

CODIFICAÇÃO ADAPTATIVA DE IMAGENS MONOCROMÁTICAS

Adalbery Rodrigues Castro¹ e Evaldo Gonçalves Pelaes²

Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará^{1,2}

Email: adalbery@canal13.com.br¹ - evaldo_pelaes@yahoo.com.br²

Resumo – Este artigo apresenta uma técnica de codificação adaptativa de imagens monocromáticas, que utiliza a classificação dos blocos de tamanho $N \times N$, de acordo com a energia AC de cada bloco transformado, gerando K classes com igual número de blocos por classe. A tabela de alocação de bits neste método é determinada pela regra da log-variância, utilizando-se um único bloco formado de K sub-blocos de tamanho $N \times N$, cada um pertencente a uma classe. O método é aplicado utilizando a Transformada Co-seno Discreta (DCT) e a Lapped Orthogonal Transform (LOT), com quatro classes distintas e usando quantização uniforme, gaussiana e laplaciana, com blocos de tamanho 8×8 . Os resultados foram comparados com os obtidos com imagens codificadas sem a classificação, para taxas de 0.25 a 5 bpp (bit por pixel), mostrando uma vantagem de até 7 dB na SNR.

Abstract - This paper presents an adaptive coding of monochrome images technique, that uses the classification of the $N \times N$ size blocks, in agreement with the AC energy of each transformed block, generating K classes with the same number of blocks for class. The bits allocation table in this method is determined by the log-variance rule, using an only block formed of K sub-blocks of size $N \times N$, each one belongs for one class. The method is applied by the use of Discrete Cosine Transform (DCT) and Lapped Orthogonal Transform (LOT), with four different classes and using Uniform, Gaussian and Laplacian quantization, with 8×8 size blocks. The results were compared with those obtained from coded images without the classification, for rates of 0.25 to 5 bpp (bit per pixel), showing an advantage of 7 dB in SNR.

I. INTRODUÇÃO

A codificação digital de uma imagem significa representá-la como uma seqüência de bits de forma que possa ser armazenada ou transmitida por um equipamento digital. Diversas técnicas foram desenvolvidas e são estudadas para codificação com perdas e sem perdas de imagens monocromáticas ou coloridas. Com estes estudos, deseja-se obter uma codificação de imagens que necessite de uma menor quantidade de bits para a representação da imagem, sem que isto afete significativamente a sua qualidade. Isto é motivado principalmente pela crescente necessidade de se armazenar imagens em locais de capacidades limitadas ou transmitir imagens digitalizadas por um canal de largura de banda também limitada.

Existem dois termos muito utilizados em codificação de imagens: compressão sem e com perdas. Na compressão sem perdas a imagem é codificada de forma que, ao ser feito o procedimento inverso, a decodificação, a imagem reconstruída será igual à original. Na compressão com perdas se deseja explorar a correlação entre os pixel da imagem, por isto, os procedimentos são geralmente realizados em um domínio transformado, usando-se transformadas tais como a Transformada Co-seno Discreta (DCT) ou a Lapped Orthogonal Transform (LOT), entre outras. A imagem reconstruída, após a

decodificação da imagem comprimida com perdas, não é exatamente igual à original, mas com pequenas diferenças que normalmente são imperceptíveis ao olho humano. A Figura 1 mostra um diagrama de blocos de um sistema típico de codificação e decodificação de imagens usando transformadas.

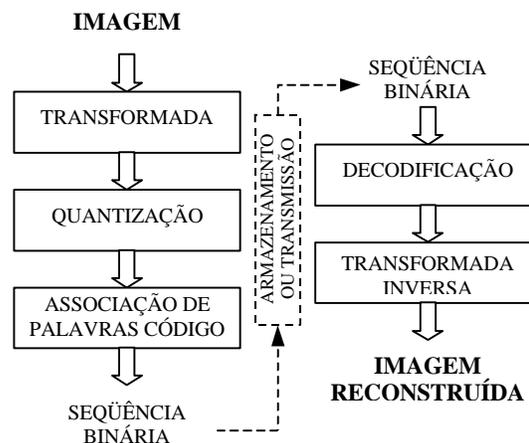


Figura 1 – Diagrama de blocos de um codificador e decodificador usando transformadas.

Para reconstituir a imagem, é realizado o processo inverso, isto é, os coeficientes quantizados são reconstituídos a partir da seqüência de bits e a transformada inversa é aplicada sobre estes coeficientes, obtendo-se a imagem reconstruída semelhante à original, apresentando erro devido à quantização, já que a codificação de canal não introduz erro no processo. Este erro é normalmente medido de duas formas: a) forma subjetiva: um observador verifica a imagem original e a imagem reconstruída depois do processo, tentando localizar possíveis distorções introduzidas na imagem e; b) forma objetiva: onde é calculada a relação sinal-ruído (SNR) ou a relação sinal-ruído de pico (PSNR) entre imagem original e reconstruída.

II. TRANSFORMAS: DCT E LOT

As transformadas têm sido intensamente usadas em processamento digital de sinais e processamento digital de imagens. A aplicabilidade das mesmas tem crescido consideravelmente nos últimos anos e este fato tem incentivado o aparecimento de novas técnicas de transformação. Em processamento de imagens, as imagens são geralmente divididas em blocos e a transformação é aplicada independentemente em cada bloco, bem como a quantização dos coeficientes transformados além de outros processamentos que venham a ser realizados no domínio transformado. O esforço computacional é reduzido com a utilização de blocos, pois permite a implementação de algoritmos mais eficientes para o cálculo das transformadas. Em uma imagem de tamanho $M \times M$ pixel, terá:

$\frac{M^2}{N^2}$ blocos de tamanho $N \times N$, onde $\frac{M}{N}$ deve ser um inteiro.

Lapped Orthogonal Transform (LOT)

A Lapped Orthogonal Transform (LOT) foi desenvolvida para reduzir o efeito de blocos, esta transformada utiliza o princípio da superposição de blocos para reduzir este efeito nas imagens reconstruídas. Por isso, esta transformada não pode ser aplicada em uma seqüência discreta constituída apenas de um bloco, sendo necessário que a seqüência seja dividida em m blocos ($m \geq 2$) para que seja aplicada a LOT [1].

A LOT X de um bloco x é dada por:

$$X = P^T x \quad (1)$$

Onde P é a matriz LOT de tamanho $2M \times M$, cujas colunas são formadas por funções bases e x é um bloco estendido de comprimento $2M$, obtido a partir de uma seqüência $x[n] = [\dots x(-1) \cdot x(0) \cdot x(1) \cdot \dots]$. Portanto x é dada por:

$$x = [x(mM-2M+1) \ x(mM-2M+2) \dots x(mM-1) \ x(mM)]^T \quad (2)$$

Onde m é o índice do bloco.

A transformada inversa é dada por:

$$x = PX \quad (3)$$

Onde P é o operador da transformada inversa.

B. Transformada Co-seno Discreta (DCT)

A Transformada Co-seno Discreta (DCT) utilizada na transformação de imagens neste trabalho é a do tipo-II (DCT-II), que é a mais utilizada por apresentar melhor desempenho em relação às outras versões, quando são aplicadas na codificação de imagens. A DCT-II é aplicada em blocos de tamanho $N_1 \times N_2$. Assim o par de transformadas (direta e inversa) para a DCT-II de um bloco de tamanho $N_1 \times N_2$ da imagem $x[n_1, n_2]$, é dada por:

$$X[k_1, k_2] = \frac{2}{\sqrt{N_1 N_2}} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} x[n_1, n_2] \cdot \cos \frac{\pi}{N_1} k_1 \left(n_1 + \frac{1}{2} \right) \cos \frac{\pi}{N_2} k_2 \left(n_2 + \frac{1}{2} \right) \quad (4)$$

sendo: $0 \leq k_1 \leq N_1 - 1$, $0 \leq k_2 \leq N_2 - 1$

$$x[n_1, n_2] = \frac{2}{\sqrt{N_1 N_2}} \sum_{k_1=0}^{N_1-1} \sum_{k_2=0}^{N_2-1} w_1(k_1) w_2(k_2) X[k_1, k_2] \cdot \cos \frac{\pi}{N_1} k_1 \left(n_1 + \frac{1}{2} \right) \cos \frac{\pi}{N_2} k_2 \left(n_2 + \frac{1}{2} \right) \quad (5)$$

sendo: $0 \leq n_1 \leq N_1 - 1$, $0 \leq n_2 \leq N_2 - 1$

onde:

$$w_1[k_1] = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k_1 = 0 \\ 1, & 1 \leq k_1 \leq N_1 - 1 \end{cases} \quad (6)$$

$$w_2[k_2] = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k_2 = 0 \\ 1, & 1 \leq k_2 \leq N_2 - 1 \end{cases}$$

A Figura 2 mostra os valores das amostras de intensidade luminosa de um bloco de tamanho 8×8 pixel retirado da figura da Lena, que possui 512×512 pixel.

A Figura 3 mostra os valores da Figura 2 transformados (DCT), ou seja, no domínio da freqüência.

O valor que se encontra na extremidade superior esquerda (864.3) é chamado coeficiente DC e os demais valores são chamados coeficientes AC. É perceptível que o coeficiente DC se destaca, em módulo, dos coeficientes AC.

O interesse pela aplicação da DCT na compressão de imagem se dá justamente pelo fato de que poderemos desprezar os coeficientes com valores muito inferiores do valor do coeficiente DC, armazenando ou transmitindo apenas os coeficientes que possuem valores não desprezíveis quando comparados ao valor do coeficiente DC.

103	104	104	105	107	113	109	104
103	104	114	107	108	111	109	108
103	108	106	105	108	109	112	112
101	104	107	105	109	109	107	112
106	101	105	107	107	110	109	110
108	107	105	108	106	108	110	113
109	110	107	113	112	112	110	112
109	111	110	115	109	110	108	108

Figura 2 - Amostra de valores de intensidade luminosa de uma imagem.

864.3	-12.48	-2.78	-0.31	-1.37	-0.27	2.10	-2.17
-8.69	-5.03	-1.58	1.27	-6.39	-0.95	2.91	4.13
4.68	6.18	-4.56	1.91	-2.48	1.61	-1.07	-2.45
-3.38	-1.39	1.81	4.22	1.31	2.39	1.00	-1.08
-4.87	0.31	-2.83	2.35	0.37	0.73	1.31	-1.01
0.38	-2.25	0.53	2.06	0.86	-3.79	-2.83	-1.38
-2.07	-0.13	4.42	0.76	-0.45	-0.13	-3.68	-1.66
0.87	-1.19	0.52	3.44	0.52	1.11	-1.80	-0.90

Figura 3 - Valores transformados com o uso da DCT.

O nível DC representa o brilho ou claridade média, pode-se interpretar como uma média da intensidade luminosa dos pixels do bloco. O nível AC representa nível de atividade do bloco, por exemplo, um bloco que possui muitos detalhes ou grandes variações nas intensidades dos pixel, terá um nível AC também elevado. Neste trabalho é feita uma classificação dos blocos segundo o nível de energia AC dos blocos.

A energia AC de um bloco é definida como [2]:

$$E = \sum_{k_1=0}^{N_1-1} \sum_{k_2=0}^{N_2-1} [X(k_1, k_2)]^2 - [X(0,0)]^2 \quad (7)$$

III. CODIFICAÇÃO ADAPTATIVA DA IMAGEM

A. Classificação dos blocos segundo a energia AC

Os blocos transformados possuem um nível de energia AC, conforme a Equação 7. Estes blocos podem ser classificados segundo este nível de energia. Diversos critérios de classificação podem ser aplicados. Neste trabalho, foram escolhidas 4 classes. As classes possuem números iguais de blocos de tamanho 8×8 pixel.

Primeiro, é calculada uma matriz de tamanho $(M/N) \times (M/N)$, que representa o número de blocos que possui a imagem, onde cada elemento da matriz possui a energia AC calculada de um determinado bloco; segundo, esta matriz é organizada na forma

de um vetor, que em seguida, é organizado de forma crescente segundo o valor da energia AC dos blocos transformados. Foram realizados os cálculos com a figura da Lena, resultando em 4096 (64x64) blocos de tamanho 8x8 pixel. A Figura 4 mostra este vetor com 4096 valores plotados, onde o eixo vertical representa o nível de energia.

Cada classe possuirá $4096/4=1024$ blocos. A primeira classe possuirá os primeiros 1024 blocos de menor energia; a segunda classe possuirá os próximos 1024 blocos e assim sucessivamente até a quarta classe possuir os últimos 1024 elementos, que são os de maior energia. Se observarmos apenas os blocos da primeira classe, veremos que possuem pouca ou nenhuma variação, em oposição, se observarmos elementos da quarta classe, veremos os blocos com bastante variação que são justamente aqueles que armazenam detalhes da imagem, como por exemplo, bordas ou contornos.

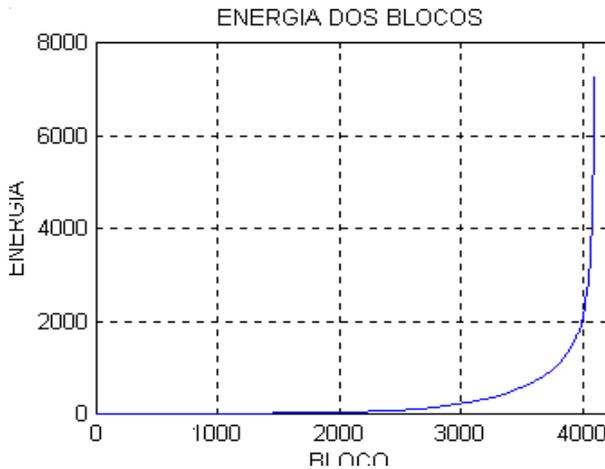


Figura 4 - Energia dos blocos.

A Figura 5 (a) mostra, como exemplo, 16 blocos da primeira classe, onde se notam poucas variações. A Figura 5 (b) mostra 16 blocos da quarta classe, onde se notam grandes variações em um bloco.

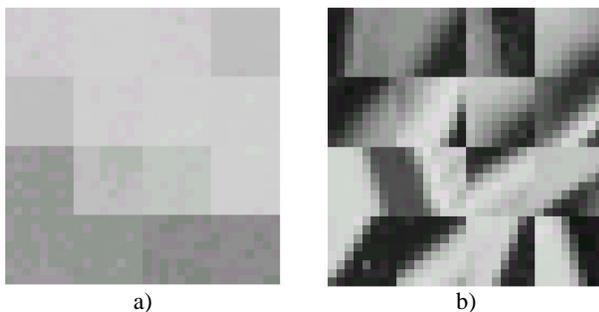


Figura 5 - Exemplos de blocos: a) baixa frequência, b) alta frequência.

B. Quantização e alocação de bits

Os níveis de cinza que representam a intensidade dos pixels de uma imagem são, em geral, representados por oito bits, isto é, são inteiros entre 0 e 255. Quando uma imagem é transformada, os coeficientes gerados são números reais, podendo assumir uma infinidade de valores dentro de um dado intervalo. Esses

coeficientes precisam ser representados por um número finito de bits, ou seja, precisam ser quantizados.

A quantização é o processo utilizado para representar dados amostrados em números finito de níveis. Pode ser de dois tipos: vetorial e escalar. A quantização vetorial não foi utilizada neste trabalho.

Quantização Escalar: quantiza cada amostra de informação independentemente. A quantização escalar é classificada como: a) Quantização Escalar Uniforme: é uma forma simples de representar uma dada variável X . Neste caso, o número de níveis possui o tamanho de passo de quantização (espaçamento entre si) constante; b) Quantização Escalar Não-Uniforme: não possui o passo de quantização constante. O projeto de um quantizador não uniforme corresponde a construção de tabelas baseadas em funções densidade de probabilidade (fdp) da variável X . Estas funções podem ter distribuições gaussianas, laplacianas ou outras, mas neste trabalho, utilizou-se a quantização uniforme e a quantização não uniforme gaussiana e laplaciana.

Em geral usa-se como critério de distorções introduzidas pelo quantizador o erro quadrático médio. O quantizador baseado no critério de minimização de distorção do quantizador é referido muitas vezes como Quantizador Lloyd-Max.

Os coeficientes (DC e AC) dos blocos transformados são quantizados, de modo que aqueles que têm menor variância serão quantizados com menor número bits e os coeficientes com maior variância serão quantizados com maior número de bits. Esse é um dos pontos básicos para se obter um bom desempenho na codificação de imagens.

C. Método de alocação adaptativa proposto

De posse dos coeficientes transformados de uma imagem de tamanho $M \times M$, classificados em quatro classes e divididos em blocos de tamanho $N \times N$, agrupa-se um bloco de cada classe, formando um único bloco de tamanho $2N \times 2N$, em seguida, os coeficientes na mesma posição e mesma classe são enfileirados, obtendo-se um total de $(2N)^2$ vetores, $c_{i,j}$, $i, j = 0, 1, 2, \dots, 2N-1$, de comprimento $n = (M^2/N^2)/4$. Em seguida, determina-se as variâncias $\sigma_{i,j}^2$, $i, j = 0, 1, 2, \dots, 2N-1$, para cada um dos vetores, que corresponde à variância para cada coeficiente transformado $c(i,j)$ do bloco. A Figura 6 ilustra o procedimento de agrupamento desses vetores.

Devido à propriedade de compactação de energia, alguns coeficientes transformados retêm a maior parte da energia; certamente que esses coeficientes devem ser quantizados com uma taxa de bpp maior que os outros coeficientes que carregam uma menor parcela de energia. A variância de cada coeficiente serve, então, como parâmetro para se alocar as taxas de bpp para cada coeficiente. Dado um bloco com $N^2 = N \times N$ coeficientes transformados e uma taxa média de R bpp, tem-se um total de $N^2 R$ bits por bloco. Deve-se então determinar o número de bits $B(i,j)$, $i, j = 0, 1, 2, \dots, N-1$ para cada coeficiente transformado de modo que satisfaça a Equação 8.

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} B(i, j) = N^2 R \quad (8)$$

A estratégia ótima é atribuir uma maior taxa aos coeficientes transformados com maior variância de modo que o erro médio quadrático seja minimizado. Isso é um problema de otimização cuja solução é conhecida como regra da log-variância. Assim o número de bits $B(i,j)$, $i, j = 0, 1, 2, \dots, N-1$, para os coeficientes transformados é dado pela Equação 9.

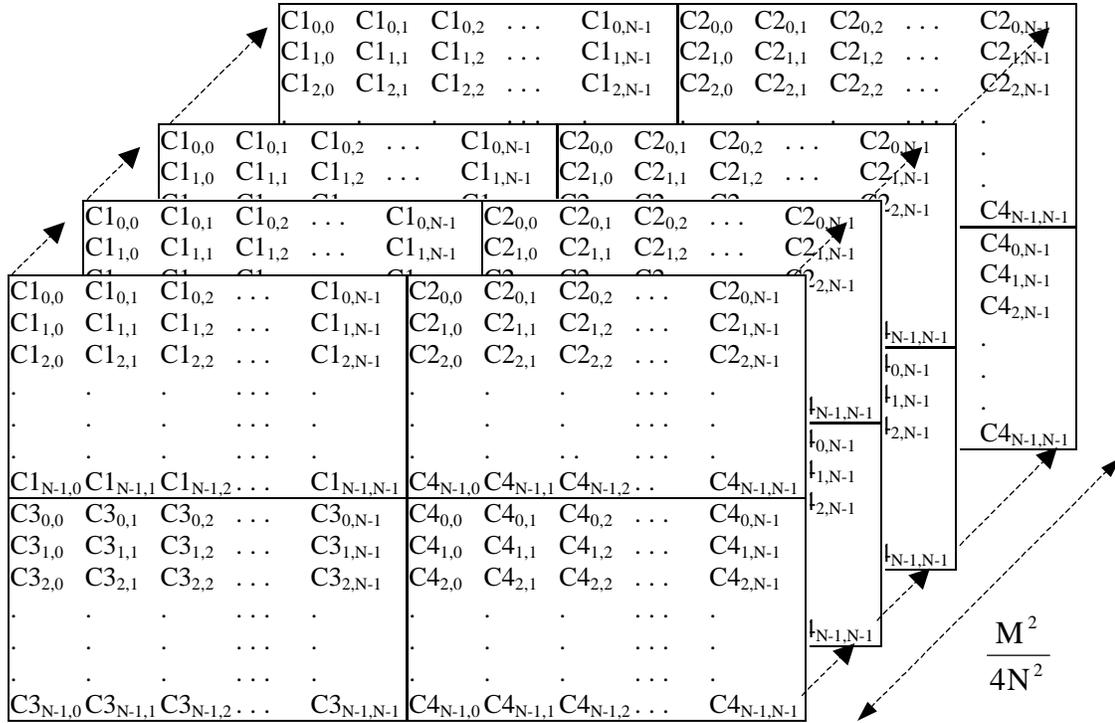


Figura 6 - Agrupamento dos coeficientes transformados.

$$B(i, j) = \alpha + \frac{1}{2} \log_2 \frac{\sigma_{i,j}^2}{\sigma_g^2} \quad (9)$$

$$i, j = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

Onde $\sigma_{i,j}^2$ é a variância do coeficiente transformado $c(i,j)$, $i, j = 0, 1, 2, \dots, N-1$, e σ_g^2 é a média geométrica das variâncias dos coeficientes transformados, σ_g^2 é dado pela Equação 10.

$$\sigma_g^2 = \left(\prod_{i=0}^{N-1} \prod_{j=0}^{N-1} \sigma_{i,j}^2 \right)^{\frac{1}{N^2}} \quad (10)$$

α é um multiplicador de Lagrange, tal que satisfaça a Equação 8. Para taxas relativamente altas, α pode ser aproximado por R, a taxa média em bpp. Se $B(i,j)$ for negativo para algum coeficiente transformado $c(i,j)$, então $B(i,j) = 0$, isto é, nenhum bit será alocado a esse coeficiente.

Com base na tabela de alocação de bits, é então feita a quantização dos coeficientes. Se a quantização usada é escalar, então cada coeficiente é individualmente quantizado de acordo com o número de bits alocados para aquela posição, obtendo-se a imagem transformada e quantizada, para uma taxa de codificação média de R bpp. Esses coeficientes transformados e quantizados são mapeados em um conjunto de palavras-código de tamanho fixo ou variável, para que possam ser transmitidos ou armazenados. Quando é utilizada a codificação de entropia, o conjunto de palavras-código é determinado por um código que extrai as redundâncias, tais como os códigos de Huffman, Lempel-Ziv, Aritméticos, etc, cujo objetivo é reduzir, tanto quanto possível, o número médio de bits por pixel, necessários para se representar a imagem transformada e quantizada.

Para reconstituir a imagem, o processo inverso é realizado, isto é, os coeficientes quantizados são reconstituídos pelos procedimentos inversos de quantização e a transformada inversa é aplicada sobre os coeficientes reconstituídos, obtendo-se uma imagem semelhante à imagem original, que certamente apresentará alguma distorção devido aos erros de codificação. Essa distorção é medida, em geral, pela relação sinal-ruído (SNR) e pela relação sinal-ruído de pico (PSNR), entre a imagem original e a imagem reconstituída. A Equação 11 mostra como é calculada a relação sinal-ruído.

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{i=0}^{M_1-1} \sum_{j=0}^{M_2-1} x[i, j]^2}{\sum_{i=0}^{M_1-1} \sum_{j=0}^{M_2-1} (x[i, j] - x_r[i, j])^2} \right) \quad (11)$$

Classe 1	7	2	1	0	0	0	0	0	7	3	2	1	1	1	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe 2	7	4	3	3	2	2	1	1	7	6	5	4	3	3	2	2
	4	3	3	2	2	1	1	1	5	5	4	4	3	2	2	1
	3	3	2	2	1	1	1	1	4	4	4	3	3	2	2	1
	2	2	2	2	1	1	1	0	3	3	3	3	2	2	2	1
	1	1	1	2	1	1	0	0	2	2	2	2	2	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Classe 3	7	2	1	0	0	0	0	0	7	3	2	1	1	1	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe 4	7	4	3	3	2	2	1	1	7	6	5	4	3	3	2	2
	4	3	3	2	2	1	1	1	5	5	4	4	3	2	2	1
	3	3	2	2	1	1	1	1	4	4	4	3	3	2	2	1
	2	2	2	2	1	1	1	0	3	3	3	3	2	2	2	1
	1	1	1	2	1	1	0	0	2	2	2	2	2	1	1	1
	1	1	1	1	1	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Figura 7 - Tabela de alocação de bits.

A Figura 7 mostra a tabela de alocação obtida usando a DCT aplicada à imagem da Lena, com uma taxa média de 1 bpp. A Figura 8 mostra uma tabela com a quantidade de bits por bloco e a taxa média de bits por pixel, em cada classe.

	BITS POR BLOCO	BITS POR PIXEL
CLASSE 1	12	0,188
CLASSE 2	33	0,515
CLASSE 3	81	1,265
CLASSE 4	130	2,031

Figura 8 – Quantidade de bits por bloco em cada classe.

Pode-se observar que a maior parte dos bits está alocada para os blocos que possuem maiores variações, ou seja, os de maior frequência.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 9 mostra a SNR para taxas de 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 bpp utilizando a DCT e a LOT com quantização uniforme, laplaciana e gaussiana. A linha denominada “DCT S/CLAS” refere-se ao uso da codificação com uso da DCT, blocos de tamanho 8x8, quantização uniforme, mas sem a classificação. Esta linha serve como referência.

		TAXA (bpp)					
		0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
TRANSFORMADAS	DCT S/CLAS	23.18	26.04	28.99	32.26	36.27	41.47
	LOT S/CLAS	24.00	26.02	29.05	32.08	35.76	40.27
	DCT-UNI	27.11	29.98	33.21	37.65	43.21	48.45
	LOT-UNI	27.62	30.30	33.47	37.98	43.50	48.52
	DCT-LAPL	28.32	31.41	35.04	37.84	39.32	39.85
	LOT-LAP	28.89	31.85	35.30	37.94	39.33	39.82
	DCT-GAUS	28.19	31.22	34.89	38.12	40.63	42.22
	LOT-GAUS	28.79	31.68	35.38	38.59	40.93	42.33

Figura 9 - Valores da SNR para imagem Lena codificada com DCT e LOT.

A Figura 10 mostra a imagem Lena original. A Figura 11 mostra a Lena codificada com DCT e uma taxa média de 0,5 bpp, com classificação dos blocos.

Os gráficos da Figura 12, Figura 13 e Figura 14 mostram o SNR obtido com as transformadas DCT e LOT com quantizações uniforme, laplaciana e gaussiana. A curva denominada “DCT S/CLAS - UNIFORME” serve como referência, pois representa a aplicação da DCT em blocos de tamanho 8x8, sem ser aplicada classificação dos blocos e com quantização uniforme.

No algoritmo proposto neste trabalho é necessário armazenar junto com os coeficientes transformados e quantizados, uma tabela de tamanho (M/N)x(M/N). Esta tabela é, na verdade, um mapa que indica a qual classe pertence determinado bloco. Cada posição desta tabela, armazena um valor de 0 a 3, sendo necessário apenas 2 bits para cada posição, num total de 4096 posições e 1024 bytes (1KB) para toda a tabela, no caso da imagem Lena 512x512 pixel.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposto um método de codificação adaptativa de imagem monocromática que utiliza 4 classes distintas e classificadas segundo o nível de energia AC dos

blocos. A tabela de alocação de bits é determinada pela regra da log-variância aplicada a uma tabela de tamanho 2Nx2N, composta por 4 blocos de tamanho NxN, pertencentes a cada uma das classes.



Figura 10 - Imagem Lena com 512x512 pixel.



Figura 11 - Imagem Lena codificada com DCT e taxa de 0,5 bpp.

Os experimentos foram realizados com imagens de tamanho 512 x 512 e blocos de tamanho 8x8 pixel, sendo que, o método de codificação proposto apresentou bom desempenho quando comparado com a codificação sem a classificação por nível de atividade dos blocos, apresentando um ganho de até 7 dB. Para

taxas de compressão mais altas (>5 bpp), a quantização uniforme apresentou-se melhor, quando comparada com a quantização gaussiana e laplaciana.

Não houve nenhuma preocupação com relação à taxa atribuída individualmente a cada classe, mas com a taxa média atingida com a distribuição dos bits entre as classes. Os resultados obtidos estão de acordo com Chen [2], que mostra que as taxas atribuídas a cada classe, devem ser distribuídas de tal modo que as classes com menor energia AC, devem possuir as menores taxas. No entanto Chen não menciona um método para a determinação das taxas para cada classe.

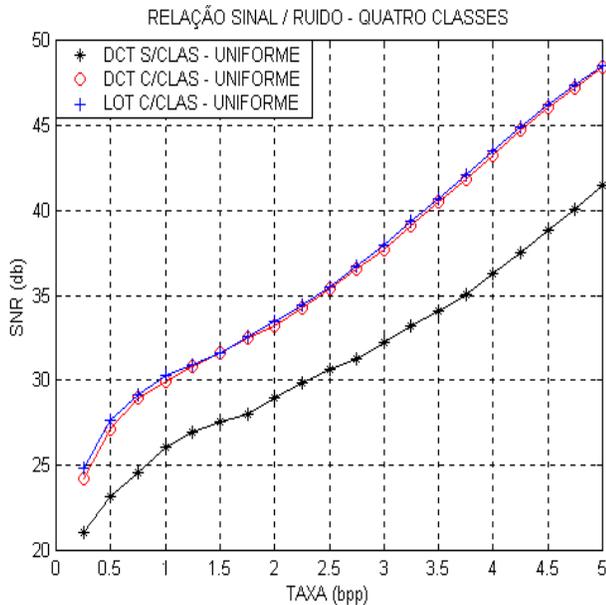


Figura 12 - SNR com uso das transformadas DCT e LOT e quantização uniforme.

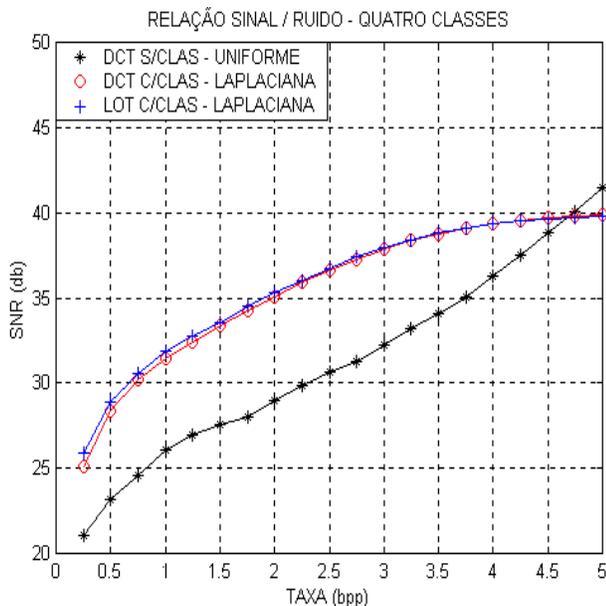


Figura 13 - SNR com uso das transformadas DCT e LOT e quantização laplaciana.

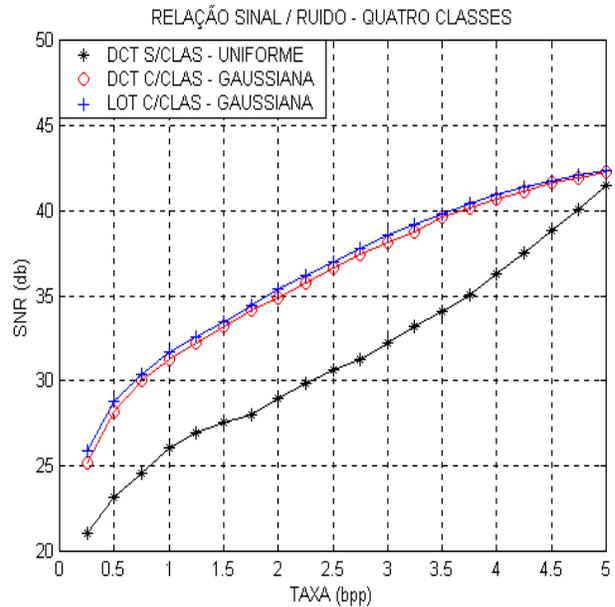


Figura 14 - SNR com uso das transformadas DCT e LOT e quantização gaussiana.

REFERÊNCIAS

1. PELAES, Evaldo G., "Transformada Seno Discreta com Rotação de Eixo Bidimensional", Universidade Estadual de Campinas, 1998.
2. CHEN, Wen-Hsiung e SMITH, C. Harrison, "Adaptive Coding of Monochrome and Color Images", IEEE Transactions on Communications, Novembro 1977.
3. MARQUES FILHO, Ogê e VIEIRA NETO, Hugo. "Processamento Digital de Imagens", Editora Brasport, Rio de Janeiro - RJ, 1999.
4. GONZALES, Rafael C. "Digital Image Processing", Editora Addison-Wesley, 1993.
5. LIM, Jae S., "Two-dimensional Signal Processing and Image Processing", Prentice-Hall, 1990.
6. MALVAR, H. S., "Signal Processing with Lapped Transform", Artech House, 1992.
7. RAO, K. R., and P. Yip, "Discrete Cosine Transform", Academic Press, Inc, 1990.
8. MAX, Joel, "Quantizing for Minimum Distortion", IRE Trans. Inform. Theory, vol. IT-6, pp. 267-272, March 1960.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho obteve a colaboração das seguintes entidades: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Universidade Federal do Pará (UFPA).