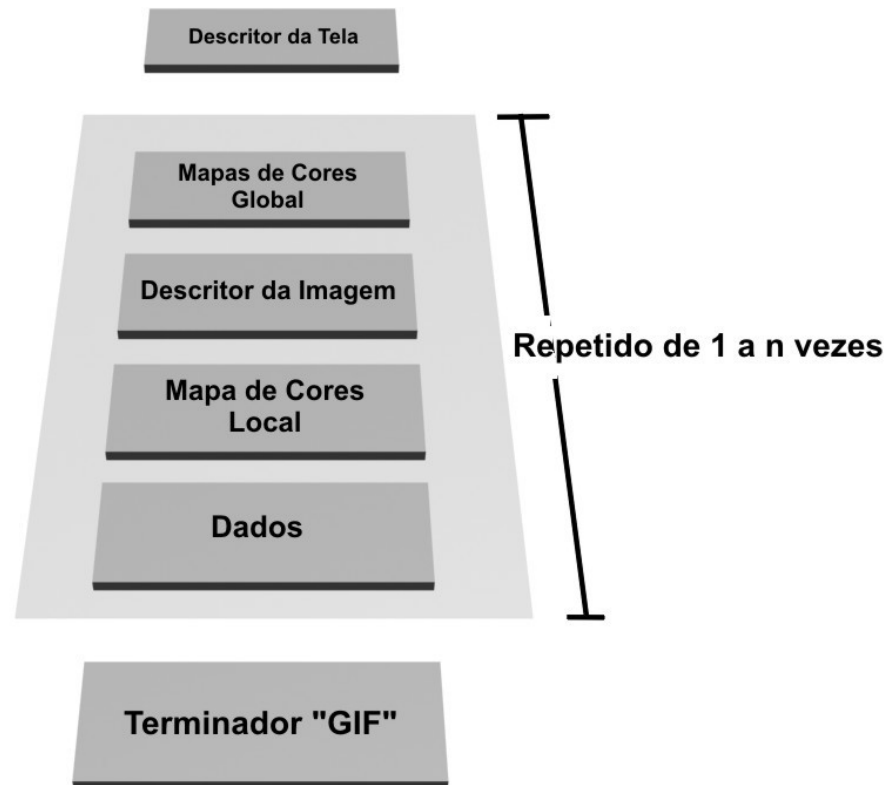


Figura 8.42 - elementos principais do formato

8.9.1.2. Descritor de Tela



Figura 8.43- Campos descritores da tela virtual.

8.9.1.3. Mapa de Cores Global

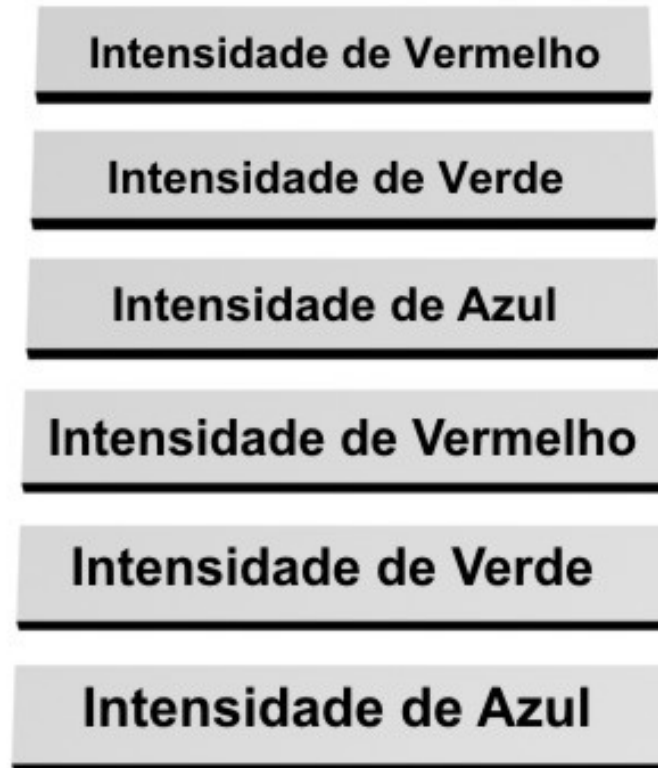


Figura 8.44 - Formação das cores na tabela de cores global.

8.9.1.4. Descritor da Imagem

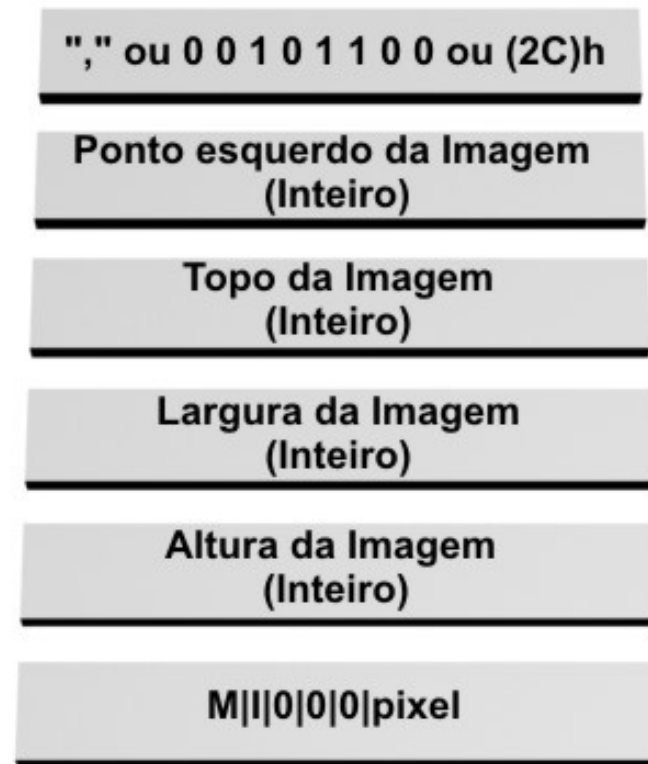


Figura 8.45 - Descritor de imagem.

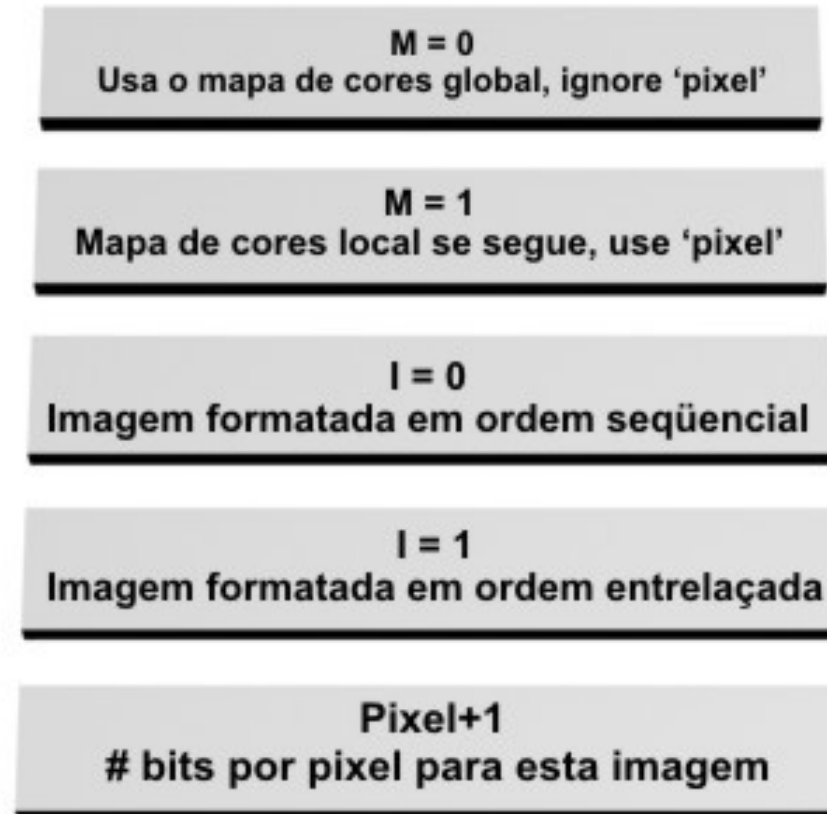


Figura 8.46 - Significado dos bits do ultimo byte do descritor da imagem - versão 87^a.

8.9.1.5. Mapa de Cores Local

- É opcional.
- Se o bit ‘M’ do byte 10 do descritor da imagem estiver “ligado”, logo um mapa de cores se segue ao descritor da imagem.

8.9.1.6. Dados da imagem

Linha	Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4	Resultado
0	**1a**				**1a*
1				**4a**	**4a**
2			** 3a**		**3a**
3				**4b**	**4b**
4		**2a**			**2a**
5				**4c**	**4c**
6			**3b**		**3b**
7				**4d**	**4d**
8	**1b**				**1b**
9				**4e**	**4e**
10			**3c**		**3c**
11				**4f**	**4f**
12		**2b**			**2b**

8.9.2. PNG

- PNG (Portable Network Graphics) - usa uma variação do algoritmo Lempel-Ziv 77 e também compressão Huffman , depois da compressão LZ, numa forma denominado LZH ou de Deflate/Inflate.
- PNG com animação é conhecido como MNG (Multiple Image Network Graphics).
- PNG surgiu em 1996 como substituto para o formato GIF.
- Permite comprimir as imagens sem perda de qualidade com muitas cores.

8.9.3. JPEG

- JPEG (Joint Photographic Experts Group) - compressão com perdas.
- Permite o uso de até 2^{24} 16 milhões de cores.
- O tamanho dos seus arquivos de imagens costuma ser bem pequeno.
- Usa a compressão DCT (e depois Huffman).
- Permite gravar imagens sem usar tabelas de cores usando toda a informação de Tons de Cinza ou RGB.
- A compressão é realizada em três passos: computação; quantização; atribuição do código de tamanho variável.



Figura 8.47 – Imagem Mac em JPG com 75% de compressão e 10%.



JPEG



GIF

Figura 8.48 – Comparando GIF com JPEG.

O processo de compactação JPEG é composto das seguintes fases:

- A imagem é dividida em blocos de 8x8 *pixels* e em cada um destes blocos é calculada a DCT (discrete cosine transform);
- Os coeficientes gerados pela DCT são quantizados e alguns coeficientes até eliminados.
- Na última etapa a codificação de Huffman é aplicada aos coeficientes quantizados.

8.9.4. JPEG2000

- JPEG 2000 é um formato de codificação de imagem que usa técnicas de compressão *wavelets*.
- Foi criado em 1999 utilizando métodos de lógica nebulosa para criar os dados de origem.
- Pode compactar até 90% do arquivo original sem perder a qualidade de imagem,

8.9.5. MJPEG

- O MJPEG (“motion-JPEG”) - comprime na forma JPEG cada quadro de vídeo antes da transmissão.
- Não usa compressão inter-quadro.
- Escolhe automaticamente a taxa de quadro vídeo, baseado no codec usado (NTSC, PAL, SECAM, etc).

8.9.5.1. MPEG-1

- MPEG (Motion Pictures Experts Group) arquiva a imagem em três estágios: redução da banda passante, compressão com perda, e o estágio final uma compressão com menos perda.
- O algoritmo de compressão é baseado em duas técnicas básicas: “block based motion compesation” e domínio da transferência (Transformada Discreta do Cosseno).
- O MPEG-1 é o padrão original do MPEG e é capaz de codificar áudio e vídeo a uma taxa de 1,15 MB/s.
- O MPEG define três níveis ou camadas de compressão para áudio.

8.9.5.2. MPEG-2

- É um padrão de compactação de maior qualidade.
- Pode ser utilizado em transmissões a taxas de 4 a 9 MB/s.
- Uma versão modificada do MPEG-2 é usada pelo padrão HDTV e também nos DVDs.

8.9.5.3. MPEG-4 e derivados

- MPEG 4 e seus derivados (DiVX, XViD, etc.) são os mais usados atualmente.
- Podem oferecer qualidade semelhante à MPEG-2 sem ocupar tanto espaço.

8.9.6. BMP

- BMP foi desenvolvido pela Microsoft.
- É o formato nativo de mapa de bits do Windows (a partir da versão 3.00).
- Sua estrutura possui simplicidade.

8.9.6.1. Plataformas de utilização do formato BMP

- Projetado para sistemas operacionais que rodem sobre a plataforma INTEL (windows, linux, etc).
- Em outros tipos de arquiteturas como, por exemplo, Macintosh, deve ser usado outro formato mais adequado (PCX, GIF, TIFF etc).

8.9.6.2. Forma de armazenamento de arquivos BMP: DIB

- São armazenados no formato DIB (Device-Independent Bitmap).
- Permite exibir a imagem em qualquer dispositivo; ou seja o bitmap especifica a cor do *pixel* numa forma independente do método usado pelo dispositivo para representá-la.
- O BMP usa Formato Posicional, onde o significado do byte depende de sua posição no arquivo.

8.9.6.3. Versões de BMP quanto à quantidade de cor

- Podem ser classificados conforme a quantidade de bits para representar 1 *pixel* (bit/*Pixel*).

1 bit/*pixel* ($2^1=2$ cores),

4 bits/*pixel* ($2^4=16$ cores),

8 bits/*pixel* ($2^8=256$ cores),

24 bits/*pixel* (*true color* com até $2^{24}=16$ milhões de cores),

32 bits (*true color* com até $2^{32}= 4$ bilhões de cores).

8.9.6.4.RLE

- Arquivos formato BMP podem, nas versões de 4 e 8 bits/*pixel*, utilizar a compressão RLE (Run Length Encoded)
- A técnica de compressão RLE é usada neste formato somente até 256 cores

8.9.6.7 . Estrutura geral do formato BMP

- a) Cabeçalho de arquivo: Contém a assinatura BM e informações sobre o tamanho e lay-out do arquivo BMP.
- b) Cabeçalho de mapa de bits: Contém as informações da imagem contida no arquivo.
- c) Paleta ou mapa de cores (opcional): Somente estará presente em arquivos de imagens que usam 16 ou 256 cores.
- d) Área de dados da imagem contida no arquivo: Dados que permitem a exibição da imagem propriamente dita, o dados dos *pixels* a serem exibidos.

8.9.7. Formato PCX

- Tornou-se popular com a distribuição do PC Paintbrush.
- É utilizado pela maioria dos scanners, programas de editoração eletrônica e fax.
- Utiliza a compressão RLE (Run Length Encoding).
- Os primeiro 128 bytes de um arquivo PCX constituem o cabeçalho ou HEADER.