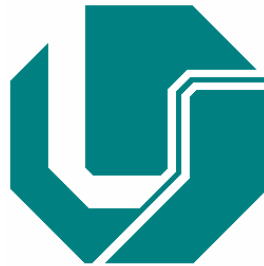


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



OBTENÇÃO DE TABELA DE QUANTIZAÇÃO PARA  
COMPRESSÃO DE IMAGENS UTILIZANDO ALGORITMOS  
GENÉTICOS

LEONARDO FARIA COSTA

NOVEMBRO

2005

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

OBTENÇÃO DE TABELA DE QUANTIZAÇÃO PARA  
COMPRESSÃO DE IMAGENS UTILIZANDO ALGORITMOS  
GENÉTICOS

Dissertação apresentada por Leonardo Faria Costa à Universidade Federal de Uberlândia para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, aprovada em 26 de agosto de 2005 pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Cláudio Paschoarelli Veiga (Orientador)

(Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU)

Prof. Dr. Gilberto Arantes Carrijo

(Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU)

Prof. Dra. Edna Lúcia Flores

(Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kátia Lopes Silva

(União Educacional Minas Gerais – UNIMINAS)

Uberlândia, 26 de novembro de 2005

# **OBTENÇÃO DE TABELA DE QUANTIZAÇÃO PARA COMPRESSÃO DE IMAGENS UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS**

**LEONARDO FARIA COSTA**

Dissertação apresentada por Leonardo Faria Costa à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

---

Prof. Antônio Cláudio Paschoarelli Veiga  
Dr. Orientador

---

Prof. Darizon Alves Andrade  
Dr. Coordenador do Curso de Pós-Graduação

À minha querida família,

Heli, Joana,  
Lourenço e Luciana

À minha amada

Leandra Vecchi Gorski Costa

*"Confia no Senhor as tuas obras.  
E teus pensamentos serão estabelecidos."*

*Provérbios 16:3*

# AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À minha família, pela educação, apoio e conselhos que espero continuar sempre recebendo.

Ao Professor Antônio Cláudio Paschoarelli Veiga, cuja experiência, dedicação e suporte tornaram este trabalho possível.

A Professora Edna que ajudou no aprimoramento do trabalho com importantes contribuições.

Ao amigo Rodrigo oferecendo de boa vontade seu tempo e vasto conhecimento.

A minha esposa que sempre me apoiou e acreditou no meu potencial.

À Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade de cursar a graduação e a pós-graduação com professores altamente qualificados.

# RESUMO

O objetivo deste trabalho é gerar uma tabela de quantização melhor do que a utilizada pelo padrão JPEG para um grupo de imagens naturais e médicas utilizando o método de algoritmos genéticos, para isso será analisada a função de aptidão da população, a probabilidade de seleção dos melhores pares de matrizes para cruzamento e irá se verificar formas de se melhorar o resultado através da modificação dos parâmetros de entrada. No processamento prévio da imagem codificada é necessário conhecer bem a tabela de quantização para obter uma imagem com maior qualidade final. O método de Algoritmos Genéticos utilizado é baseado em mecanismos de seleção natural e reprodução que combinam a sobrevivência das melhores matrizes ao longo de uma estrutura. A qualidade das imagens reconstruídas utilizando esse método foi superior àquela obtida pela tabela de quantização JPEG para um conjunto de imagens naturais e médicas, e ainda possibilitou a criação de não apenas uma, mas várias tabelas com Relação Sinal/Ruído maiores que as produzidas pela tabela JPEG, uma vez que estimulou as principais características desse método como: a codificação dos parâmetros definidos; o processo de busca a partir das melhores matrizes iniciais e não uma simples matriz; informações obtidas de uma função objetiva determinada (função de aptidão) e o uso de regras de transição probabilística. Com base nos resultados obtidos nesta dissertação, pode-se recomendar a utilização do Algoritmo Genético para imagens naturais e imagens do olho humano com uma taxa de compressão acima de 30:1 e ótima qualidade da imagem reconstruída.

**Palavras-chaves:** *Algoritmo Genético, relação sinal/ruído, seleção natural, função de aptidão.*

# ABSTRACT

The purpose of this work is to generate a better Quantization Table for a group of natural images and medical images using the Genetic Algorithm method in the process of compression JPEG. The fitness function of the population will be analyzed and the probability of selection the better pairs of chromosomes or matrix, and we will also breach means to improve the results through modifications of the input parameters. In the previous processing of the coded image it is necessary to know very well the Quantization Table to achieve an image with less loss and therefore, better final quality. The method of Genetic Algorithm applied to this program is based on mechanisms of natural selection and reproduction for a set of natural and medical images and furthermore it allowed for the creation of not one but various Tables with SNR higher than those produced by the JPEG Table since it stimulated the principal characteristics of this method in programming such as: codification of defined parameters; the process of search for better matrix starting from a group of matrix and not a simple matrix; information obtained of an objective determined function (fitness function) and the use of the probabilistic rules of transition. Based on the results obtained in this work, we can recommend the use of Genetic Algorithm for natural images and human eye images with a compression rate up to 30:1 and a great reconstructed image quality.

**Keywords:** *genetic algorithm, signal noise relation, natural selection, fitness function.*



# **OBTENÇÃO DA TABELA DE QUANTIZAÇÃO PARA COMPRESSÃO DE IMAGENS UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS**

## **SUMÁRIO**

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	001
1.2 Compressão de Imagens	002
1.3 Compressão sem perdas	005
1.4 Compressão com perdas	006
1.5 O padrão de Compressão JPEG	006
1.5.1 Grau de Compactação JPEG	008
1.6 Proposta deste Trabalho	008
1.7 Recursos Computacionais	009
1.8 Estrutura desta Dissertação	010
1.9 Considerações finais deste Capítulo	011
CAPÍTULO II: QUANTIZAÇÃO DE IMAGENS, TRANSFORMADAS ORTO- GONAIS E PADRONIZAÇÃO JPEG	012
2.1 Introdução	012
2.2 Tipos de Redundâncias	013

2.2.1. Redundância de Codificação	013
2.2.2. Redundância Psicovisual	014
2.2.3. Redundância Interpixel	014
2.3 Estágios no Processo de Codificação	015
2.4 Codificação Preditiva	016
2.5 Quantização de Loyd-Max	017
2.6 Transformadas Ortogonais	019
2.6.1. Transformada Discreta de Fourier	019
2.6.2. Transformada Walsh	020
2.6.3. Transformada Hadammard	021
2.6.4. Transformada Cosseno Discreta	022
2.7 Padronização JPEG	024
2.8 Considerações Finais deste Capítulo	026
CAPÍTULO III: ALGORITMOS GENÉTICOS NA OBTENÇÃO DA TABELA DE QUANTIZAÇÃO	027
3.1 Introdução	027
3.2 Algoritmos Genéticos	029
3.3 Tabela de Quantização Padrão de uma Imagem	034
3.4 Descrição da programação na Obtenção da Tabela Robusta de Quantização Utilizando Algoritmo Genético	036

3.5	Dados de Entrada e Saída do Programa	037
3.6	Resultados obtidos com os dados de Entrada do Programa	057
3.7	Considerações Finais deste Capítulo	058

#### CAPÍTULO IV: TABELAS DE QUANTIZAÇÃO OBTIDAS PELO MÉTODO

	PROPOSTO E SNR DAS IMAGENS RECONSTRUÍDAS	059
4.1	Introdução	059
4.2	Imagens naturais	060
4.2.1	Imagem <i>agirl</i>	061
4.2.2	Imagem <i>Lenna</i>	063
4.2.3.	Imagem <i>antena</i>	064
4.2.4	Imagem <i>Cameraman</i>	065
4.2.5	Imagem <i>woman</i>	066
4.2.6	Imagem <i>man</i>	067
4.2.7	Imagem <i>bridge</i>	068
4.2.8	Imagem <i>clock</i>	069
4.2.9	Imagem <i>F16</i>	071
4.2.10	Imagem <i>Couple</i>	071
4.3	Análise dos dados obtidos	072
4.4	Resultado das imagens naturais	074

4.5	Imagem do Olho Humano	077
4.5.1	Imagem 001	078
4.5.2	Imagem 742	080
4.5.3	Imagem 746	083
4.5.4	Imagem 026	085
4.5.5	Imagem 058	088
4.5.6	Imagem 094	091
4.5.7	Imagem 096	094
4.5.8	Imagem 138	097
4.5.9	Imagem 142	099
4.5.10	Imagem 184	102
4.5.11	Imagem 258	105
4.5.12	Imagem 260	108
4.5.13	Imagem 284	111
4.5.14	Imagem 349	114
4.5.15	Imagem 390	117
4.5.16	Imagem 470	120
4.5.17	Imagem 550	122
4.5.18	Imagem 615	125
4.5.19	Imagem 627	128
4.5.20	Imagem 729	131

4.6	Comparação entre a Tabela Média Geral e a Tabela do Algoritmo	134
4.7	Análise dos Resultados Obtidos para Imagens do Olho Humano	135
4.8	Influência da Variação Parâmetros Iniciais do Programa sobre o SNR	136
4.9	A Melhor Tabela de Quantização Obtida pelo Algoritmo Genético	138
4.10	Considerações finais deste Capítulo	141
CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS		142
5.1	Conclusões	142
5.2	Contribuições deste trabalho	145
5.3	Sugestões para futuros trabalhos	146
5.4	Publicações em Congressos Científicos	147
BIBLIOGRAFIA		148
ANEXO		150
A.1	Imagens de saída	150
A.2	Figuras	150
A.3	Gráficos	161

# LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.1	Processo de compressão e de descompressão de imagens	002
2.1	Função de Quantização Típica	017
3.1	Crossover realizado entre dois cromossomos	032
3.2	Mutação realizada em um cromossomo	033
3.3	Estrutura que contém as 16 matrizes-candidatas a tabela de quantização	041
3.4	Fluxograma do algoritmo deste trabalho para a obtenção da tabela de quantização	056
3.5	Imagens da Lena de saída do programa após 3 gerações	058
4.1	Diagrama de blocos do programa deste trabalho	059
4.2	(a) agirl, (b) lena, (c) man, (d) cameraman, (e) bridge, (f) clock, (g) F16 (h) couple	061
4.3	Histograma da imagem bridge	076
4.4	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 001); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem (c) Histograma da Imagem 001	078
4.5	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 742); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem (c) Histograma da Imagem 742	081
4.6	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 746); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem (c) Histograma da Imagem 746	083

4.7	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 026); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 026	086
4.8	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 058); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 058	089
4.9	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 094); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 094	092
4.10	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 096); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 096	095
4.11	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 138); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 138	098
4.12	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 142); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 142	100
4.13	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 184); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 184	103
4.14	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 258); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 258	106
4.15	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 260); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 260	109
4.16	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 284); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 284	112
4.17	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 349); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	

	(c) Histograma da Imagem 349	115
4.18	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 390); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 390	118
4.19	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 470); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 470	121
4.20	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 550); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 550	123
4.21	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 615); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 615	126
4.22	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 627); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 627	129
4.23	(a) Imagem de fundo de olho (Imagem 729); (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem	
	(c) Histograma da Imagem 729	132
A.1	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 8 e 5 gerações para a imagem agirl	151
A.2	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 8 e 8 gerações para a imagem bridge	152
A.3	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 8 e 3 gerações para a imagem couple	153



A.4	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 16 e 3 gerações para a imagem lenna	154
A.5	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 8 e 6 gerações para a imagem clock	155
A.6	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 16 e 3 gerações para a imagem 1	156
A.7	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 16 e 12 gerações para a imagem 26	157
A.8	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 16 e 5 gerações para a imagem 284	158
A.9	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 16 e 20 gerações para a imagem 470	159
A.10	Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 16 e 9 gerações para a imagem 627	160
A.11	Gráfico comparativo do SNR para a imagem agirl	161
A.12	Gráfico comparativo do SNR para a imagem lenna	162
A.13	Gráfico comparativo do SNR para a imagem antenna	163
A.14	Gráfico comparativo do SNR para a imagem man	163

A.15	Gráfico comparativo do SNR para a imagem bridge	164
A.16	Gráfico comparativo do SNR para a imagem 001	164
A.17	Gráfico comparativo do SNR para a imagem 742	165
A.18	Gráfico comparativo do SNR para a imagem 746	165
A.19	SNR bridge x máximo SNR das demais imagens do olho humano	166

# LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1.1 Recursos Computacionais utilizados neste trabalho	009
2.1 Representação de um pixel $P_{x,y}$ e sua vizinhança	016
2.2 Uma Matriz de quantização de luminância JPEG típica	025
3.1 Tabela de quantização obtida por algoritmo genético	034
3.2 Erro entre uma sub-matriz original e sua sub-matriz recuperada	035
3.3 Tabela de quantização padrão JPEG	035
3.4 Distribuição dos coeficientes na matriz de quantização JPEG	036
3.5 Bloco 8 x 8 obtido da imagem original	038
3.6 Matriz resultante do deslocamento dos coeficientes do bloco 8 x 8	038
3.7 DCT da sub-imagem deslocada	039
3.8 As 16 matrizes-candidatas (B(i)) a tabela robusta de quantização do algoritmo	039
3.9 Matriz quantizada e normalizada (quant)	042
3.10 Matriz dos coeficientes quantizados e desnormalizados	043
3.11 Bloco 8 x 8 reconstruído	043
3.12 Média da SNR da matriz – candidata a tabela de quantização correspondente	044
3.13 Função de aptidão (apt)	044
3.14 Probabilidade de o indivíduo $v_i$ a ser selecionado (prob)	045

3.15	Probabilidade acumulada ( $cs_i$ )	046
3.16	Seleção da 1º matriz-pai SP(1) pelo método da roleta	046
3.17	SP(15) e SP(9) respectivamente antes e depois do crossover	048
3.18	Primeira matriz de probabilidade de mutação (8x8) (probmuta (:,:,1))	049
3.19	Matriz resultante da atuação dos operadores genéticos (SP(15))	049
3.20	Matriz reordenada em ordem crescente por coluna (SF(15))	050
3.21	Valores de SNR das matrizes – filhas (SSNR)	050
3.22	Função de aptidão das matrizes-filhas (Sapt)	050
3.23	Comparação das funções de aptidão (apt x Sapt)	051
3.24	Tabela de quantização robusta produzido por AG após 3 gerações	051
3.25	Tabela de quantização padrão JPEG	052
4.1	Dados de entrada no cálculo da tabela de quantização utilizando AG	061
4.2	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem <i>agirl</i>	062
4.3	Melhor tabela de quantização obtida utilizando AG para imagem <i>agirl</i>	062
4.4	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 1 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem <i>lenna</i>	063
4.5	Melhor tabela de quantização obtida utilizando AG para imagem <i>lena</i>	064
4.6	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 2 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem <i>antena</i>	064
4.7	Melhor tabela de quantização obtida utilizando AG para imagem <i>antena</i>	065

4.8	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem cameraman	065
4.9	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem woman	066
4.10	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem man	067
4.11	Melhor tabela de quantização obtida utilizando AG para imagem man	068
4.12	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 4 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem bridge	068
4.13	Melhor tabela de quantização obtida utilizando AG para imagem bridge	069
4.14	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem clock	070
4.15	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem F16	071
4.16	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas produzidas por algoritmo genético para a imagem couple	071
4.17	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 10º geração utilizando AG para a imagem agirl	072
4.18	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 4º geração utilizando AG para a imagem lena	072
4.19	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a	

	obtida na 16º geração utilizando AG para a imagem antena	072
4.20	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 13º geração utilizando AG para a imagem cameraman	072
4.21	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 7º geração utilizando AG para a imagem man	073
4.22	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 17º geração utilizando AG para a imagem woman	073
4.23	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 16º geração utilizando AG para a imagem clock	073
4.24	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 18º geração utilizando AG para a imagem F16	073
4.25	Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 10º geração utilizando AG para a imagem couple	073
4.26	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 001	079
4.27	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 742	081
4.28	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 746	084
4.29	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 026	087

4.30	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 058	090
4.31	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 094	092
4.32	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 096	095
4.33	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 138	098
4.34	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 142	101
4.35	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 184	104
4.36	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 258	106
4.37	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 260	109
4.38	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 284	112
4.39	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 349	115
4.40	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas	

	geradas pelo algoritmo genético para a imagem 390	118
4.41	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 470	121
4.42	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 550	124
4.43	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 615	126
4.44	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 627	129
4.45	Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a imagem 729	132
4.46	Tabela Média Geral	134
4.47	Comparação entre a tabela média geral de quantização e a tabela de quantização do algoritmo para as imagens do fundo de olho	134
4.48	Comparação da SNR entre a tabela JPEG e as tabelas do AG	135
4.49	Comportamento do SNR no aumento do número de gerações e número de cromossomos para as imagens de fundo de olho	136
4.50	Comparação entre a tabela obtida pelo AG da imagem <i>bridge</i> e as melhores tabelas obtidas para as imagens do olho humano	138
4.51	Diferença entre o maior e o menor coeficiente dos blocos	140





## LISTA DE ABREVIATURAS

1-D	Unidimensional
2-D	Bidimensional
A	Amostra da imagem original
AG	Algoritmos Genéticos
B	matrizes que formam a população inicial
bp	Bits por pixel
CCITT	Consultative Committee of International Telephone and Telegraph
DFT	Transformada Discreta de Fourier
DHT	Transformada de Hadamard
DWT	Transformada de Walsh
DCT	Transformada do Cosseno Discreta
dequant	Matriz quantizada e desnormalizada
detransf	Transformada inversa cosseno
ISO	International Standardization Organization
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MSE	Erro médio quadrático
SNR	Relação Sinal-Ruído
pop	Número de cromossomos
prob	Probabilidades do individuo vir a ser selecionado
pc	Taxa de cruzamento
pm	Taxa de mutação
quant	Matriz quantizada e normalizada
transf	transformada cosseno discreta

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.1 - Introdução

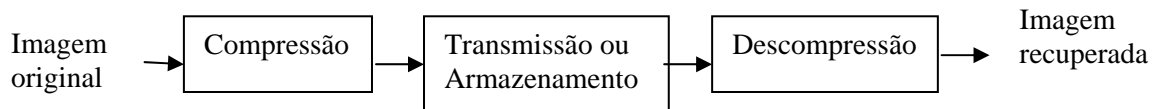
O interesse em compressão de imagens remonta a mais de 25 anos atrás. O advento do computador digital e o desenvolvimento de circuitos integrados avançados causaram a mudança de interesse das abordagens analógicas para digitais.

Ao longo dos anos a necessidade para compressão de imagens vem crescendo continuamente. Por exemplo, compressão de imagens tem sido e continua a ser crucial para o crescimento da computação multimídia (isto é, o uso de computadores digitais para impressão, publicação, produção de vídeo e disseminação) [1]. Além disso, ela tem sido utilizada em aplicações com sensores de imageamento, no processo de evolução das padronizações de transmissão de televisão, em imagens médicas digitais, videoconferência, transmissão de FAX, armazenamento em câmeras digitais, etc.

A utilização de imagens médicas digitais está presente e vem em crescimento na maioria dos hospitais e clínicas do mundo, tornando imperativo o desenvolvimento de técnicas que viabilizem o armazenamento e a transmissão destas imagens em redes de computadores. As imagens médicas geram um grande número de dados. Somente os exames de cineangio-coronariografia do InCor (Instituto do Coração do Hospital das Clínicas do Estado de São Paulo) geram em torno de 45 Gbytes por dia. Por isto, dentre as técnicas de processamento de imagens, a compressão de imagem digital tem papel fundamental no sentido de elevar o potencial de armazenamento e de transmissão destas informações [1].

Antes de se transmitir ou armazenar uma imagem, primeiro ela é comprimida e posteriormente a imagem é descomprimida para ser visualizada.

Ao final da descompressão, a imagem recuperada será igual a original ou parecida com ela. Este processo pode ser observado na Figura 1.1.



*Figura 1.1 - Processo de compressão e de descompressão de imagens*

Quando a imagem reconstruída é semelhante a original, deve-se observar o compromisso entre a quantidade de informação e a qualidade da imagem. Por exemplo, será considerada razoável uma compressão elevada em certos casos para se favorecer do tamanho do arquivo final, porém resultará em grandes perdas na imagem.

## **1.2 - Compressão de Imagens**

Os padrões de compressão para imagens binárias, em tons de cinza ou coloridas, estáticas ou dinâmicas, em muitos casos, foram desenvolvidos e sancionados pela *International Standards Organization* (ISO) e o *Comité Consultatif International des Téléphonique et Télégraphique* (CCITT) atualmente denominado *International Telecommunication Union* (ITU-T). [1].

Compressão de dados está relacionada ao processo de redução da quantidade de bits necessária para representar certa quantidade de informação [2].

Define-se taxa de compressão como sendo a medida da quantidade de bits que foram reduzidos no processo de compressão. Para se definir a taxa de compressão ( $C_R$ ) deve-se

considerar o tamanho da imagem original ( $N_1$ ) e o tamanho da imagem comprimida ( $N_2$ ) conforme Equação (1.1).

$$C_R = \frac{N_1}{N_2} \quad (1.1)$$

Vale observar que para se obter maiores taxas de compressão é necessário que a imagem comprimida no processo de compressão seja a menor possível.

Outro conceito bastante importante refere-se à redundância, ela contém dados que fornecem informação irrelevante ou simplesmente repete o que já era conhecido. A redundância de dados relativa a  $N_1$  é calculado pelo parâmetro  $R_D$  cuja fórmula é apresentada na Equação (1.2).

$$R_D = 1 - \frac{1}{C_R} \quad (1.2)$$

Considerando-se uma imagem de tamanho 256 x 256 pixels onde após o processo de compressão a imagem comprimida tem dimensões iguais a 8 x 8, obtem-se uma taxa de compressão ( $C_R$ ) igual a 32, desta forma  $R_D$  será igual a 0.968, ou seja, 96% dos dados do primeiro conjunto (imagem original) é redundante.

Há duas abordagens comuns para mensurar a degradação na qualidade da imagem decorrente do processo de desquantização. Na primeira faz-se uma aferição matemática da distorção entre as imagens originais e descomprimidas. Na segunda abordagem procede-se a uma aferição psicofisiológica da importância das distorções para o ser humano [3]. A aferição matemática é verificada através de duas medidas: erro médio quadrático (mean square error

(MSE)) e a relação sinal ruído (signal noise relation (SNR)). O erro médio quadrático é definido de acordo com a Equação (1.3).

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \left( x_{i,j} - \hat{x}_{i,j} \right)^2 \quad (1.3)$$

onde:

M – número de colunas da imagem

N – número de linhas da imagem

$x_{i,j}$  – valor de nível de cinza do pixel de coordenadas i e j da imagem original

$\hat{x}_{i,j}$  – valor de nível de cinza do pixel de coordenadas i e j da imagem reconstruída

Quanto mais próximo de zero for o MSE, mais parecida estará a imagem recuperada da original, se as duas imagens forem iguais então o MSE será igual a zero.

A Equação (1.4) mostra outro parâmetro que revela uma medida de qualidade da imagem - a relação sinal ruído de pico (*PSNR*). Neste caso, quanto maior o valor da relação sinal ruído maior a qualidade da imagem reconstruída.

$$PSNR = 10 \cdot \log \frac{(2^n - 1)^2}{MSE} \quad dB \quad (1.4)$$

onde:

n – número de bits por pixel

Tanto a Equação (1.3) quanto a Equação (1.4) serão utilizadas como referências para comparação da qualidade das imagens reconstruídas utilizando para isso a implementação de

Algoritmos genéticos na busca de uma tabela robusta de quantização durante o processo de compressão JPEG.

### **1.3 – Compressão sem Perdas**

Os métodos de compressão de imagens dividem-se em dois grandes grupos: compressão sem perdas ou reversíveis e compressão com perdas ou irreversíveis. Algoritmos sem perdas eliminam somente as informações redundantes, possibilitando, assim, a reconstrução total da imagem original após o processo de descompressão. Já os algoritmos de compressão com perdas eliminam, além das informações redundantes, as informações irrelevantes, possibilitando somente a reconstrução aproximada da imagem original após a descompressão. [1]

Embora para algumas aplicações a técnica de compressão sem perdas resulta em completa igualdade entre imagem recuperada e original, ela tem a desvantagem de alcançar baixas taxas de compressão, na ordem de 2:1 a 10:1.

Em numerosas aplicações, a compressão livre de erro é a única maneira aceitável de redução de dados. Uma dessas aplicações é o arquivamento de documentos médicos, em que a compressão com perdas é proibida por razões legais, uma outra é a radiografia digital, em que a perda de informação pode comprometer a precisão do diagnóstico. A abordagem mais simples para a compressão de imagens livres de erro é reduzir apenas a redundância da codificação presente em qualquer codificação binária natural dos níveis de cinza de uma imagem [2].

As técnicas de compressão livre de erro são geralmente compostas de duas operações relativamente independentes: (1) definição de uma representação alternativa da imagem em que as redundâncias interpixels sejam reduzidas; e (2) codificação da representação para eliminação das redundâncias de codificação. Uma das mais importantes técnicas usadas para

reduzir a redundância é Huffman. No caso da codificação individual dos símbolos de uma fonte de informações, a codificação de Huffman leva ao menor número possível de símbolos de código por símbolo-fonte. Desta forma o procedimento de Huffman cria o código ótimo para um conjunto de símbolos e probabilidades sob restrição de que os símbolos sejam codificados um por vez. [2]

#### **1.4 – Compressão com Perdas**

Ao contrário das abordagens livre de erro, na compressão com perdas temos um aumento na taxa de compressão proporcional a diminuição da qualidade da imagem reconstruída.

Esta técnica permite alcançar níveis de compressão mais altos que a compressão sem perdas, normalmente acima de 30:1, sendo que as imagens são virtualmente indistinguíveis das originais entre 10:1 e 20:1. Nas taxas de compressão acima de 30:1, existe uma degradação em certo nível da imagem. Se essa degradação puder ser tolerada, o aumento da compressão pode ser significativo e a perda da informação nesse caso ocorrerá principalmente durante o processo de *quantização*, descrita no capítulo 2 deste trabalho.

#### **1.5 – O padrão de compressão JPEG**

JPEG é um padrão de compressão de imagens padronizado pela *International Standardization Organization* – (ISO) e que se tornou um formato gráfico bastante usado na Internet. Ele consiste em um conjunto de operações executadas em série sobre a imagem original com vários modos e opções de compressão e qualidade do produto final, capaz de comprimir imagens coloridas e com níveis de cinza. Sua história começou em 1982, quando a



ISO formou o *Photographic Experts Group* (PEG) para desenvolvimento de pesquisas na área de transmissão de vídeo, imagens e texto através de uma Rede Digital de Serviços Integrados (ISDN).

Em 1986 um subgrupo do *Consultative Committee of International Telephone and Telegraph* (CCITT) já fazia pesquisas na área de compressão de imagens para transmissão de fax. Em 1987 esses dois grupos se uniram para desenvolver a padronização mais popular e completa de imagens estáticas e de tons contínuos chamado *Joint Photographic Experts Group* (JPEG), cujo nome original vem do comitê que escreveu o padrão [4].

A técnica utilizada pelo JPEG difere de outros padrões de compressão de imagens principalmente pelo fato de ser um processo com perdas das informações originais, ou seja, uma imagem JPEG descomprimida será ligeiramente diferente da original. Os outros métodos de compressão sem perda garantem a volta à imagem original, pois não descartam dados no processo de compressão. Por essa razão o JPEG consegue alcançar índices maiores de compressão, pois elimina informações consideradas menos importantes.

Os coeficientes desprezados pelo JPEG são principalmente aquelas pequenas diferenças de tonalidade de cor em certas áreas da imagem, pois ele foi projetado para explorar limitações conhecidas a respeito do olho humano, principalmente pelo fato de que pequenas mudanças de cores são menos perceptíveis que pequenas variações de brilho.

O JPEG possui dificuldades em tratar de imagens com bordas bem definidas, como por exemplo, uma linha de pixels puramente pretos e outras adjacentes puramente brancos, como textos. Estas bordas tendem a perder a definição ficando com um aspecto embaçado, a não ser que se utilize uma configuração de alta qualidade para a imagem.

### **1.5.1 – Grau de Compactação do JPEG**

O JPEG alcança um grau de compressão muito bom quando se trabalha com imagens adequadas para a técnica que ele utiliza. Conforme citado no item 1.5, uma compressão de 30:1 a 50:1 é conseguida com pequenos defeitos, porém se não for importante o fator *qualidade* na imagem reconstruída, pode-se conseguir uma taxa de compressão de até 100:1, sendo que tais imagens se tornam adequadas para pré-visualizações de imagens maiores.

Quando um arquivo JPEG é feito a partir de uma imagem fotográfica de cores reais, usando uma qualidade alta o suficiente para evitar perdas visíveis, ele irá apresentar um tamanho 4 a 5 vezes menor do que um arquivo GIF feito a partir da mesma imagem.

Uma propriedade importante do JPEG é que o grau de perda pode ser modificado variando-se os parâmetros de compressão, isto quer dizer que quem estiver manipulando imagens utilizando esse padrão, pode decidir o que é mais importante: tamanho ou qualidade da imagem, onde quanto maior a compressão, pior a qualidade da imagem e vice-versa. A taxa de compressão alcançada por essa técnica não apenas economiza espaço em disco de armazenamento, mas diminui o tempo necessário para a transmissão dessas imagens que é o objetivo principal do grupo que criou esse padrão.

### **1.6 – Proposta deste Trabalho**

O objetivo do presente trabalho é utilizar o método baseado em algoritmos genéticos para gerar uma tabela de quantização melhor do que a tabela padrão JPEG dentro do processo de codificação previsora com perdas, para imagens do olho humano e imagens naturais. Espera-se com isso que a imagem recuperada do algoritmo tenha uma qualidade superior à imagem recuperada da tabela padrão JPEG, para isso alguns parâmetros de qualidade serão

comparados a cada processamento, para encontrar dados concretos que justifique o uso deste método como importante ferramenta no processo de compressão de imagens.

Ao final deste trabalho será possível responder a pergunta: A tabela de quantização do algoritmo genético no processo de compressão JPEG demonstrou resultados melhores do que a tabela de quantização padrão JPEG ?

### 1.7 – Recursos Computacionais

Os Recursos computacionais utilizados neste trabalho são mostrados na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Recursos computacionais utilizados neste trabalho

CPU	AMD K6 III, 1.3 GHz, 240 MB RAM
Sistema Operacional	Windows XP
Linguagem de Programação	Matlab 5.3
Dispositivos de saída	Monitor SAMSUNG 15’’
	Impressora DeskJet HP 695C

## **1.8 – Estrutura desta Dissertação**

Neste capítulo é mostrada a representação de uma imagem digital assim como algumas medidas utilizadas no processo de compressão de imagens. Também é apresentada uma introdução do método de compressão JPEG e a proposta deste trabalho com as principais contribuições. Finalmente são realizadas considerações finais deste capítulo.

O capítulo 2 descreve os conceitos e as características da quantização, a descrição das transformadas ortogonais como: Transformada discreta de Fourier, Transformada de Walsh, Transformada de Hadamard e Transformada Cosseno Discreta; a padronização JPEG detalhada. Finalmente são realizadas considerações finais deste capítulo.

O capítulo 3 descreve o método de algoritmos genéticos e os passos realizados pelo programa para geração da tabela de quantização utilizando-se o algoritmo. Finalmente são realizadas considerações finais desse capítulo.

O capítulo 4 mostra os resultados obtidos com os testes realizados neste trabalho utilizando-se algoritmos genéticos nas imagens naturais e nas imagens do olho humano. Finalmente são realizadas conclusões sobre os resultados obtidos nesses testes.

O capítulo 5 apresenta as conclusões, contribuições deste trabalho e as sugestões para futuros trabalhos.

O anexo mostra os resultados baseados em um conjunto de imagens naturais e imagens do olho humano, assim como os gráficos comparativos de desempenho das tabelas de quantização.

## **1.9 – Considerações Finais deste Capítulo**

Este capítulo fez uma breve descrição sobre a representação de imagens digitais, conceito de compressão de imagens e diversas técnicas empregadas para esse fim. Finalmente foi mostrada a estrutura dessa dissertação, enfatizando os problemas a serem abordados e as principais contribuições deste trabalho.

# CAPÍTULO II

## QUANTIZAÇÃO DE IMAGENS, TRANSFORMADAS ORTOGONAIS E PADRONIZAÇÃO JPEG

### 2.1 - Introdução

Normalmente imagens digitais apresentam variações suaves de intensidade entre os pixels adjacentes, o que significa que suas componentes de baixa frequência são mais significativas que as de alta. Sendo assim quanto mais afastados do componente DC, menos um dado elemento contribui para a composição da imagem, o que significa que uma maior alteração em seu valor não degrada significativamente a qualidade da imagem.

A perda da fidelidade na codificação JPEG ocorre inteiramente na quantização [4], e boa parte da compressão é ganho na codificação “runlength” (número consecutivo) de valor igual a zero dos coeficientes AC que o antecedem na seqüência ziguezague. Após a saída da função DCT, cada um dos 64 coeficientes da DCT são uniformemente quantizados correspondentemente com os 64 elementos da tabela de quantização, que deve ser especificada pelo usuário como uma entrada para o codificador. Cada elemento deve ser um valor inteiro de 1 até 255, que especifica o tamanho do passo do quantizador para o seu correspondente coeficientes da DCT.

O propósito da quantização é atingir a compressão adiante pela representação dos coeficientes da DCT com uma precisão não tão grande quanto à necessária para alcançar a qualidade da imagem desejável, em outras palavras, o objetivo desse passo de processamento é descartar informações que não são visualmente significantes [4].

O processo de quantização ocorre pela divisão de cada um dos coeficientes da DCT pelo seu passo correspondente em  $Q$ , seguido pelo arredondamento para o inteiro mais próximo. No processo inverso significa simplesmente que a normalização é removida multiplicando a tabela de quantização pela tabela de coeficientes normalizados.

A escolha da matriz de quantização vai determinar a qualidade da imagem comprimida e a taxa de compressão obtida com a imagem. O comitê deixou livre a escolha da matriz a ser utilizada, mas publicou juntamente com o padrão uma série de matrizes que foram classificadas de acordo com a taxa de compressão obtida após vários testes.

Este capítulo descreve os conceitos de redundâncias, os estágios da codificação, a codificação preditiva, o método de quantização de Lloyd-Max, as transformadas mais utilizadas em compressão de imagens: a transformada discreta de Fourier, a transformada Walsh, a transformada de Hadamard e a transformada Cosseno discreta e o processo de padronização JPEG.

## **2.2 Tipos de Redundâncias**

Normalmente, a abordagem do processo de compressão de imagens, pode ser entendida através de uma série de três operações independentes, onde cada operação é responsável por diminuir uma das três redundâncias: a redundância de codificação, a redundância de dados ou a redundância interpixel [2].

### **2.2.1 – Redundância de Codificação**

A redundância de codificação está presente quando os códigos atribuídos a um conjunto de eventos (valores de níveis de cinza) não foram escolhidos de forma a obter toda a

vantagem das probabilidades dos eventos. Ela está quase sempre presente quando os níveis de cinza de uma imagem forem representados por um código binário natural ou direto. A consequência natural é que, na maioria das imagens, certos níveis de cinza são mais prováveis do que outros. Uma codificação binária natural de níveis de cinza atribui o mesmo número de bits tanto para o valor mais provável quanto para o menos provável, assim não minimizando a Equação (1.2) do Capítulo I deste trabalho e resultando em redundância da codificação.

### **2.2.2 – Redundância Psicovisual**

O brilho de uma região, como percebida pelo olho, depende de outros fatores além de simplesmente a luz refletida pela região. Por exemplo, variações de intensidade podem ser percebidas em uma área de intensidade constante. Tais fenômenos resultam do fato de que o olho não responde com a mesma intensidade a todas as informações visuais. Certas informações simplesmente têm menos importância relativa do que outras informações no processamento visual normal. Tais informações são ditas *psicovisualmente redundantes*. Elas podem ser eliminadas sem prejudicar significativamente a qualidade de percepção da imagem. [2].

### **2.2.3 – Redundância Interpixel**

A redundância interpixel é a forma de redundância de dados diretamente relacionada às correlações interpixels dentro da imagem. Como o valor de qualquer pixel pode ser razoavelmente previsível a partir do valor de seus pixels, a informação carregada por cada pixel é relativamente pequena. Muito da contribuição visual de um único pixel para uma imagem é redundante; ela poderia ser prevista com base nos valores de seus vizinhos.



Com a finalidade de reduzir as redundâncias interpixels em uma imagem, a matriz de pixels bidimensional normalmente utilizada para visualização e interpretação humana, deve ser transformada em um formato mais eficiente. Por exemplo, as diferenças entre pixels adjacentes podem ser usadas para representar uma imagem. As transformações deste tipo (isto é, aquelas que removem redundâncias interpixels) são chamadas *mapeamento* [2].

### **2.3 – Estágios no processo de codificação**

O primeiro estágio do processo de codificação da fonte é o *mapeador*, ele transforma os dados de entrada em um formato projetado para reduzir as redundâncias interpixels nas imagens de entrada. Essa operação é normalmente reversível e pode ou não reduzir diretamente a quantidade de dados necessária para representar a imagem. O segundo estágio é o *quantizador*, que reduz a acurácia da saída do *mapeador* de acordo com algum critério de fidelidade pré-estabelecido. Esse estágio reduz as redundâncias psicovisuais da imagem de entrada [2]. Essa operação é reversível, portanto ela deve ser omitida quando se deseja compressão livre de erro. O terceiro estágio é o *codificador de símbolos* que cria um código de comprimento fixo ou variável para representar a saída do quantizador e mapeia a saída de acordo com o código. Na maioria dos casos um código de comprimento variável é utilizado para representar um conjunto de dados mapeados e quantizados. Ele atribui as palavras de código mais curtas aos valores de saída que ocorrem freqüentemente, reduzindo assim as redundâncias da codificação. A operação naturalmente é reversível. [2]. Após completar o passo de codificação de símbolos, a imagem de entrada foi processada para remover cada uma das três redundâncias descritas deste Capítulo no item 2.2.

## 2.4 – Codificação Preditiva

Podemos afirmar que numa imagem há redundância de informação entre os pixels vizinhos e, conseqüentemente, o valor de cada pixel pode ser predito por sua vizinhança, conforme apresentado na Tabela 2.1.

$P_{x-2,y-2}$	$P_{x-2,y-1}$	$P_{x-2,y}$
$P_{x-1,y-2}$	$P_{x-1,y-1}$	$P_{x-1,y}$
$P_{x,y-2}$	$P_{x,y-1}$	$P_{x,y}$

*Tabela 2.1 – Representação de um pixel  $P_{x,y}$  e sua vizinhança*

O esquema apresentado na Tabela 2.1 representa um determinado pixel  $P_{x,y}$  e sua vizinhança, a qual determinará o seu valor predito,  $f(\ )$ , que subtraído do próprio valor original,  $P_{x,y}$ , fornecerá o resíduo,  $r$ , que será codificado com um código de comprimento variável; tal que:  $r = P_{x,y} - f(\ )$ . Para cada pixel  $P_{x,y}$ , o padrão JPEG utiliza uma combinação linear do pixel da esquerda ( $P_{x,y-1}$ ), do pixel superior ( $P_{x-1,y}$ ) e do pixel superior esquerdo ( $P_{x-1,y-1}$ ), para calcular a sua predição.

A codificação preditiva visa eliminar a redundância interpixels presente na informação original, codificando somente a diferença ou resíduo entre o valor do pixel original e o valor predito para este pixel.

A Modulação por Código de Pulso Diferencial (Differential Pulse Code Modulation – DPCM) é o método que utiliza a soma do valor do pixel predito com o valor do resíduo para obter o valor do pixel original.

Quando o valor predito se aproxima do valor do pixel original, obtém-se um resíduo pequeno permitindo uma codificação, através de um código de comprimento variável, com menos bits para o resíduo do que se a codificação fosse feita diretamente sobre o valor do pixel original.

A codificação preditiva tem fundamental importância nos padrões de compressão para imagens: JPEG (Joint Photographics Experts Group) , JBIG ( Joint Binary Image Experts Group) e MPEG ( Motion Picture Experts Group). A adoção de padrões está relacionada à necessidade de operacionalidade entre os equipamentos dos diversos fabricantes

## 2.5 – Quantização de Lloyd-Max

A função escalar de quantização  $t = q(s)$  é uma função ímpar de  $s$ , ou seja,  $q(-s) = -q(s)$ , que pode ser completamente descrita pelos  $L/2$   $s_i$  e  $t_i$  no primeiro quadrante, conforme Figura 2.1. Os pontos de quebra definem as descontinuidades da função, sendo chamados de *níveis de reconstrução e decisão do quantizador*, mencionados acima. Considera-se  $s_i$  a entrada e  $t_i$  a saída [2].

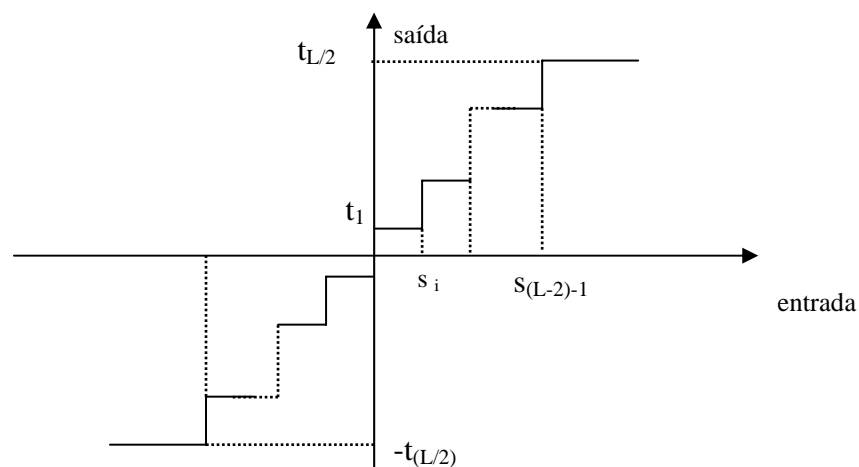


Figura 2.1 – Função de Quantização típica.

O problema do quantizador é selecionar os melhores  $s_i$  e  $t_i$ , em relação a um critério particular de otimização e de uma função densidade de probabilidade  $p(s)$ . Se o critério de otimização, é a minimização do erro quadrático médio de quantização e  $p(s)$  é uma função par, as condições para erro mínimo são:

$$\int_{s_{i-1}}^{s_i} (s-t_i)p(s)ds=0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, L/2 \quad (2.1)$$

$$\begin{cases} s_i = 0 \dots \dots \dots \Rightarrow i = 0 \\ s_i = \frac{t_i + t_{i+1}}{2} \dots \dots \dots \Rightarrow i = 1, 2, 3 \dots \frac{L}{2} - 1 \\ s_i = \infty \dots \dots \dots \Rightarrow i = \frac{L}{2} \end{cases} \quad (2.2)$$

$$E \quad s_{-i} = -s_i \quad t_{-i} = -t_i \quad (2.3)$$

A Equação (2.1) mostra que os níveis de reconstrução são centróides de áreas sob  $p(s)$  sobre os intervalos de decisão específicos, e a equação (2.2) indica que os níveis de decisão estão no meio entre os níveis de reconstrução. A Equação (2.3) é uma consequência do fato de que  $q(s)$  é uma função ímpar. Para qualquer  $L$ , os  $s_i$  e  $t_i$  que satisfazem as Equações (2.1) e (2.2) são ótimos no sentido do erro quadrático médio, esse quantizador é chamado de quantizador *Lloyd-Max* de nível  $L$ .

## 2.6 – Transformadas Ortogonais

Uma transformada é uma operação matemática que é aplicada sobre um conjunto de dados com o objetivo de fazer uma modificação no domínio em que os dados estão representados.

No sistema de codificação por transformadas, muitas delas têm sido estudadas extensivamente, a escolha de uma transformada específica para uma dada aplicação depende de diversos fatores. Pode-se afirmar que o grau de compactação de energia e o nível de complexidade representada pelo número de operações envolvidas por bloco, são de fundamental importância na escolha da transformada para utilização em compressão de imagem.

A compressão é alcançada durante a quantização dos coeficientes da transformada (e não durante a transformada) [2].

### 2.6.1 – Transformada Discreta de Fourier (DFT)

Para uma certa imagem com número de linhas igual a M e N colunas. A transformada Discreta de Fourier Bidimensional  $F(u,v)$  e sua inversa  $f(x,y)$  podem ser obtidas pelas equações (2.4) e (2.5) respectivamente.

$$F(u,v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \exp[-j2\pi(ux/M + vy/N)] \quad (2.4)$$

para  $u = 0, 1, 2, \dots, M-1$  e  $v = 0, 1, 2, \dots, N-1$

$$f(x,y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) \exp[j2\pi(ux/M + vy/N)] \quad (2.5)$$

para  $x = 0, 1, 2, \dots, M-1$  e  $y = 0, 1, 2, \dots, N-1$

Caso o número de linhas (M) seja igual ao número de colunas (N), o cálculo da DFT-2D e da IDFT-2D é obtida pelas Equações (2.6) e (2.7).

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp[-j2\pi(ux + vy) / N] \quad (2.6)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp[j2\pi(ux + vy) / N] \quad (2.7)$$

### 2.6.2 - Transformada Walsh

Ao contrário da DFT, a transformada Walsh (DWT) consiste de uma expansão por série de funções base cujos valores são +1 ou -1 [2]. A DWT decompõe a função de entrada em uma soma de ondas quadradas.

A transformada discreta de Walsh  $W(u)$  de uma função  $f(x)$  e a inversa da transformada discreta de Walsh  $f(x)$  unidimensionais estão definidas pelas Equações (2.8) e (2.9) respectivamente.

$$W(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \prod_{i=0}^{n-1} (-1)^{b_i(x)b_{n-1-i}(u)} \quad (2.8)$$

e:

$$f(x) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} W(u) \prod_{i=0}^{n-1} (-1)^{b_i(x)b_{n-1-i}(u)} \quad (2.9)$$

onde:

$b_k(z)$  é o k-ésimo bit na representação binária de  $z$ .

A transformada Walsh  $W(u,v)$  bidimensional e sua inversa  $f(x,y)$  são definidas como:

$$W(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \prod_{i=0}^{n-1} (-1)^{[b_i(x)b_{n-1-i}(u)+b_i(y)b_{n-1-i}(v)]} \quad (2.10)$$

e:

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} W(u, v) \prod_{i=0}^{n-1} (-1)^{[b_i(x)b_{n-1-i}(u)+b_i(y)b_{n-1-i}(v)]} \quad (2.11)$$

### 2.6.3 – Transformada de Hadamard

A transformada direta de Hadamard  $H(u)$  e sua inversa  $f(x)$  unidimensional são definidas conforme equações (2.12) e (2.13) respectivamente:

$$H(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) (-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} b_i(x)b_i(u)} \quad (2.12)$$

e:

$$f(x) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} H(u) (-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} b_i(x)b_i(u)} \quad (2.13)$$

onde:

$b_k(z)$  é o  $k$ -ésimo bit na representação binária de  $z$ .

A transformada discreta de Hadamard bidimensional  $H(u, v)$  e sua inversa  $f(x, y)$  são definidas conforme Equações (2.14) e (2.15) respectivamente.

$$H(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) (-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} [b_i(x)b_i(u) + b_i(y)b_i(v)]} \quad (2.14)$$

e:

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} H(u, v) (-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} [b_i(x)b_i(u) + b_i(y)b_i(v)]} \quad (2.15)$$

#### 2.6. 4 - Transformada Cosseno Discreta

O processo de compressão JPEG é iniciado com a aplicação de uma transformada à imagem chamada transformada do cosseno discreta bidimensional. A maioria dos sistemas práticos de codificação por transformada baseia-se na transformada cosseno discreta (DCT), que apresenta um bom compromisso entre a habilidade de empacotar a informação e a complexidade computacional, por isso as propriedades da DCT provaram ter tanto valor prático que ela se tornou um padrão internacional para sistemas de codificação por transformadas. Comparada com outras transformadas independentes da entrada como a DFT e WHT, ela tem a vantagem de ser implementada em um único circuito integrado, de empacotar a maior parte da informação no menor número de coeficientes (para a maioria das imagens naturais), e a de minimizar a aparência de blocos, chamada artefato de blocos que resulta quando as fronteiras entre as subimagens se tornam visíveis [2]. A transformada cosseno discreta  $C(u)$  e a sua inversa  $f(x)$  unidimensionais são definidas conforme Equações (2.16) e (2.17) respectivamente.



$$C(u) = \alpha(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \quad (2.16)$$

e:

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} \alpha(u) C(u) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \quad (2.17)$$

As Equações (2.18) e (2.19) mostram a transformada cosseno discreta bidimensional  $C(u,v)$  e a sua inversa  $f(x,y)$  respectivamente.

$$C(u, v) = \alpha(u)\alpha(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (2.18)$$

e:

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \alpha(u)\alpha(v) C(u, v) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (2.19)$$

onde:

$$\alpha(u) = \sqrt{\frac{1}{N}} \quad \text{para } u = 0$$

$$\alpha(u) = \sqrt{\frac{2}{N}} \quad \text{para } u = 1, 2, \dots, N-1$$

$$\alpha(v) = \sqrt{\frac{1}{N}} \quad \text{para } v = 0$$

$$\alpha(v) = \sqrt{\frac{2}{N}} \quad \text{para } v = 1, 2, \dots, N-1$$

## 2.7 – Padronização JPEG

A padronização JPEG define três diferentes sistemas de codificação: (1) um sistema de codificação *linha-base*, com perdas, que se baseia na DCT e é adequada a maioria das aplicações de compressão; (2) um sistema de codificação estendido para aplicações de maior precisão, maior compressão e de reconstrução progressiva; e (3) um sistema de codificação independente sem perdas para compressão reversível [2].

No sistema *linha-base* ou *linha-base seqüencial*, a precisão de entrada e saída são limitadas a 8 bits, enquanto que os valores quantizados da DCT são restritos a 11 bits. A imagem é em primeiro lugar subdividida em blocos de pixel de tamanho 8 x 8, que são processados da esquerda para a direita e de cima para baixo. Na medida em que cada bloco ou sub-imagem 8 x 8 é encontrado, seus 64 pixels tem seus níveis deslocados por  $2^{n-1}$  onde  $2^n$  é o maior número de níveis de cinza. Depois disto, a transformada cosseno discreta bidimensional é computada quantizada e reordenada, usando o padrão em ziguezague para formar uma seqüência unidimensional de coeficientes quantizados [2].

No estágio de quantização dos blocos, divide-se cada uma delas por uma matriz de quantização de luminância JPEG. A matriz de quantização de luminância JPEG recomendada é mostrada na Tabela 2.2, podendo ser normalizada em escala para fornecer uma variedade de níveis de compressão. Embora as tabelas de codificação padrão e as matrizes de quantização sejam fornecidas para processamento tanto de luminância quanto de crominância, o usuário é livre para construir tabelas e/ou matrizes, que podem, na verdade, ser adaptadas às características da imagem sendo comprimida.

*Tabela 2.2 - Uma Matriz de quantização de luminância JPEG típica.*

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Para aumentar a probabilidade de encontrar seqüências maiores de zeros nos blocos quantificados, o codificador percorre os coeficientes no percurso em zigue-zague [1], promovendo o reordenamento dos coeficientes da matriz de uma maneira eficiente formando um vetor unidimensional.

Após esse processo, o coeficiente dc é tratado separadamente dos 63 coeficientes ac. Em geral os coeficientes ac são codificados usando o código de tamanho variável que define o valor do coeficiente e o número de zeros precedentes. Devido ao fato de haver uma forte relação entre os coeficientes dc dos blocos adjacentes 8 x 8, eles são codificados pela diferença relativa aos coeficientes da sub-imagem prévia. Este tratamento especial é muito útil já que o coeficiente dc freqüentemente contém uma fração significativa da energia total da imagem [4].

## **2.8 - Considerações Finais deste Capítulo**

Este capítulo descreveu os conceitos de redundâncias, os estágios da codificação, a codificação preditiva, o método de quantização de Lloyd-Max, as transformadas mais utilizadas em compressão de imagens: a transformada discreta de Fourier, a transformada Walsh, a transformada de Hadamard e a transformada Cosseno discreta e o processo de padronização JPEG.

# CAPÍTULO III

## ALGORITMOS GENÉTICOS NA OBTENÇÃO DA TABELA DE QUANTIZAÇÃO

### 3.1 – Introdução

Os algoritmos genéticos foram desenvolvidos por John Holland e seus alunos na Universidade de Michigan. A principal proposta de seu trabalho de pesquisa foi (1) abstrair e explicar, rigorosamente, o processo adaptativo de sistemas naturais, e (2) desenvolver softwares de sistemas artificiais que retêm mecanismos dos sistemas naturais. Suas pesquisas levaram às importantes descobertas nos campos das ciências natural e artificial [5].

Algoritmos genéticos são algoritmos de busca baseados nos mecanismos de seleção natural e reprodução genética. Eles combinam a sobrevivência dos cromossomos mais aptos ao longo da estrutura para um determinado número de gerações, onde são realizados cruzamentos aleatórios das informações. A estrutura do algoritmo é composta basicamente de três operações: reprodução, crossover e mutação.

A reprodução é um processo no qual os cromossomos individuais são copiados de acordo com seus valores de função objetiva  $f_i$  (biólogos chamam a reprodução de função de aptidão), intuitivamente podemos pensar na função  $f_i$  como sendo alguma medida de lucro, ou utilização, etc., que se quer maximizar. A produção de cromossomos de acordo com sua função de aptidão significa que aqueles com os mais altos valores terão maior probabilidade de contribuir com um ou mais descendentes na próxima geração [5]. Existem diversas maneiras de programar a reprodução e o processo mais fácil é utilizando a roleta, cujo funcionamento é explicado neste capítulo.

Após a reprodução ocorre a atuação dos operadores genéticos (crossover e a mutação). O mecanismo de reprodução e crossover envolvem simplesmente a geração de números aleatórios, cópias de cromossomos e algumas trocas parciais de cromossomos. A importância da combinação na reprodução e sua estruturação por meio da troca aleatória de informações do crossover promovem a maior parte da eficiência do algoritmo genético.

Mas pode-se perguntar: Como a atuação de dois simples operadores pode resultar em algo realmente útil? A resposta a esta pergunta foi mais bem elaborada pelo matemático J. Hadamard. Ele sugeriu que o fator principal para a ocorrência de um determinado acontecimento em um mecanismo de descoberta mais humano possível, é causado por uma justaposição de idéias diferentes, em outras palavras, é mais freqüente a aplicação da justaposição de coisas que tiveram bons resultados no passado [5].

Mesmo que o processo de reprodução e o crossover cheguem a novas soluções, eles tendem a causar uma rápida convergência havendo o risco de se perder material genético potencialmente útil, por isso é necessário aplicar a mutação na etapa seguinte.

Os intervalos de busca têm sido estudados considerando suas várias formas e tamanhos. A idéia é poder aproximar-se do resultado esperado dentro de um espaço de busca finito. Em muitos casos, ele é muito grande para localizar um indivíduo de cada vez dentro um universo de indivíduos e ainda ter a chance de usar sua informação para alguma finalidade prática. Ademais, testes constataram que menores intervalos de busca produziram resultados mais parecidos com problemas reais [5].

Este capítulo descreve o processo completo referente a geração da tabela robusta de quantização usando método de algoritmo genético. No último tópico é realizado um exemplo mostrando todos os passos do programa, desde as informações de entrada até a resposta obtida na saída. São apresentados ainda, os dados comparativos da SNR e MSE entre a tabela de

quantização padrão JPEG e a tabela gerada pelo AG de uma imagem natural da *Lenna*. E finalmente são realizadas as considerações finais deste capítulo.

Processos aleatórios de busca têm alcançado um número cada vez maior de popularidade na medida em que os pesquisadores têm reconhecido sua facilidade de implementação na base de cálculo. A escolha aleatória como uma ferramenta em um processo de busca direta parece estranha à primeira vista, mas é extremamente eficiente, pois suas aplicações têm sido comprovadas em muitos exemplos observados na natureza [5].

### 3.2 – Algoritmos Genéticos

Em algoritmos genéticos a função de aptidão individual “ $f_i$ ” é a verificação da qualidade da população inicial, esta função é definida pela medição da SNR. Para se obter a aptidão total da população “ $S$ ” definida na Equação (3.1), basta somar as diversas funções de aptidão de uma determinada geração.

$$S = \sum_{i=1}^{POP} f_i \quad (3.1)$$

O somatório é realizado para  $i = 1$  até o tamanho da população (número de cromossomos). Com a função de aptidão e a aptidão total da população, calcula-se a probabilidade do cromossomo ser selecionado ( $p_i$ ), pela Equação (3.2).

$$p_i = \frac{f_i}{S} \quad (3.2)$$

Depois é necessário calcular o ajuste acumulado ( $c_i$ ), fazendo-se um somatório dos graus de adaptação de cada cromossomo [4], adicionando-se todas as aptidões precedentes dos membros da população conforme a Equação (3.3).

$$c_i = \sum_{k=1}^i p_k, \quad (3.3)$$

onde  $i = 1, 2, 3, \dots$ , tamanho da população.

Na roleta os cromossomos possuem partes proporcionais de acordo com seus ajustes. Naturalmente um mau cromossomo com menor grau de adaptação pode ser selecionado, mas isso apenas contribui para uma maior diversidade genética no modelo [6]. É importante observar que o número de pais a serem selecionados é o mesmo número de indivíduos a serem substituídos, isto é necessário para manter constante o número de indivíduos ao longo das gerações [6].

A reprodução é uma operação implementada utilizando-se uma roleta, cuja área é segmentada em tamanhos proporcionais as aptidões individuais ( $p_i$ ).

Com a finalidade de escolher um determinado cromossomo representado por uma respectiva fatia na roleta, gera-se um número aleatório ( $r$ ) com uma função densidade de probabilidade uniforme com média nula. Em seguida especifica-se qual cromossomo deve ser escolhido obedecendo a seguinte regra de decisão.

Regra de decisão: Supondo-se os seguintes valores de ajustes:  $p_1 = 0,30$ ;  $p_2 = 0,20$ ;  $p_3 = 0,40$  e  $p_4 = 0,1$ , seus ajustes acumulados serão:  $c_1 = 0,30$ ;  $c_2 = 0,50$ ,  $c_3 = 0,90$  e  $c_4 = 1,0$ . Seja o primeiro número aleatório gerado  $r = 0,25$  ( $r < c_1$ ), o cromossomo 1 referente a  $c_1$  será selecionado, supondo que o próximo número aleatório gerado é  $r = 0,96$  ( $c_3 < r < c_4$ ) o cromossomo 4 será selecionado, e assim por diante.



A reprodução implementada utilizando-se uma roleta é utilizada 2 vezes, uma para cada cromossomo do par.

Para escolher o primeiro cromossomo do par gera-se um número aleatório  $r$  e obedecendo a regra de decisão escolhe-se um cromossomo de uma população de tamanho ( $pop$ ). Para escolher o segundo cromossomo do par gera-se um outro número aleatório  $r$  e usa-se novamente a regra de decisão. Ao final deste processo serão gerados  $pop/2$  pares de cromossomos a serem submetidos à operação de crossover. É importante lembrar que por esse método não existe nenhum impedimento em se ter cromossomos idênticos. Os cromossomos que foram gerados por esse processo terão proporcionalmente mais chances de se reproduzirem.

Na etapa do crossover é decidido qual dos pares anteriormente gerados sofrerão cruzamento. Gera-se um número aleatório  $r$  para o 1º par e é verificado se esse par sofrerá a operação de crossover utilizando-se a seguinte regra de decisão:

Se  $r < pc_i$ , ocorrerá a operação de crossover entre os cromossomos pertencentes ao par “ $i$ ”. Caso contrário essa operação não será realizada no par “ $i$ ”. Esse processo de geração do número aleatório “ $r$ ” e a verificação da regra de decisão são feitos para cada um dos “ $pop/2$ ” pares de cromossomos.

A operação de crossover consiste na troca de um conjunto de genes dos pares de cromossomos a partir de uma posição de corte. Isto corresponde a uma divisão do material genético dos pais em um ponto aleatório para misturá-los e gerar dois novos cromossomos que serão os filhos [6]. A faixa de valores recomendada para  $pc$  é de 0.5 a 0.95, tais valores foram obtidos depois de vários experimentos embora não sejam definitivos. Em alguns processos com algoritmos genéticos utilizando crossover e especialmente mutação, essas taxas não precisam permanecer constantes durante o processamento.

Como exemplo de aplicação desse operador assume-se que dois cromossomos compostos de 10 genes cada um foram selecionados para recombinação: são eles 0010011010 e 1101010001, sendo que uma posição de corte é selecionada aleatoriamente entre 1 e o comprimento do cromossomo menos um. Supondo que a posição 6 foi escolhida (Figura 3.1), depois de trocar todos os genes da posição 7 até o fim entre os cromossomos 1 e 2, obtêm-se dois novos cromossomos finalizando o processo.

Cromossomo 1	0 0 1 0 0 1 / <b>1 0 1 0</b>	Novo Cromossomo 1	0 0 1 0 0 1 / <b>0 0 0 1</b>
Cromossomo 2	1 1 0 1 0 1 / <b>0 0 0 1</b>	Novo Cromossomo 2	1 1 0 1 0 1 / <b>1 0 1 0</b>

*Figura 3.1 – Crossover realizado entre dois cromossomos*

Após o crossover ocorrerá a mutação necessária para a introdução e a manutenção genética da população. Este novo operador altera arbitrariamente um ou mais pontos de uma estrutura escolhida, fornecendo assim meios de introdução de novos elementos na população [4]. A mutação é aplicada com probabilidade  $pm$  e sua faixa de valores sugerido experimentalmente são de 0,01 a 0,1. Geralmente utiliza-se uma taxa de mutação pequena pois é um operador genético secundário [6].

A operação de mutação consiste inicialmente na verificação se o 1º cromossomo dentre os  $pop$  cromossomos existentes sofrerá ou não a operação de mutação. Isto é feito considerando-se a seguinte regra de decisão:

Se  $r < pm_i$ , ocorre à mutação. Se  $r > pm_i$  não ocorre à mutação.

Foi adotado um valor igual e constante de  $pm$  para todos os cromossomos. Assim, para cada cromossomo gerou-se um número aleatório e verificou-se se ele sofreria ou não a operação de mutação segundo a regra de decisão citada.

Uma vez feita a escolha de quais cromossomos sofrerão a mutação, ela é realizada gerando-se um número aleatório  $r$  cujo valor inteiro possível de ocorrer situa-se entre 1 até o comprimento do cromossomo  $l_c$ , que representa a localização do gene que sofrerá mutação. Uma vez selecionado a posição do gene relativo a um cromossomo, programa-se a troca de seu conteúdo. A partir do exemplo do cromossomo constituído de genes binários, tem-se que se o conteúdo do gene selecionado pelo processo de mutação é 1, troca-se por 0 ou vice-versa.

Caso o conteúdo do cromossomo não seja binário, pode-se fazer a mutação escolhendo-se aleatoriamente um valor do conteúdo, dentre os valores possíveis existentes.

Como exemplos de aplicação do operador de mutação, são apresentados às situações onde é aplicada a operação de mutação com a restrição descrita anteriormente.

Considere o cromossomo 1 formado de 10 genes, ou seja,  $l_c = 10$ , supondo que o número aleatório gerado  $r$  é 6, ou seja, escolheu-se o gene 6 para sofrer a mutação. Verifica-se para este cromossomo que na posição 6 o seu gene vale 1, então ele deve ser modificado para zero, como mostra a Figura 3.2.

Cromossomo 1	0 0 1 0 0 1 1 0 1 0	Novo Cromossomo 1	0 0 1 0 0 0 1 0 1 0
--------------	---------------------	-------------------	---------------------

*Figura 3.2—mutação realizada em um cromossomo*

Como explicado acima, pode-se verificar que a seleção natural responde pelo ajuste dos cromossomos e pela seleção dos pais, enquanto que o cruzamento e a mutação respondem pela diversidade genética dos filhos [6]. Durante o desenvolvimento do programa deste

trabalho, foi observado que o processo de seleção natural e a atuação dos operadores genéticos possibilitaram selecionar as melhores tabelas ao longo de uma estrutura.

### 3.3 - Tabela de Quantização Padrão de uma Imagem

Nos primeiros experimentos realizados neste trabalho utilizando algoritmos genéticos (AG) em imagens naturais em níveis de cinza de tamanho 256 x 256 a população inicial foi definida como sendo um conjunto de matrizes 8 x 8 cujos coeficientes variavam aleatoriamente, porém não estavam ordenados. Após todo o processo de compressão no padrão JPEG que será detalhado adiante neste capítulo, constatou-se que os coeficientes formados estavam bem diferentes daqueles encontrados na tabela de quantização padrão, ou seja, não se obteve uma boa tabela de quantização ao final do processo como se pode observar na Tabela 3.1.

*Tabela 3.1–Tabela de quantização obtida pelo algoritmo genético.*

11	191	116	92	105	159	120	178
6	143	2	2	96	122	200	66
53	223	18	148	203	228	177	183
23	29	31	235	103	99	30	239
82	74	80	51	194	69	190	13
7	245	44	238	23	123	74	85
251	205	26	157	226	85	13	88
212	205	7	155	234	6	24	159

Comparando-se a 1º sub-imagem de entrada com a 1º sub-imagem recuperada a tabela erro ficou com valores altos como mostra a Tabela 3.2, o que reforça a importância de uma escolha mais adequada para a população inicial.

Tabela 3.2 – Erro entre uma sub-imagem original e a sua sub-imagem recuperada

5	-180	-106	-76	-81	-119	-69	-117
6	-131	12	17	-70	-64	-140	-11
-39	-210	-2	-124	-163	-171	-108	-127
-9	-12	-9	-206	-52	-12	50	-177
-64	-52	-43	5	-126	40	-87	64
17	-210	11	-174	58	-19	39	7
-202	-141	52	-70	-123	36	107	13
-140	-113	88	-57	-122	94	79	-60

Wallace [4] descreveu um estudo do processo de compressão de imagens estáticas e de tons contínuos chamado JPEG usando o sistema de codificação linha base com perdas. Nesse sentido foi mostrado um exemplo utilizando uma matriz de quantização de luminância JPEG recomendada. Essa tabela de quantização que tem sido usada extensivamente nos esforços de padronização JPEG, pondera cada coeficiente de uma sub-imagem transformada de acordo com a importância perceptual ou psicofísica determinada heurísticamente [2]. A Tabela 3.3 mostra a tabela de quantização padrão JPEG.

Tabela 3.3 – Tabela de quantização padrão JPEG

<b>16</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	24	40	51	61
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	26	58	60	55
<b>14</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	40	57	69	56
<b>14</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	51	87	80	62
18	22	37	56	<b>68</b>	<b>109</b>	<b>103</b>	<b>77</b>
24	35	55	64	<b>81</b>	<b>104</b>	<b>113</b>	<b>92</b>
49	64	78	87	<b>103</b>	<b>121</b>	<b>120</b>	<b>101</b>
72	92	95	98	<b>112</b>	<b>100</b>	<b>103</b>	<b>99</b>

Observando mais detalhadamente a Tabela 3.3, pode-se verificar uma característica própria de distribuição dos seus coeficientes. Os maiores coeficientes em negrito estão localizados na parte inferior direita, enquanto que os menores coeficientes também em negrito, estão localizados na parte superior esquerda da tabela, com este resultado considerou-

se neste trabalho que as matrizes candidatas tenham esse mesmo perfil como mostrado na Tabela 3.4.

*Tabela 3.4 – Distribuição dos coeficientes na matriz de quantização JPEG 8 x 8.*

Coeficientes com os valores mais baixos da matriz (sub-matriz 4x4)	
	Coeficientes com os valores mais altos da matriz (sub-matriz 4x4)

### **3.4 – Descrição da Programação na Obtenção da Tabela Robusta de Quantização utilizando Algoritmo Genético.**

A tabela de quantização é o principal elemento relacionado ao desempenho da relação fidelidade/compressão na codificação JPEG [7]. Alguns artigos publicados para geração de uma tabela robusta de quantização usaram métodos de gradientes, técnicas de otimização estocástica, quantização adaptativa, Maximum Likelihood Estimation (MLE) e técnicas baseadas no domínio da frequência e sensibilidade do sistema visual humano [7 - 12]. Nesta dissertação é realizada uma comparação da qualidade da imagem recuperada obtida por duas tabelas diferentes: a tabela padrão JPEG e a tabela gerada pelo método de algoritmos genéticos, onde o fator de qualidade analisado foi a análise da relação sinal ruído (SNR).

Antes de iniciar um exemplo de geração de uma tabela robusta de quantização utilizando algoritmo genético foram realizadas duas alterações importantes em relação ao programa inicial: a primeira foi o ajuste na distribuição dos coeficientes das matrizes que formam a população inicial (*B*), e a segunda foi a introdução de *grupos de células* para haver uma melhor distribuição e facilidade de visualização das matrizes geradas em cada etapa do

programa, diminuindo-se com isso consideravelmente o tempo de processamento do programa.

### 3.5 - Dados de Entrada e Saída do Programa

Os 5 parâmetros de entrada do programa são:

- **pop** - representa o número de cromossomos ou matrizes do programa;
- **gerações** - define o número de gerações do programa;
- **imagem** - representa a imagem de entrada escolhida para análise;
- **pc** – taxa de crossover ou cruzamento – 0,6, e;
- **pm** – taxa de mutação – 0,1.

Os três primeiros dados são fornecidos pelo usuário, e os dois últimos, referentes às taxas dos operadores genéticos (crossover e mutação) são fixados em valores típicos.

Os dados de saídas do programa são:

- **MSE padrão** - erro quadrático médio da tabela de quantização padrão;
- **SNR padrão** - relação sinal ruído da tabela de quantização padrão;
- **MSE** - erro quadrático médio para a tabela do AG;
- **SNR** - relação sinal ruído para a tabela do AG.

A Figura 3.3 mostra o fluxograma desse algoritmo

O algoritmo deste trabalho para a obtenção da tabela de quantização utilizando algoritmos genéticos é descrito passo a passo a seguir.

1. O programa lê o arquivo da imagem de entrada, e o número de linhas e colunas desta imagem;

*lenna.bmp* – imagem de 256 linhas e 256 colunas em níveis de cinza com 8 bits/pixel

2. A imagem original é subdividida da esquerda para a direita e de cima para baixo em 1024 sub-imagens 8x 8. A Tabela 3.5 mostra uma sub-imagem original.

*Tabela 3.5 – Bloco 8 x 8 obtido da imagem original*

63	63	58	59	52	54	52	55
57	59	56	58	51	52	49	52
56	59	55	54	45	51	57	67
52	59	58	57	49	59	72	87
45	54	57	64	65	77	83	90
49	52	52	64	75	91	92	90
53	56	57	69	81	99	100	98
49	61	70	84	90	104	105	105

3. O padrão JPEG estipula que deve ser feito uma subtração em todos os 64 coeficientes do bloco 8 x 8 de um fator igual a  $2^{n-1}=128$ . O resultado obtido desse deslocamento de nível está mostrado na Tabela 3.6. Somente após esse deslocamento é que se aplica a transformada DCT na matriz deslocada cujo resultado está apresentado na Tabela 3.7.

*Tabela 3.6 – Matriz resultante do deslocamento dos coeficientes do bloco 8 x 8.*

-65	-65	-70	-69	-76	-74	-76	-73
-71	-69	-72	-70	-77	-76	-79	-76
-72	-69	-73	-74	-83	-77	-71	-61
-76	-69	-70	-71	-79	-69	-56	-41
-83	-74	-71	-64	-63	-51	-45	-38
-79	-76	-76	-64	-53	-37	-36	-38
-75	-72	-71	-59	-47	-29	-28	-30
-79	-67	-58	-44	-38	-24	-23	-23



Tabela 3.7 – DCT da sub-imagem deslocada

526.00	-71.8941	9.8853	-5.8660	-4.7500	-0.2492	-0.3062	-11.5495
-76.2494	72.5368	11.9364	-11.5867	5.3600	-0.0061	0.0911	-0.1267
18.2494	8.7809	-15.4767	9.8695	0.0000	0.4775	0.2286	-0.0279
0.1164	-6.0510	-4.2253	12.3036	-0.3438	-0.2810	-0.1828	0.5170
12.0000	-4.0047	0.2310	-10.4755	-0.2500	-0.0520	-0.0957	-0.3140
-0.1322	0.0030	11.5855	0.1457	0.0194	0.3211	0.1951	0.2042
0.2882	0.1618	0.4786	0.3521	0.0000	0.2887	-0.2736	-0.1649
-0.2346	-0.1999	-0.2733	0.2509	-0.1646	-0.1067	0.2005	-0.1615

4. Na geração da população inicial, cria-se um conjunto de matrizes de coeficientes aleatórios, ordenados em linhas e colunas como sendo matrizes-candidatas à tabela robusta de quantização, onde o número de matrizes é definido pelo usuário pelo parâmetro *pop* (número de cromossomos). Por exemplo, para o número de bits/pixel igual a 8 e o tamanho da população igual a 16 (definido pelo usuário) o programa gera um conjunto de 16 matrizes-candidatas 8 x 8 exemplificadas como mostrado na Tabela 3.10. Nesta figura as 16 matrizes são mostradas da esquerda para a direita e de cima para baixo, nesta ordem.

Tabela 3.8 – As 16 matrizes – candidatas ( $B(i)$ ) a tabela robusta de quantização do algoritmo

3	11	12	15	20	43	67	89
6	15	19	46	53	59	76	110
9	17	30	49	60	72	84	114
13	22	34	49	67	73	90	115
14	28	36	55	71	79	105	117
16	30	41	57	78	86	113	122
19	32	43	67	92	103	115	123
22	42	59	72	108	111	116	124

1	8	16	31	36	63	90	107
5	9	24	40	60	63	92	111
6	20	33	43	60	79	99	116
12	23	48	53	66	80	99	117
23	25	49	54	66	89	101	118
23	28	49	60	76	94	103	121
27	33	57	67	90	98	115	123
33	54	66	70	101	117	117	126

1	13	14	38	43	61	91	99
8	25	35	46	50	69	92	103
13	25	37	55	59	72	96	105
18	30	49	70	76	84	97	106
24	32	52	78	82	90	101	115
25	47	54	81	83	90	104	118
43	60	82	90	103	106	113	119
62	64	89	93	104	111	118	121

1	1	2	25	30	56	56	71
1	16	18	27	33	56	72	112
8	17	24	32	40	61	77	112
12	20	28	39	41	75	94	115
14	25	29	40	56	86	102	106
16	26	32	43	63	93	103	123
21	48	48	71	84	99	121	126
36	65	65	81	102	110	126	126

## TESTEPÁSGINA

3	7	18	24	26	67	91	114
6	19	33	41	65	86	91	115
7	21	39	56	74	90	105	115
21	32	51	59	75	90	109	120
22	47	69	69	77	93	113	123
30	61	71	82	85	93	114	124
54	66	74	82	86	100	114	124
64	74	81	84	91	117	119	125

1	10	15	35	36	47	66	98
3	13	26	41	50	64	74	105
6	14	33	42	51	64	90	106
7	19	35	50	61	65	92	109
12	24	48	52	64	82	100	118
17	36	63	67	68	90	108	123
25	45	63	72	94	110	112	125
33	66	75	99	105	114	120	125

2	7	18	29	30	48	73	99
4	16	22	37	54	65	88	107
5	16	26	45	57	80	102	113
6	20	29	47	62	84	103	123
10	28	31	54	62	95	106	123
11	20	39	58	77	103	112	124
12	22	42	59	97	104	115	126
28	34	46	65	98	108	125	126

1	15	18	29	40	77	78	104
1	10	31	41	62	78	83	106
8	17	33	45	66	80	93	110
9	18	41	55	73	80	98	114
16	19	52	68	74	83	104	115
17	45	62	71	75	91	106	116
29	47	64	78	96	99	109	118
46	49	70	89	98	108	112	126

1	4	5	20	40	40	64	91
1	17	26	34	51	66	73	99
2	18	42	53	62	80	84	114
5	41	49	59	69	84	95	118
8	46	66	71	86	90	111	120
10	47	75	79	92	111	112	121
10	62	77	84	94	113	120	123
58	98	99	110	110	114	121	126

3	5	28	31	34	44	83	96
4	10	29	33	37	77	98	107
9	13	31	35	50	81	100	107
9	15	32	42	78	84	103	116
10	22	41	57	80	87	105	118
10	42	62	70	83	98	113	120
30	44	66	74	86	99	115	120
35	56	69	78	99	102	119	125

3	6	11	26	42	47	59	68
6	17	25	35	49	53	89	111
8	20	32	39	61	67	90	116
9	20	32	44	66	84	106	116
11	23	33	49	70	102	108	119
14	26	40	50	71	107	117	122
19	30	49	71	84	111	118	124
22	32	56	91	99	112	119	125

1	9	22	26	33	60	91	100
6	18	25	31	48	66	95	106
6	20	29	43	60	71	97	108
10	24	30	47	69	84	99	16
12	35	45	58	70	88	102	123
22	38	47	63	71	94	105	123
25	40	54	64	75	97	110	123
35	51	56	72	77	101	122	125

1	5	12	17	50	67	77	88
1	8	16	47	51	71	80	92
4	10	39	51	63	71	83	95
8	18	39	56	63	62	84	114
17	31	43	53	67	76	85	115
18	33	49	63	69	90	104	118
21	33	55	63	74	95	112	121
27	52	62	89	99	99	118	125

5	14	17	23	44	68	88	91
10	25	31	33	56	71	91	106
11	31	34	49	63	73	94	116
13	31	42	52	66	83	94	117
14	38	53	62	70	85	110	118
18	39	57	68	81	104	112	119
33	44	65	82	91	107	114	120
73	10	106	106	116	116	117	125

3	13	35	52	60	73	86	109
4	22	43	53	69	84	101	111
9	30	49	62	71	92	110	113
12	38	50	65	76	100	110	121
21	41	52	62	80	100	113	122
32	46	53	78	83	102	120	122
34	46	63	91	94	102	120	124
40	51	68	97	100	104	122	125

1	13	14	38	43	61	91	99
8	25	35	46	50	69	92	103
13	25	37	55	59	72	96	105
18	30	49	70	76	84	97	106
24	32	52	78	82	90	101	115
25	47	54	81	83	90	104	118
43	60	82	90	103	106	113	119
62	64	89	93	104	111	118	121

As matrizes-candidatas B(1) até B(16) estão organizadas em forma de células, como mostrado na Figura 3.3. Pode-se observar que cada cromossomo é equivalente a uma matriz.

<b>CROMOSSOMO 1</b> →	[8x8 double]
<b>CROMOSSOMO 2</b> →	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
.	[8x8 double]
<b>CROMOSSOMO 16</b> →	[8x8 double]

Figura 3.3 – Estrutura que contém as 16 matrizes-candidatas a tabela de quantização

5. Utiliza-se neste passo a Equação (3.4) para normalizar e quantizar os coeficientes da matriz DCT da sub-imagem deslocada. Como existem 16 matrizes candidatas a tabela robusta de quantização produzidas no passo 4 para cada sub-imagem original, então serão produzidas 16 matrizes normalizadas e quantizadas. A Tabela 3.9 apresenta um exemplo do resultado da combinação entre a matriz DCT mostrada na Tabela 3.7 com a segunda matriz candidata apresentada na tabela 3.8. Pode-se observar que com a normalização e a quantização é gerado um grande número de coeficientes nulos em cada matriz resultante, onde os mesmos devem ser reordenados usando o padrão zigue-zague para a construção do código JPEG;

$$quant(i) = round \left[ \frac{transf}{B(i)} \right] \quad (3.4)$$

*Tabela 3.9 - Matriz quantizada e normalizada (quant).*

525	-8	0	0	0	0	0	0
-15	8	0	0	0	0	0	0
3	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

6. Pelo padrão JPEG os coeficientes reordenados no passo 5 devem ser codificados utilizando-se o código de Huffman antes deles serem transmitidos. Assume-se neste trabalho que os processos de codificação no transmissor e decodificação no receptor já foram efetuados e prossegue-se para o passo 7 do fluxograma. Este estágio é responsável pela desnormalização obtida utilizando-se a Equação (3.5). A Tabela 3.10 apresenta um exemplo do resultado da aplicação da Equação (3.5) na Tabela 3.9. Vale lembrar que existem 16

matrizes desnormalizadas, onde cada uma delas é relativa a uma correspondente matriz candidata à tabela robusta de quantização;

$$dequant = quant(i) \times B(i) \quad (3.5)$$

Tabela 3.10 - Matriz dos coeficientes quantizados e desnormalizados

525	-64	0	0	0	0	0	0
-75	72	0	0	0	0	0	0
18	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

7. A seguir aplica-se a transformada inversa cosseno em cada uma das 16 matrizes desnormalizadas geradas no passo 6 resultando em 16 matrizes IDCT. O primeiro bloco reconstruído apresentado na Tabela 3.11 representa o resultado da aplicação da IDCT na Tabela 3.10;

Tabela 3.11 – Bloco 8 x 8 reconstruído

61.7799	60.8331	59.0838	56.7982	54.3243	52.0387	50.2894	49.3427
59.4014	58.8560	57.8482	56.5315	55.1062	53.7895	52.7817	52.2363
55.7532	55.9493	56.3117	56.7852	57.2977	57.7711	58.1335	58.3296
52.4465	53.6115	55.7641	58.5766	61.6208	64.4333	66.5859	67.7508
50.7313	52.9450	57.0353	62.3795	68.1641	73.5083	77.5986	79.8123
50.8688	54.0513	59.9318	67.6150	75.9313	83.6146	89.4951	92.6776
52.0913	56.0154	63.2660	72.7395	82.9935	92.4670	99.7177	103.6417
53.1570	57.4824	65.4746	75.9169	87.2196	97.6619	105.6541	109.9795

8. Serão calculados para cada uma das 16 tabelas candidatas, 1024 valores de erro quadrático médio (MSE) onde cada valor de MSE é calculado entre os coeficientes da sub-matriz original 8 x 8 e os coeficientes da sub-matriz reconstruída correspondente a sub-matriz

original usando a Equação do erro quadrático médio (Equação (1.3)) mostrada no capítulo 1 desta dissertação.

9. Determina-se a seguir 1024 valores de SNR correspondentes a todas as sub-imagens onde os seus coeficientes são determinados utilizando-se a Equação (1.4) e os valores do MSE determinados no passo 8. Depois é calculada a média da SNR para cada uma das 16 matrizes-candidatas a tabela de quantização robusta. Cada coeficiente da Tabela 3.12 corresponde a média da SNR da matriz-candidata a tabela de quantização robusta correspondente, ou seja, o primeiro coeficiente dessa tabela por exemplo é o resultado da média da SNR sobre as 1024 sub-imagens utilizando-se a primeira matriz-candidata;

*Tabela 3.12 – Média da SNR da matriz-candidata a tabela de quantização correspondente.*

74369	10594	12264	12323	74762	74456	74081	74614
74127	24690	18453	37154	74262	37180	24780	18574

10. Inicia-se o processo de avaliação da população, onde é verificada a função de aptidão de cada uma das 16 matrizes-candidatas à tabela de quantização robusta. A função de aptidão é a função que se quer otimizar, pois ela produz a informação de desempenho de cada matriz. Neste trabalho foi considerado que a função de aptidão individual (*apt*) que é a medida da verificação da qualidade de cada uma das matrizes deve ser a relação sinal ruído referente a cada matriz-candidata a tabela de quantização robusta conforme Tabela 3.13;

*Tabela 3.13– Função de aptidão (*apt*).*

74369	10594	12264	12323	74762	74456	74081	74614
74127	24690	18453	37154	74262	37180	24780	18574

11. Fazendo-se o somatório dos 16 valores da aptidão individual de cada matriz-candidata mostrada na Tabela 3.13, determina-se a aptidão total da população, utilizando-se a Equação (3.10);

$$S = \sum_{i=1}^{POP} apt \quad (3.10)$$

Para a tabela de quantização mostrada na Tabela 3.1, o valor de S é igual a 716683.

12. Com a aptidão total da população calculada no passo 11, determina-se a seguir a probabilidade de cada uma das 16 matrizes – candidatas serem selecionadas (*prob*) usando a Equação (3.11). Cada coeficiente (*i*) da Tabela 3.14 representa a probabilidade da matriz – candidata (*i*) ser selecionada;

$$prob_i = \frac{apt_i}{S} \quad (3.11)$$

Tabela 3.14 – Probabilidade de o indivíduo vir a ser selecionado (*prob*).

0.1038	0.0148	0.0171	0.0172	0.1043	0.1039	0.1034	0.1041
0.1034	0.0344	0.0257	0.0518	0.1036	0.0519	0.0346	0.0259

13. O processo final de avaliação da população é a obtenção de 16 probabilidades acumuladas de cada uma das 16 matrizes-candidatas. A probabilidade acumulada  $cs_i$  é determinada somando-se a probabilidade atual ( $p_i$ ) com todas as probabilidades que o antecedem ( $p_{i-k}$ ), conforme mostra a Equação (3.12). Desta forma cada coeficiente *i* da matriz de probabilidade acumulada mostrada na Tabela 3.15 é o resultado da soma entre as *k* probabilidades (*prob*) que o antecedem obtida da Tabela 3.14.

$$cs_i = \sum_{k=1}^i prob_k \quad (3.12)$$

Tabela 3.15 – Probabilidade acumulada ( $cs_i$ )

0.1038	0.1186	0.1357	0.1529	0.2572	0.3611	0.4644	0.5685
0.6720	0.7064	0.7322	0.7840	0.8876	0.9395	0.9741	1.0000

14. Até o passo 13 foram realizadas as verificações da qualidade de cada uma das matrizes - candidatas à tabela de quantização robusta. Esta etapa inicia o processo de seleção natural que vai gerar os pares de matrizes para o cruzamento. Utiliza-se para isso o método da roleta onde cada matriz é representada proporcionalmente ao seu índice de aptidão. Neste trabalho são usadas duas roletas, uma para cada conjunto de “ $pop/2$ ” matrizes 8 x 8, ou seja, a primeira roleta gera 8 matrizes pais (SP) e a segunda roleta gera as outras 8 matrizes pais (SP) totalizando 16 matrizes. Para a escolha da ordem em que vai aparecer cada matriz SP( $i$ ) gera-se um número aleatório  $r[0, 1]$ , se  $r < cs_i$  (determinada no passo 13) a matriz - candidata ( $i$ ) é selecionada. Ao final desta etapa são formadas 16 matrizes SP. A Tabela 3.16 mostra um exemplo da 1ª matriz SP(1) formada pelo método da roleta que será submetida ao cruzamento com o seu par;

Tabela 3.16 – Seleção da 1ª matriz-pai SP(1) pelo método da roleta

3	11	12	15	20	43	67	89
6	15	19	46	53	59	76	110
9	17	30	49	60	72	84	114
13	22	34	49	67	73	90	115
14	28	36	55	71	79	105	117
16	30	41	57	78	86	113	122
19	32	43	67	92	103	115	123
22	42	59	72	108	111	116	124



O processo de seleção natural pode escolher, por exemplo, como pares para o crossover as seguintes matrizes-candidatas: SP(15)x SP(9), SP(3)x SP(4), SP(2)x SP(16), SP(5)x SP(12), SP(13)x SP(6), SP(7)x SP(8), SP(11)x SP(10), SP(14)x SP(1).

15. Na etapa do crossover, nos pares em que ocorre cruzamento, são definidas as posições de corte formando as sub-matrizes, para isso então são gerados 4 números aleatórios que variam dentro do intervalo  $[1, bp]$ , ou seja neste trabalho para as imagens codificadas com 8 bits , o intervalo é  $[1,8]$ . Dois números são escolhidos para as linhas ( $l$ ) e dois outros números para as colunas ( $c$ ). O 1º número é o valor de  $l_1$ , o 2º de  $l_2$ , o 3º de  $c_1$  e o 4º é o valor de  $c_2$ . Essas sub-matrizes são submetidas a uma condição do programa para saber se ocorre ou não troca entre suas linhas e troca entre suas colunas. Se  $l_1 > l_2$  é realizado a troca entre as linhas  $l_1$  e  $l_2$  e se  $c_1 > c_2$  é realizado a troca entre as colunas  $c_1$  e  $c_2$ , caso contrário ocorre somente a troca direta entre as sub-matrizes formadas das matrizes *SP* em pares. A Tabela 3.17 apresenta as matrizes-candidatas SP(15) e SP(9) antes e depois do crossover, onde houve a troca direta entre as sub-matrizes.

Os valores em **negrito** correspondem a sub-matriz formada em cada uma das matrizes. Este processo gera 16 novas matrizes *SP* 8 x 8 que passarão a seguir pelo próximo operador - a mutação;

Tabela 3.17 –  $SP(15)$  e  $SP(9)$  respectivamente antes e depois do crossover.

3	13	35	52	60	73	86	109
4	22	43	53	69	84	101	111
9	30	49	62	71	92	110	113
<b>12</b>	<b>38</b>	<b>50</b>	<b>65</b>	<b>76</b>	<b>100</b>	110	121
<b>21</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>62</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	113	122
32	46	53	78	83	102	120	122
34	46	63	91	94	102	120	124
40	51	68	97	100	104	122	125

SP{15} antes

1	4	5	20	40	40	64	91
1	17	26	34	51	66	73	99
2	18	42	53	62	80	84	114
<b>5</b>	<b>41</b>	<b>49</b>	<b>59</b>	<b>69</b>	<b>84</b>	95	118
<b>8</b>	<b>46</b>	<b>66</b>	<b>71</b>	<b>86</b>	<b>90</b>	111	120
10	47	75	79	92	111	112	121
10	62	77	84	94	113	120	123
58	98	99	110	110	114	121	126

SP{9} antes

3	13	35	52	60	73	86	109
4	22	43	53	69	84	101	111
9	30	49	62	71	92	110	113
<b>5</b>	<b>41</b>	<b>49</b>	<b>59</b>	<b>69</b>	<b>84</b>	110	121
<b>8</b>	<b>46</b>	<b>66</b>	<b>71</b>	<b>86</b>	<b>90</b>	113	122
32	46	53	78	83	102	120	122
34	46	63	91	94	102	120	124
41	51	68	97	100	104	122	125

SP{15} depois

1	4	5	20	40	40	64	91
1	17	26	34	51	66	73	99
2	18	42	53	62	80	84	114
<b>12</b>	<b>38</b>	<b>50</b>	<b>65</b>	<b>76</b>	<b>100</b>	95	118
<b>21</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>69</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	111	120
10	47	75	79	92	111	112	121
10	62	77	84	94	113	120	123
58	98	99	110	110	114	121	126

SP{9} depois

16. Na etapa de mutação inicialmente gera-se um conjunto de 16 matrizes auxiliares chamadas *probmuta*, cada uma de dimensão 8 x 8 cujos valores variam aleatoriamente no intervalo [0,1], a Tabela 3.18 mostra a primeira matriz *probmuta*. Depois o programa varre todos os coeficientes *probmuta(i)* de cada uma das 16 matrizes e compara o seu valor com *pm*, se *probmuta(i) > pm (1)* o programa segue para o próximo coeficiente desta matriz, até que a condição: *probmuta(i) < pm (2)* seja satisfeita. Então é realizado uma correspondência de 2 parâmetros: matriz e localização (linha e coluna) entre a matriz *probmuta* e a matriz *SP*, ou seja, a coordenada do coeficiente que satisfaz a condição (2) da matriz *probmuta(m)* é a mesma coordenada da matriz *SP* em que haverá a mutação, em outras palavras, é feita a localização do coeficiente a ser submetido à mutação na matriz *SP*. Depois o programa gera um número aleatório *r* que varia no mesmo intervalo de variação dos coeficientes da população inicial e troca-o com o coeficiente já determinado da matriz *SP*. Por exemplo: Seja os seguintes parâmetros: *m* (matriz), *l* (linha) e *c* (coluna) e foram selecionados os seguintes

valores  $m = 15$ ;  $l = 3$  e  $c = 3$ . Supondo que o coeficiente da matriz *probmuta* relativo a essa localização é menor que  $pm$ , então o programa localiza na matriz *SP* o coeficiente correspondente às coordenadas (linha, coluna) determinada, depois ele gera um número aleatório  $r$ , por exemplo (37) e troca-o pelo coeficiente localizado na 15ª matriz *SP* correspondente a 3ª linha e 3ª coluna (49). A Tabela 3.19 mostra o resultado da operação de mutação desse gene na matriz *SP(15)*.

Tabela 3.18 - Primeira matriz de probabilidade de mutação (8x8) (*probmuta* (:,:,1)).

0,2757	0,8753	0,4260	0,5077	0,5083	0,0558	0,4175	0,3607
0,5059	0,0960	0,5609	0,5892	0,0165	0,7208	0,6702	0,0789
0,9521	0,5479	0,6730	0,0702	0,4440	0,8429	0,0820	0,7970
0,8124	0,0746	0,1103	0,0386	0,4423	0,5442	0,8725	0,6608
0,1315	0,9542	0,7614	0,4879	0,5000	0,8507	0,4153	0,2841
0,6175	0,2516	0,4912	0,3002	0,0325	0,1279	0,5566	0,0708
0,4759	0,8483	0,5314	0,0358	0,0196	0,4534	0,5577	0,5060
0,0236	0,4888	0,5983	0,7934	0,2932	0,6225	0,2089	0,9073

Tabela 3.19 - Matriz resultante da atuação dos operadores genéticos (*SP(15)*).

3	13	35	52	60	73	86	109
4	22	43	53	69	84	101	111
9	30	<b>37</b>	62	62	92	<b>108</b>	113
5	41	49	59	69	<b>96</b>	110	121
8	46	66	71	86	90	113	122
32	<b>52</b>	53	78	83	102	120	122
34	46	63	91	94	<b>100</b>	120	124
41	51	68	97	100	104	122	125

Certamente que em cada matriz submetida ao processo de mutação pode haver 64 trocas de coeficientes assim como pode não acontecer nenhuma troca, isso depende somente de satisfazer a condição de mutação estabelecida, na matriz *SP(15)* foram realizadas 5 trocas de coeficientes pelos números aleatórios gerados  $r$ . Depois desse processo as 16 matrizes *SP* são reordenadas em linhas e colunas resultando em 16 novas matrizes chamadas de matrizes

filhas ( $SF$ ). A Tabela 3.20 corresponde a 15ª matriz-filha resultante do processo de mutação e reordenação dos coeficientes;

*Tabela 3.20 - Matriz reordenada em ordem crescente por coluna ( $SF(15)$ ).*

3	13	35	52	60	73	86	109
4	22	37	53	62	84	101	111
5	30	43	59	69	90	108	113
8	41	49	62	69	92	110	121
9	46	53	71	83	96	113	122
32	46	63	78	86	100	120	122
34	51	66	91	94	102	120	124
41	52	68	97	100	104	122	125

17. A seguir as 16 matrizes filhas são usadas como novas matrizes-candidatas a tabela de quantização robusta ( $B$ ), e são submetidas novamente ao processo completo de compressão da imagem que vai do passo 2 até o passo 13 para determinar o novo custo da população ou a nova função de aptidão de cada matriz-filha. Após o cálculo do MSE entre as 1024 sub-imagens originais e reconstruídas e os 1024 valores da relação sinal ruído para cada matriz-candidata, calcula-se da mesma forma que no passo 10 a média da SNR ( $SSNR$ ) para todas as 16 matrizes-candidatas  $SF$  onde o resultado é mostrado na tabela 3.21, por exemplo, o primeiro coeficiente desta tabela é obtido com a soma dos 1024 valores de SNR (para as 1024 sub-imagens) referente a primeira matriz-candidata  $SF$  dividido pelo número de elementos (1024). Desta forma determina-se a função de aptidão das 16 matrizes-filhas chamados “ $Sapt$ ” que estão apresentados na Tabela 3.22;

*Tabela 3.21 – Valores de SNR das matrizes filhas ( $SSNR$ ).*

74386	74271	74440	74440	74479	74410	36908	10588
10588	10588	74714	74271	74378	74890	74479	74410

*Tabela 3.22 – Função de aptidão das matrizes filhas ( $Sapt$ ).*

74386	74271	74440	74440	74479	74410	36908	10588
10588	10588	74714	74271	74378	74890	74479	74410

18. Com a finalidade de saber o desempenho de cada cromossomo pai e filho, comparam-se os valores da função de aptidão das matrizes pais (*apt*) apresentados na Tabela 3.23 com os valores da função de aptidão das matrizes filhas (*Sapt*) conforme Tabela 3.24, em outras palavras comparam-se os coeficientes de SNR das 16 matrizes *SF* com as 16 matrizes *SP* para se determinar as 16 matrizes com as maiores SNR que entrarão na próxima geração como a nova população inicial;

*tabela 3.23– Comparação das funções de aptidão (apt x Sapt).*

apt	74369	10594	12264	12323	74762	74456	74081	74614
	74127	24690	18453	37154	74262	37180	24780	18574
Sapt	74386	74271	74440	74440	74479	74410	36908	10588
	10588	10588	74714	74271	74378	74890	74479	74410

19. O número de vezes que este procedimento é realizado é igual ao número de gerações definidas pelo usuário. No final da última geração, o algoritmo irá comparar a SNR das 16 melhores matrizes produzidas pelo processo de algoritmo genético para se determinar a matriz que apresentar a maior SNR do conjunto. Após 3 gerações definidas pelo usuário, chega-se então a tabela robusta de quantização produzida por AG (Tabela 3.24). Portanto ela será usada no processo de compressão de imagens para gerar a imagem recuperada;

*Tabela 3.24 – Tabela de quantização robusta produzida por AG após 3 gerações*

1	3	6	13	24	51	69	88
2	3	21	33	36	75	82	104
2	12	21	33	40	76	85	114
3	15	26	35	48	77	87	114
18	19	34	39	48	81	100	119
22	26	35	47	61	93	106	121
24	27	43	54	90	105	108	122
42	55	58	106	115	118	121	123

20. Realiza-se o processo de compressão de imagens pelo *sistema linha-base seqüencial* conforme descrito no item 2.8 do capítulo 2 deste trabalho, utilizando-se a matriz de quantização padrão JPEG mostrada na Tabela 3.25.

*Tabela 3.25 – Tabela de quantização padrão JPEG*

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

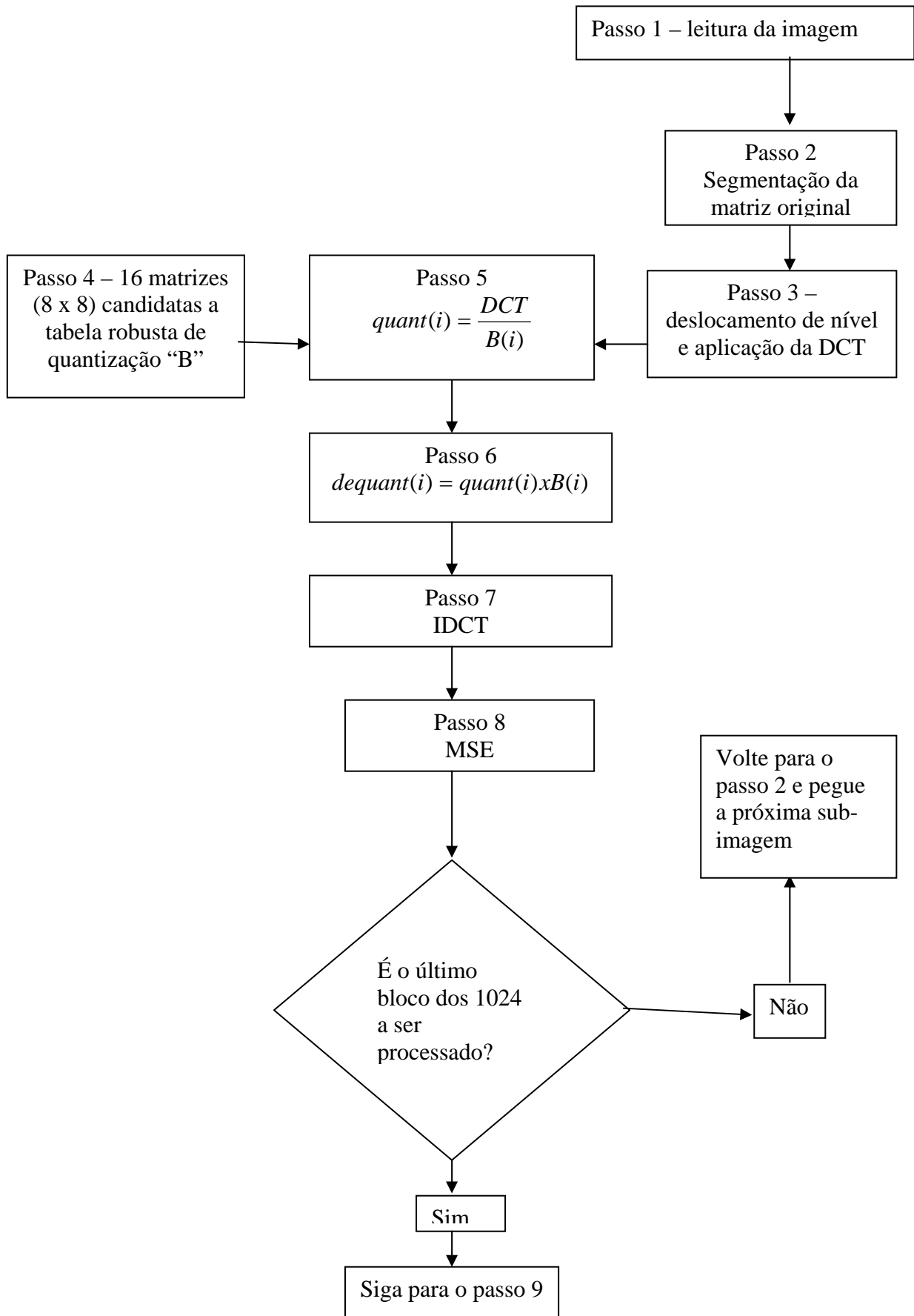
21. Calcula-se a relação sinal ruído e o erro quadrático médio entre a imagem original e a imagem recuperada ao utilizar a tabela padrão JPEG. Finalmente os dados de saída mostrarão a comparação entre a imagem recuperada e a imagem original obtida ao utilizar a pela tabela de quantização do algoritmo deste trabalho e a tabela padrão JPEG. Os dados encontrados pelo programa são:

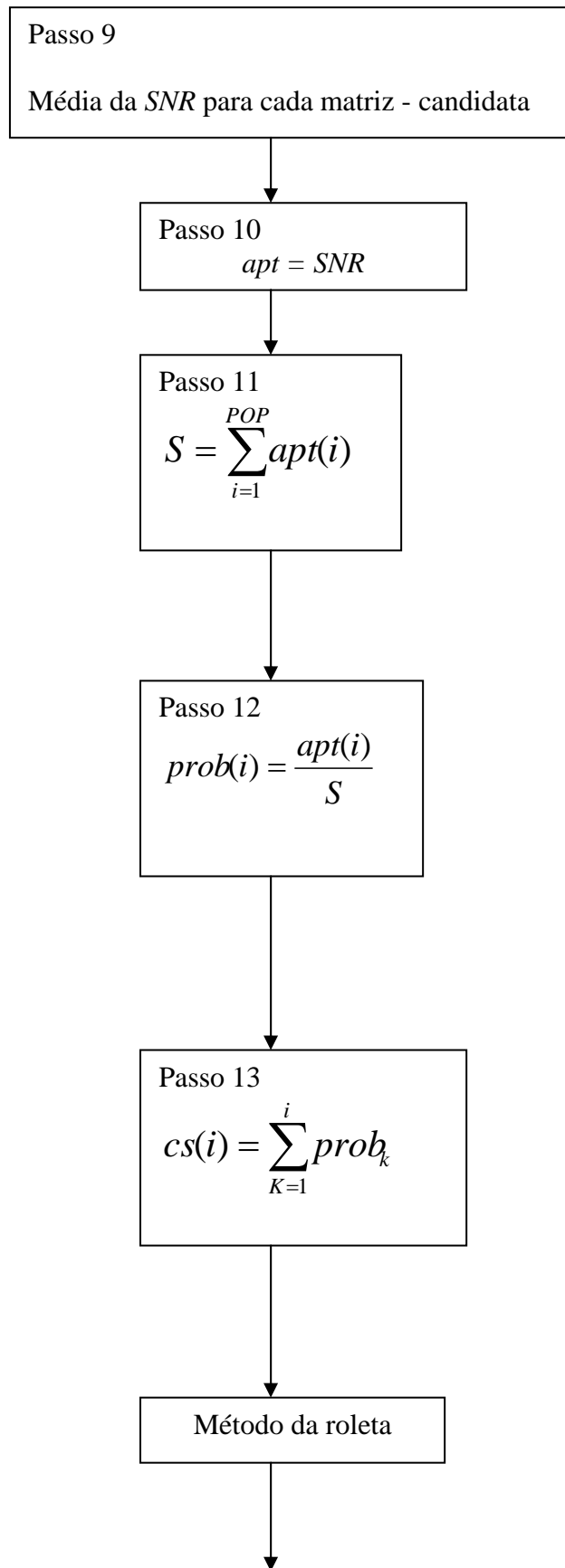
**MSE para a tabela padrão:** 65,9807

**MSE para a tabela do algoritmo:** 65,4638

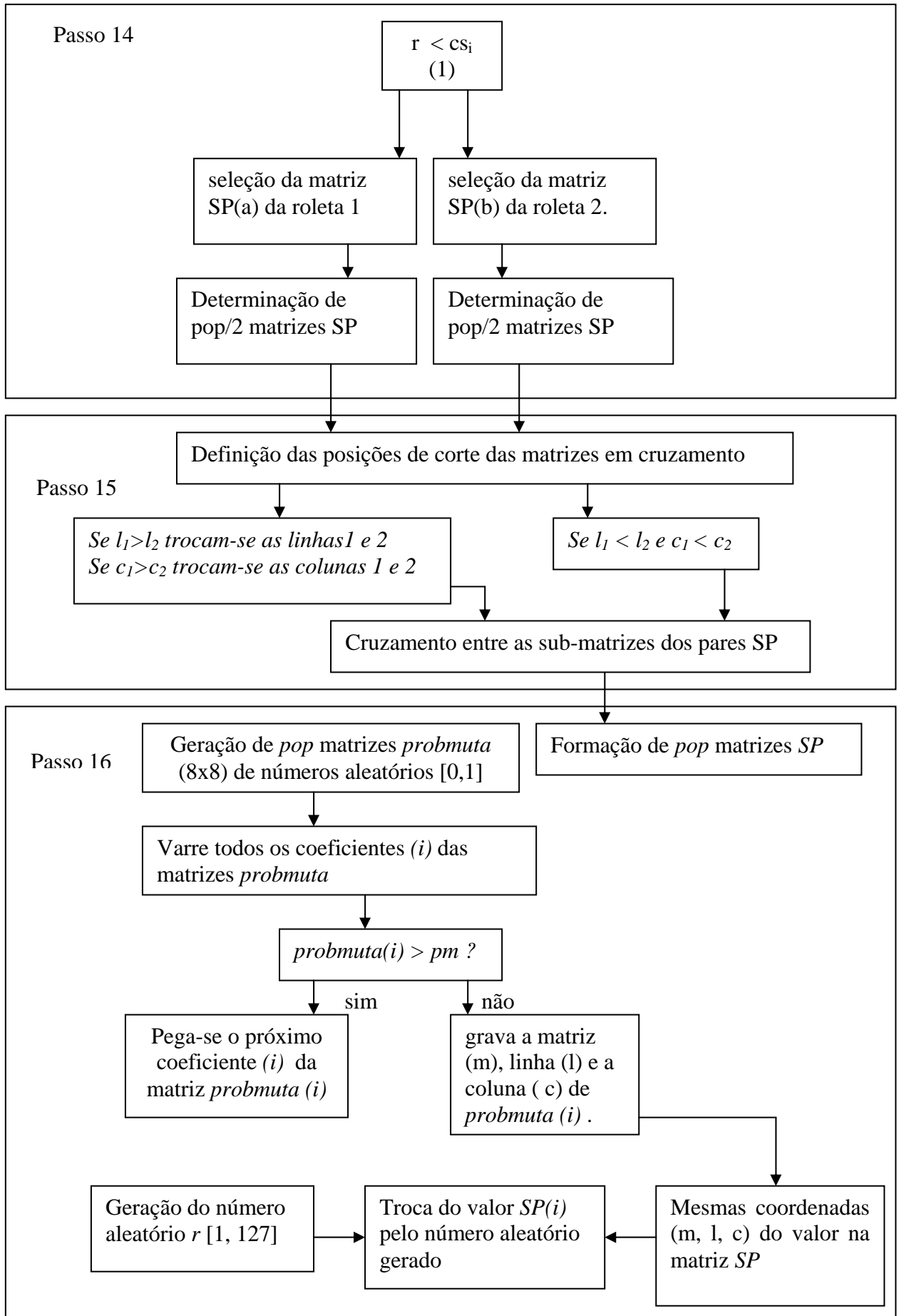
**SNR para a tabela padrão:** 29,9366

**SNR para a tabela do algoritmo:** 29,9708









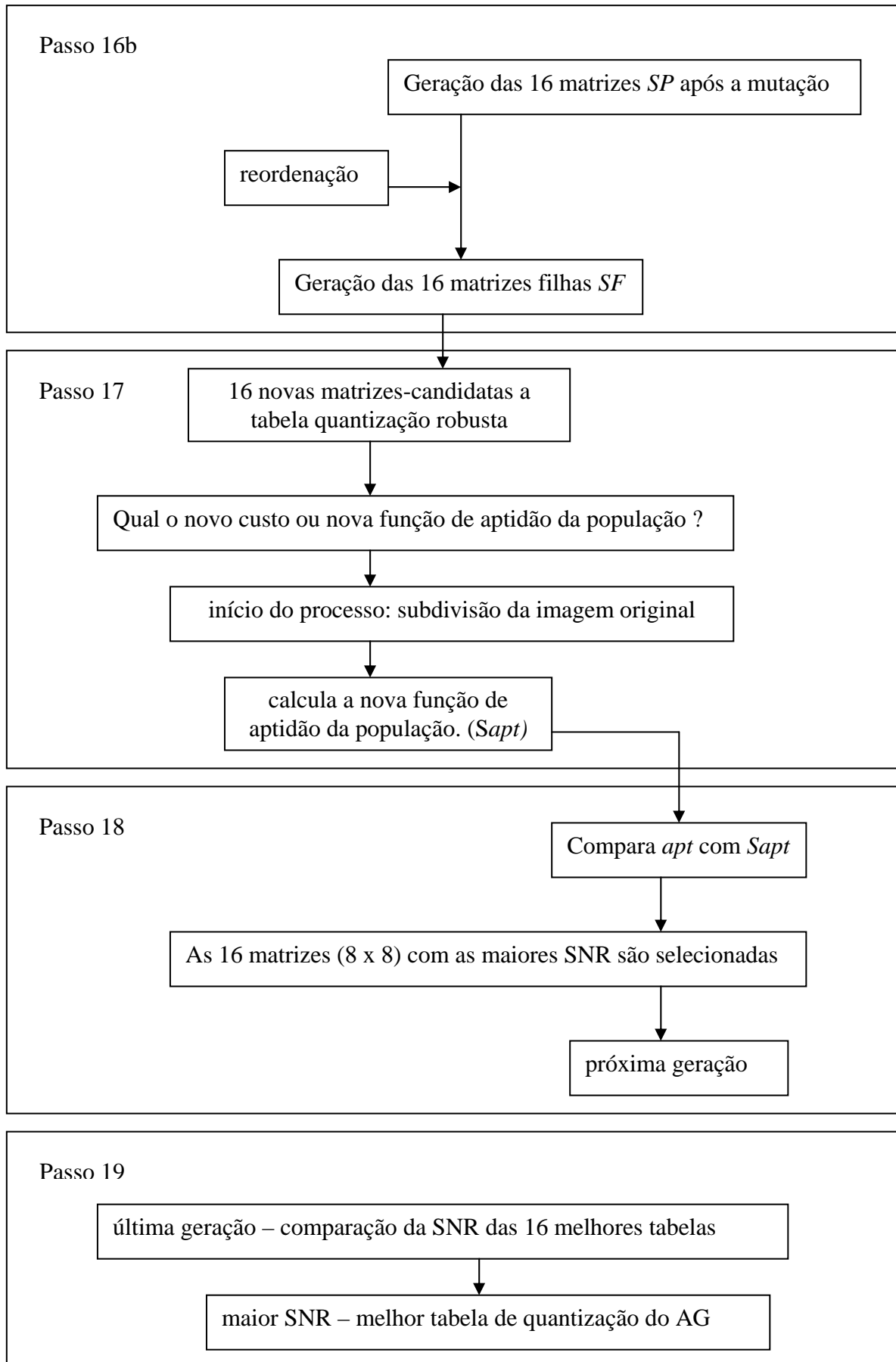


Figura 3.4 – Fluxograma do algoritmo deste trabalho para obtenção da tabela de quantização utilizando AG.

### 3.6 – Resultado Obtido com os Dados de Entrada do Programa

Os resultados do processo de compressão de imagens utilizando AG para a imagem da *Lenna*, como descrito no item 3.4 apresentam:

- (1) a imagem original;
- (2) a imagem recuperada pelo algoritmo;
- (3) a imagem erro referente as imagens (1) e (2) ;
- (4) o gráfico comparativo entre a SNR da tabela de quantização do AG e da tabela de quantização padrão JPEG;
- (5) a imagem recuperada pela tabela de quantização padrão JPEG;
- (6) a imagens erro referente as imagens (1) e (2) e as imagens (1) e (5).

Os dados de saída para a imagem da *Lenna* utilizada são:

**O erro quadrático médio para a tabela padrão: 65,9807**

**O erro quadrático médio para a tabela do algoritmo: 65,4638**

**A Relação Sinal/Ruído média para a tabela padrão: 29,9366**

**A Relação Sinal/Ruído média para a tabela do algoritmo: 29,9708**

**Tempo de processamento: 86,3280s**

A Figura 3.5 mostra as imagens da *Lenna* de saída do programa após 3 gerações.

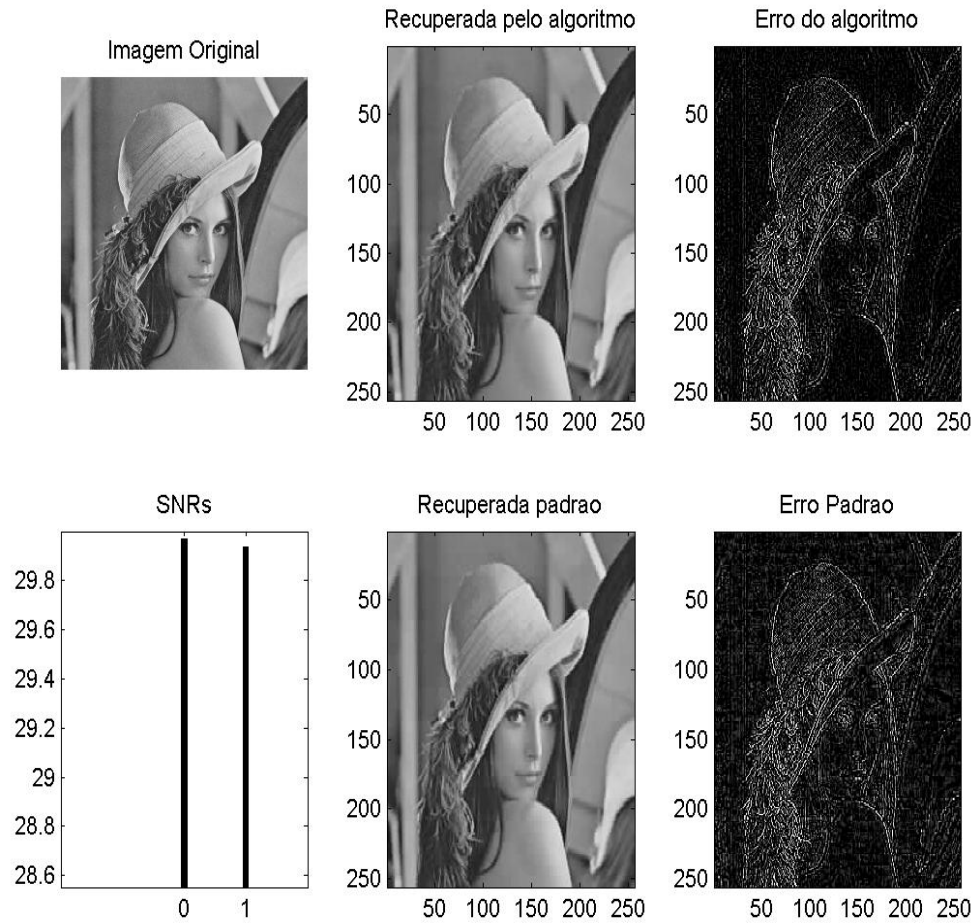


Figura 3.5: Imagens da Lenna de saída do programa após 3 gerações.

### 3.7 – Considerações Finais deste Capítulo

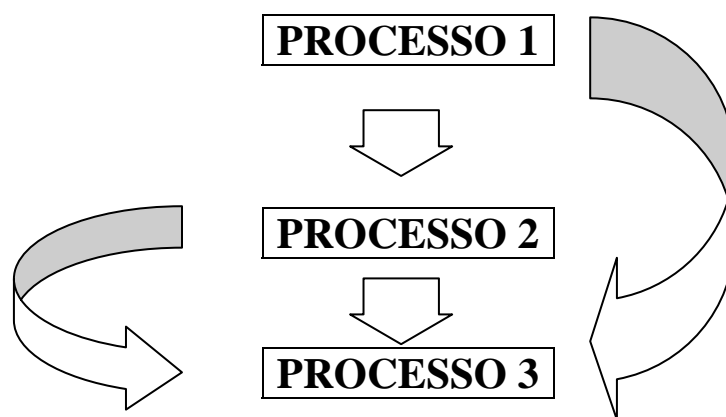
Este capítulo descreveu o processo completo referente a geração da tabela robusta de quantização usando método de algoritmo genético. No último tópico foi realizado um exemplo mostrando todos os passos do programa desde as informações de entrada até a resposta obtida na saída. Foram apresentados ainda, os dados comparativos da SNR e MSE entre a tabela de quantização padrão JPEG e a tabela gerada pelo AG de uma imagem natural da *Lenna*. E finalmente foram realizadas as considerações finais deste capítulo.

# CAPÍTULO IV

## TABELAS DE QUANTIZAÇÃO OBTIDAS PELO MÉTODO PROPOSTO E SNR DAS IMAGENS RECONSTRUÍDAS

### 4.1 – Introdução

Este capítulo apresentará a análise dos testes realizados para a obtenção de uma tabela de quantização robusta utilizando o método de algoritmos genéticos aplicado a um conjunto de imagens naturais e um conjunto de imagens do olho humano, onde deverá ser comparado a SNR obtida da tabela de quantização robusta e a SNR obtida da tabela padrão JPEG. Os resultados foram alcançados utilizando-se o algoritmo do Capítulo 3 desta dissertação. A Figura 4.1 mostra o diagrama de blocos do programa deste trabalho.



*Figura 4.1 – Diagrama de blocos do programa deste trabalho.*

Os processos do programa deste trabalho são:

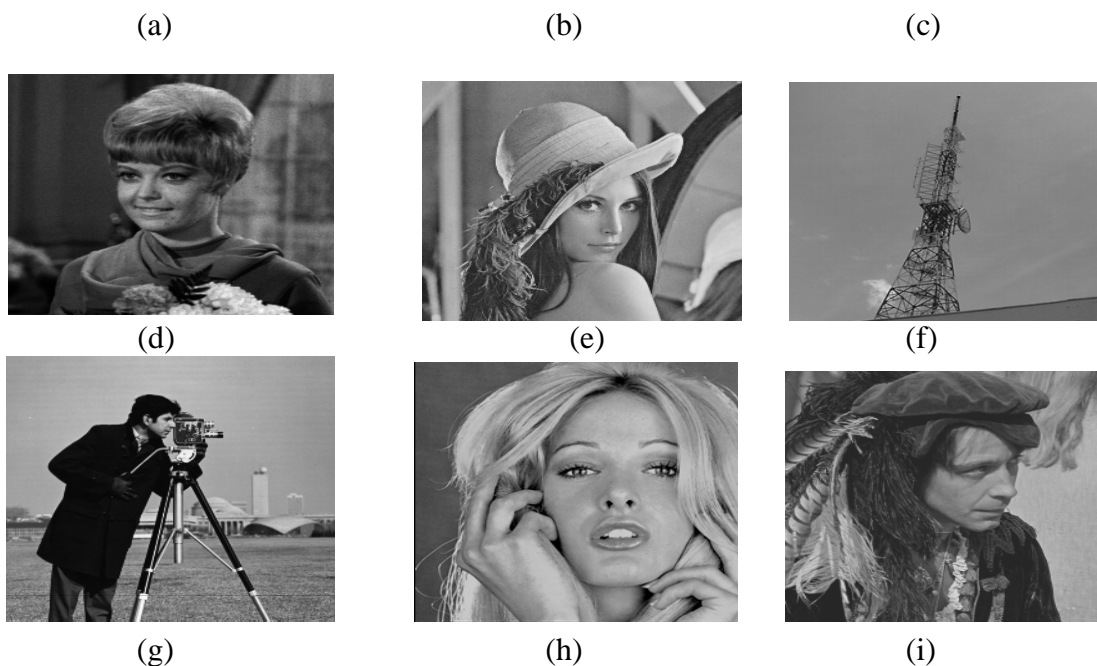
**PROCESSO 1** – Geração da imagem recuperada obtida da tabela de quantização encontrada ao utilizar algoritmos genéticos usando a compressão JPEG; cálculo do erro médio quadrático e da relação sinal ruído utilizando essa tabela;

**PROCESSO 2** – Geração da imagem recuperada obtida pela tabela de quantização padrão JPEG dentro do processo de compressão JPEG; cálculo do erro médio quadrático e da relação sinal ruído padrão.

**PROCESSO 3** – Comparação das relações sinal ruído obtida usando a tabela de quantização encontrada por AG e a tabela padrão JPEG. Exibição dos resultados sob forma de dados e figuras.

#### 4.2 - Imagens naturais

A Figura 4.2. mostra as imagens naturais utilizadas nos testes realizados neste trabalho: *agirl*, *lenna*, *antena*, *cameraman*, *woman*, *man*, *clock*, *bridge*, *f16* e *couple*.



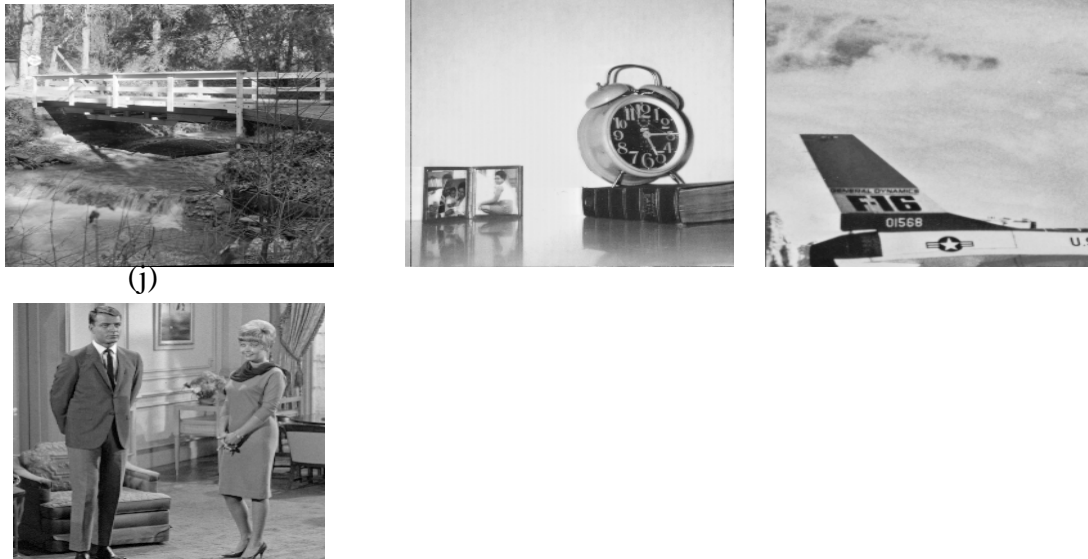


Figura 4.2 - (a) agirl, (b) lena, (c) antena , (d) cameraman, (e) woman, (f) man, (g) bridge, (f) clock, (g) F16, (h) couple.

Considerou-se uma população inicial fixa de 8 matrizes. Variou-se apenas o número de gerações para cada imagem de entrada, conforme descrito na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados de entrada no cálculo da tabela de quantização utilizando AG

<b>Pop</b>	<b>Gerações</b>	<b>Imagens</b>	<b>pc</b>	<b>pm</b>
8	de 2 até 20	naturais	0.6	0.1

Na análise dos resultados, considerou-se que a melhor tabela de quantização gerada por AG para uma imagem, será escolhida como novo padrão para a próxima imagem se ela mostrar a maior SNR do conjunto, conforme mostrado em negrito em cada tabela.

#### 4.2.1 - Imagem agirl

A Tabela 4.2 apresenta os resultados obtidos ao se utilizar a tabela de quantização do padrão JPEG e as tabelas produzidas por AG para a imagem agirl.

*Tabela 4.2 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização do padrão JPEG e as tabelas produzidas por AG para a imagem agirl.*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	31,66	33,12	36,23	32,53
3	31,66	33,12	34,00	32,81
4	31,66	33,12	35,12	32,67
5	31,66	33,12	26,38	33,91
6	31,66	33,12	32,72	32,98
7	31,66	33,12	36,18	32,54
8	31,66	33,12	32,38	33,02
9	31,66	33,12	32,68	32,98
<b>10</b>	<b>31,66</b>	<b>33,12</b>	<b>26,02</b>	<b>33,97</b>
11	31,66	33,12	26,84	33,84
12	31,66	33,12	30,97	33,22
13	31,66	33,12	29,00	33,50
14	31,66	33,12	33,74	32,84
15	31,66	33,12	35,96	32,57
16	31,66	33,12	32,40	33,02
17	31,66	33,12	29,96	33,36
18	31,66	33,12	30,79	33,24
19	31,66	33,12	31,70	33,11
20	31,66	33,12	27,49	33,73

A Tabela 4.3 mostra a melhor tabela de quantização obtida utilizando algoritmos genéticos para a imagem agirl.

*Tabela 4.3 -Melhor tabela de quantização obtida utilizando AG para a imagem agirl.*

1	4	4	10	25	34	51	80
2	6	9	18	32	45	67	83
3	10	12	48	57	73	87	101
3	19	32	52	62	74	91	112
3	20	35	53	68	87	93	114
7	26	38	54	71	89	110	114
9	27	44	66	88	96	114	122
28	31	59	67	103	115	118	123

A Tabela 4.3 obtida por algoritmo genético na 10ª geração foi escolhida, pois apresentou a maior SNR do conjunto. Para a próxima imagem, essa tabela é usada como



novo padrão (PADRÃO 1) e é comparada com as tabelas de quantização obtidas por algoritmo genético, como mostrado na Tabela 4.4 .

#### 4.2.2 - Imagem Lenna

A Tabela 4.4 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 1 e as tabelas produzidas pelo AG para a imagem lenna.

*Tabela 4.4 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 1 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem lenna*

GERAÇÕES	PADRÃO 1		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	63,26	30,11	80,45	29,07
3	63,26	30,11	93,26	28,41
<b>4</b>	<b>63,26</b>	<b>30,11</b>	<b>58,30</b>	<b>30,47</b>
5	63,26	30,11	77,94	29,21
6	63,26	30,11	70,10	29,67
7	63,26	30,11	79,85	29,10
8	63,26	30,11	77,74	29,22
9	63,26	30,11	68,02	29,80
10	63,26	30,11	76,11	29,31
11	63,26	30,11	69,47	29,71
12	63,26	30,11	77,74	29,22
13	63,26	30,11	87,07	28,73
14	63,26	30,11	70,92	29,62
15	63,26	30,11	71,61	29,58
16	63,26	30,11	72,55	29,52
17	63,26	30,11	71,57	29,58
18	63,26	30,11	75,83	29,33
19	63,26	30,11	77,05	29,26
20	63,26	30,11	72,77	29,51

A Tabela 4.5 mostra a melhor tabela de quantização obtida utilizando algoritmos genéticos para a imagem lenna.

*Tabela 4.5– Melhor tabela de quantização obtida usando AG para imagem lenna*

1	2	4	4	10	34	51	54
2	5	6	9	19	54	62	74
3	11	16	25	54	57	66	79
3	16	27	30	71	87	92	112
3	21	40	48	79	89	99	114
7	23	42	66	84	91	110	114
9	31	59	71	85	96	117	121
28	42	64	73	112	115	118	123

Conforme Tabela 4.4 a melhor tabela de quantização obtida pelos algoritmos genéticos para esta imagem foi na 4ª geração. Então, para a análise com a imagem antena, ela foi chamada de PADRÃO 2.

#### 4.2.3 - Imagem antena

A Tabela 4.6 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 2 e as tabelas produzidas pelo AG para a imagem antena.

*Tabela 4.6 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 2 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem antena.*

GERAÇÕES	PADRÃO 2		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	36,11	32,55	45,16	31,58
3	36,11	32,55	40,06	32,10
4	36,11	32,55	40,73	32,03
5	36,11	32,55	47,88	31,32
6	36,11	32,55	44,28	31,66
7	36,11	32,55	50,56	31,09
8	36,11	32,55	43,77	31,71
9	36,11	32,55	50,83	31,06
10	36,11	32,55	44,67	31,63
11	36,11	32,55	37,02	32,44
12	36,11	32,55	39,09	32,20
13	36,11	32,55	42,07	31,89
14	36,11	32,55	38,89	32,23
15	36,11	32,55	37,02	32,44
<b>16</b>	<b>36,11</b>	<b>32,55</b>	<b>34,03</b>	<b>32,81</b>

17	36,11	32,55	42,52	31,84
18	36,11	32,55	49,02	31,22
19	36,11	32,55	38,40	32,28
20	36,11	32,55	45,23	31,57

*Tabela 4.7 – Melhor tabela de quantização obtida usando AG para imagem antena*

1	3	10	32	36	42	46	72
2	4	11	34	36	45	65	83
3	11	12	34	40	52	78	95
7	17	27	35	45	64	83	110
9	23	28	38	48	64	83	115
11	28	30	51	57	65	101	117
17	28	33	71	89	111	120	120
25	46	56	76	93	114	123	124

A Tabela 4.7 é a melhor tabela de quantização obtida pelo AG na 16ª geração. Na obtenção da matriz de quantização da imagem cameraman, essa tabela foi chamada PADRÃO 3.

#### 4.2.4 - Imagem cameraman

A Tabela 4.8 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas produzidas pelo AG para a imagem cameraman.

*Tabela 4.8 - Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem cameraman*

GERAÇÕES	PADRÃO 3		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	67,03	29,86	81,79	29,00
3	67,03	29,86	79,56	29,12
4	67,03	29,86	85,45	28,81
5	67,03	29,86	87,41	28,71
6	67,03	29,86	89,73	28,60
7	67,03	29,86	99,56	28,14
8	67,03	29,86	84,00	28,88
9	67,03	29,86	89,77	28,59
10	67,03	29,86	82,08	28,98
11	67,03	29,86	83,99	28,88
12	67,03	29,86	84,06	28,88
13	67,03	29,86	70,86	29,62

14	67,03	29,86	82,93	28,94
15	67,03	29,86	84,70	28,85
16	67,03	29,86	84,95	28,83
17	67,03	29,86	78,32	29,19
18	67,03	29,86	83,51	28,91
19	67,03	29,86	93,71	28,41
20	67,03	29,86	82,40	28,97

Pode-se observar na Tabela 4.8 que na 13<sup>o</sup> geração o algoritmo genético obteve uma tabela de quantização com SNR próxima a SNR da tabela PADRÃO 3, porém com valor menor. Então essa tabela ainda continua a ser utilizada como tabela padrão na obtenção da matriz de quantização para a imagem *woman*.

#### 4.2.5 - Imagem woman

A Tabela 4.9 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas produzidas pelo AG para a imagem *woman*.

*Tabela 4.9 - Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem woman.*

GERAÇÕES	PADRÃO 3		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	46,32	31,47	56,99	30,57
3	46,32	31,47	59,85	30,35
4	46,32	31,47	61,62	30,23
5	46,32	31,47	60,77	30,29
6	46,32	31,47	53,49	30,84
7	46,32	31,47	63,47	30,10
8	46,32	31,47	65,48	29,96
9	46,32	31,47	53,26	30,86
10	46,32	31,47	55,20	30,71
11	46,32	31,47	54,86	30,73
12	46,32	31,47	53,43	30,85
13	46,32	31,47	63,48	30,10
14	46,32	31,47	59,14	30,41
15	46,32	31,47	57,98	30,49
16	46,32	31,47	62,50	30,17

17	46,32	31,47	50,33	31,11
18	46,32	31,47	58,71	30,44
19	46,32	31,47	51,13	31,04
20	46,32	31,47	53,26	30,86

Pode-se observar na Tabela 7.9 que até a 20ª geração, nenhuma tabela gerada pelo algoritmo genético apresentou maior SNR que a tabela PADRÃO 3. Portanto essa mesma tabela continua a ser utilizada como tabela padrão na obtenção da matriz de quantização para a imagem *man*.

#### 4.2.6 - Imagem *man*

A Tabela 4.10 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas produzidas pelo AG para a imagem *man*.

*Tabela 4.10 - Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 3 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem *man*.*

GERAÇÕES	PADRÃO 3		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	51,35	31,02	81,41	29,02
3	51,35	31,02	71,32	29,59
4	51,35	31,02	79,87	29,10
5	51,35	31,02	66,06	29,93
6	51,35	31,02	61,25	30,25
<b>7</b>	<b>51,35</b>	<b>31,02</b>	<b>50,47</b>	<b>31,10</b>
8	51,35	31,02	63,37	30,11
9	51,35	31,02	68,05	29,80
10	51,35	31,02	62,02	30,20
11	51,35	31,02	58,12	30,48
12	51,35	31,02	61,81	30,21
13	51,35	31,02	63,30	30,11
14	51,35	31,02	57,01	30,57
15	51,35	31,02	60,16	30,33
16	51,35	31,02	61,66	30,23
17	51,35	31,02	62,02	30,20
18	51,35	31,02	56,78	30,58
19	51,35	31,02	62,72	30,15
20	51,35	31,02	65,78	29,94

Pode-se verificar na Tabela 4.10 que na 7ª geração o algoritmo gerou uma tabela de quantização com SNR maior que a SNR da tabela PADRÃO 3. Essa nova tabela é chamada de PADRÃO 4, ela é mostrada na tabela 4.11 e será utilizada na obtenção da matriz de quantização da imagem man.

*Tabela 4.11 – Melhor tabela de quantização obtida utilizando AG para imagem man*

1	2	5	12	41	56	59	76
1	2	8	16	52	56	61	96
1	5	12	22	59	70	81	102
3	8	14	35	60	71	97	102
5	9	34	46	65	79	99	108
8	13	40	51	67	89	100	116
9	18	47	63	83	90	108	118
14	20	48	65	105	114	120	125

#### 4.2.7 - Imagem bridge

A Tabela 4.12 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 4 e as tabelas produzidas pelo AG para a imagem bridge.

*Tabela 4.12 - Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 4 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem bridge.*

GERAÇÕES	PADRÃO 4		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	97,97	28,21	119,93	27,34
3	97,97	28,21	106,89	27,84
4	97,97	28,21	107,93	27,79
5	97,97	28,21	131,83	26,93
6	97,97	28,21	131,82	26,93
7	97,97	28,21	127,81	27,06
8	97,97	28,21	108,03	27,79
9	97,97	28,21	118,07	27,40
10	97,97	28,21	130,66	26,96
11	97,97	28,21	140,56	26,65
12	97,97	28,21	102,45	28,02
13	97,97	28,21	128,10	27,05
14	97,97	28,21	107,44	27,81

15	97,97	28,21	121,71	27,27
16	97,97	28,21	111,66	27,65
<b>17</b>	<b>97,97</b>	<b>28,21</b>	<b>95,61</b>	<b>28,32</b>
18	97,97	28,21	109,51	27,73
19	97,97	28,21	111,53	27,65
20	97,97	28,21	110,28	27,70

Verifica-se que na Tabela 4.12 o AG gerou uma tabela de quantização com SNR maior do que a SNR da tabela PADRÃO 4 na 17<sup>o</sup> geração. Essa nova tabela é denominada PADRÃO 5. Ela é mostrada na Tabela 4.13 e será utilizada na obtenção da matriz de quantização da imagem clock.

*Tabela 4.13 – Melhor tabela de quantização obtida por AG para a imagem bridge*

1	4	4	10	25	34	51	80
2	6	9	18	32	45	67	83
3	10	12	19	57	66	87	101
3	11	16	30	62	73	91	112
3	16	27	53	68	74	93	114
7	23	27	54	71	89	110	114
9	26	44	66	88	96	114	122
28	31	59	67	103	115	118	123

#### 4.2.8 - Imagem clock

A Tabela 4.14 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas produzidas pelo AG para a imagem clock.

*Tabela 4.14 - Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem clock.*

GERAÇÕES	PADRÃO 5		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	28,13	33,63	45,29	31,56
3	28,13	33,63	47,60	31,35
4	28,13	33,63	35,14	32,67
5	28,13	33,63	35,28	32,65
6	28,13	33,63	37,49	32,39
7	28,13	33,63	40,64	32,04
8	28,13	33,63	40,88	32,01
9	28,13	33,63	55,76	30,66
10	28,13	33,63	37,62	32,37
11	28,13	33,63	43,05	31,79
12	28,13	33,63	44,79	31,61
13	28,13	33,63	37,39	32,40
14	28,13	33,63	35,41	32,63
15	28,13	33,63	43,48	31,74
16	28,13	33,63	33,73	32,85
17	28,13	33,63	35,87	32,58
18	28,13	33,63	46,93	31,41
19	28,13	33,63	38,00	32,33
20	28,13	33,63	35,77	32,59

Na Tabela 4.14 em 20 gerações o AG não gerou nenhuma tabela de quantização com SNR maior do que a Tabela PADRÃO 5. Então, essa tabela de quantização continua a ser usada como padrão na obtenção da matriz de quantização para as imagens F16 e couple. As Tabelas 4.15 e 4.16 mostram os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas geradas pelo AG para as imagens F16 e couple.



#### 4.2.9 - Imagem F16

Tabela 4.15 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas de quantização produzidas por AG para a imagem F16.

GER.	PADRÃO 5		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	15,55	36,21	44,41	31,65
3	15,55	36,21	26,46	33,90
4	15,55	36,21	21,27	34,85
5	15,55	36,21	25,49	34,06
6	15,55	36,21	29,79	33,38
7	15,55	36,21	23,69	34,38
8	15,55	36,21	21,56	34,79
9	15,55	36,21	24,51	34,23
10	15,55	36,21	16,73	25,39
11	15,55	36,21	17,67	35,65
12	15,55	36,21	17,86	35,61
13	15,55	36,21	23,69	34,38
14	15,55	36,21	24,09	34,31
15	15,55	36,21	19,36	35,25
16	15,55	36,21	23,18	34,47
17	15,55	36,21	25,88	33,99
18	15,55	36,21	18,60	35,43
19	15,55	36,21	19,11	35,31
20	15,55	36,21	22,25	34,65

#### 4.2.10 - Imagem Couple

Tabela 4.16- Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização PADRÃO 5 e as tabelas de quantização produzidas por AG para imagem couple

GER.	PADRÃO 5		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MSE	SNR
2	38,31	32,29	63,80	30,08
3	38,31	32,29	50,48	31,09
4	38,31	32,29	63,87	30,07
5	38,31	32,29	50,50	31,09
6	38,31	32,29	58,14	30,48
7	38,31	32,29	50,72	31,07
8	38,31	32,29	77,00	29,26
9	38,31	32,29	58,82	30,43
10	38,31	32,29	40,37	32,06
11	38,31	32,29	54,75	30,74
12	38,31	32,29	45,19	31,57
13	38,31	32,29	55,44	30,69
14	38,31	32,29	50,65	31,08
15	38,31	32,29	43,30	31,76
16	38,31	32,29	52,75	30,90
17	38,31	32,29	51,11	31,04
18	38,31	32,29	51,31	31,02
19	38,31	32,29	42,94	31,80
20	38,31	32,29	38,31	31,23

Pode-se observar nas Tabelas 4.15 e 4.16 que o AG não gerou nenhuma tabela de quantização com SNR maior do que a tabela PADRÃO 5 nas 20 gerações.

Na Tabela 4.15 na 11ª geração e na Tabela 4.16 na 19ª geração o algoritmo genético gerou a maior SNR do conjunto porém ainda ficou abaixo da SNR da tabela PADRÃO 5.

### 4.3 – Análise dos dados obtidos

Pode-se observar nas Tabelas 4.2 a 4.16 das melhores tabelas de quantização obtidas, a que apresentou a maior SNR do conjunto foi a tabela de quantização obtida da imagem *bridge*. Para se confirmar este fato, comparou-se PADRÃO 5 com as melhores tabelas obtidas de cada imagem, como mostra as Tabelas 4.17 a 4.25.

*Tabela 4.17 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 10ª geração utilizando AG para a imagem agirl.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	34,42
ALGORITMO	33,97

*Tabela 4.18 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 4ª geração utilizando AG para a imagem lenna.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	30,48
ALGORITMO	30,47

*Tabela 4.19 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 16ª geração utilizando AG para a imagem antenna.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	32,87
ALGORITMO	32,81

*Tabela 4.20 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 13ª geração utilizando AG para a imagem cameraman.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	30,17
ALGORITMO	29,62

*Tabela 4.21 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 7º geração utilizando AG para a imagem man.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	31,33
ALGORITMO	31,10

*Tabela 4.22 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 17º geração utilizando AG para a imagem woman.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	31,66
ALGORITMO	31,11

*Tabela 4.23 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 16º geração utilizando AG para a imagem clock.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	33,63
ALGORITMO	32,85

*Tabela 4.24 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 18º geração utilizando AG para a imagem F16.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	36,21
ALGORITMO	35,65

*Tabela 4.25 – Resultados obtidos ao comparar as tabelas de quantização PADRÃO 5 e a obtida na 10º geração utilizando AG para a imagem couple.*

TABELA	SNR
PADRÃO 5	32,29
ALGORITMO	32,06

Pode-se observar nas tabelas 4.17 a 4.25 que a melhor tabela de quantização obtida ao utilizar algoritmo genético é a tabela de quantização da imagem *bridge*.

#### 4.4 - Resultados das Imagens Naturais

Uma imagem predominantemente escura e com poucos níveis de cinza gera um histograma com um pico localizado próximo ao lado esquerdo do gráfico e com uma escala dinâmica estreita.

O eixo horizontal do histograma mostra a variação dos valores de níveis de cinza da imagem. O eixo vertical mostra o número de pixels para cada nível de cinza da imagem. Quanto maior a escala dinâmica dos níveis de cinza de uma imagem, maior é o contraste dela.

Na imagem *bridge*, os níveis de cinza estão concentrados em direção a extremidade escura do intervalo de níveis de cinza, sem descontinuidades, além disso o histograma dessa imagem mostrado na Figura 4.3, revela um espalhamento maior na escala dinâmica de níveis de cinza [0, 255].

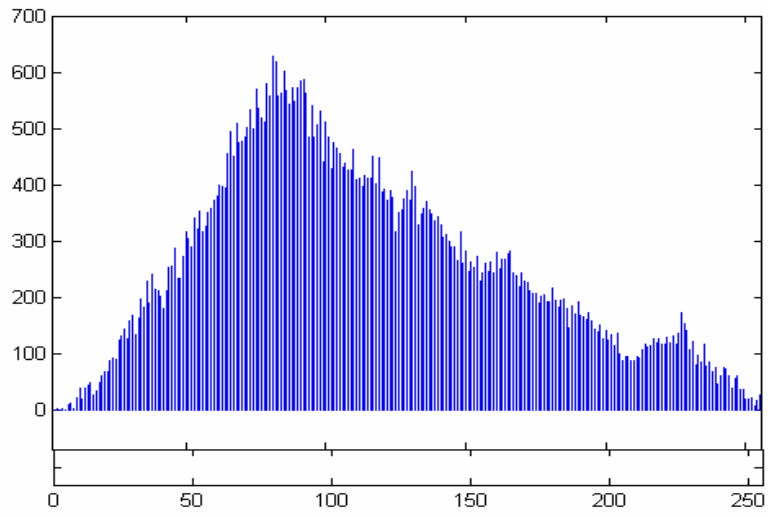
Comparando-se o histograma das imagens naturais com a imagem *bridge*, pode-se verificar:

- Para a imagem *lenna*, a variação de níveis de cinza na escala dinâmica é menor do que a variação dos níveis de cinza na imagem *bridge*;
- Na imagem *agirl*, o intervalo de níveis de cinza é praticamente o mesmo que o da imagem *bridge*, mas as suas retas verticais são mais espaçadas indicando que a primeira imagem possui menos níveis de cinza intermediários em relação a imagem *bridge*;
- A imagem *antenna* tem uma escala dinâmica pequena, que varia entre [100, 150], portanto ela é menor do que a escala da imagem *bridge*, e além disso seus

níveis de cinza estão concentrados predominantemente na parte escura dessa escala;

- Na imagem *cameraman*, a escala dinâmica varia no intervalo [0, 200], porém é mal distribuída, enquanto que na imagem *bridge* essa escala é mais bem distribuída;
- Na imagem *clock*, a escala dinâmica varia de 0 até 240 porém existe uma concentração alta de níveis de cinza próximo a 225, os demais níveis se mantêm baixos e constantes ao longo dessa escala, porém na imagem *bridge* os níveis de cinza são maiores;
- Para a imagem *man*, a escala de níveis de cinza varia de 0 até 190, portanto é menor do que o intervalo de níveis de cinza da imagem *bridge*;
- Na imagem *couple*, os níveis de cinza estão bem espalhados no intervalo [0, 225], ou seja, menor do que na imagem *bridge*, além disso, existe um espaçamento maior de níveis de cinza, indicando uma quantidade menor de níveis intermediários;
- Na imagem *F16*, embora os níveis de cinza estejam espalhados, eles estão mal distribuídos, e;
- Na imagem *woman*, a escala de níveis de cinza está no intervalo de 70 a 200, portanto é menor que na imagem *bridge*.

Portanto, as características específicas das imagens testadas justificaram a razão pela qual a tabela de quantização gerada pelo algoritmo genético da imagem *bridge* obteve maior relação sinal ruído que todas as outras.



*Figura 4.3 – Histograma da imagem bridge.*

#### 4.5 - Imagem do Olho Humano

Nos testes realizados com as imagens do olho humano, foi utilizado a imagem de fundo do olho, com dimensão 320 x 280. Elas foram selecionadas de acordo com a distribuição de níveis de cinza de cada imagem.

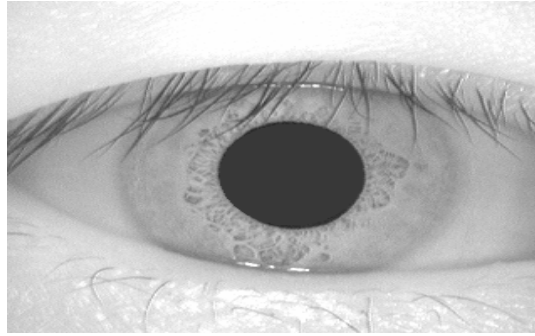
Nas imagens naturais o número de gerações utilizado do algoritmo genético é de 20, e 8 cromossomos; nas imagens do olho são utilizadas 10 gerações e 16 cromossomos, aumentando com isso as possibilidades de cruzamento entre as matrizes candidatas a melhor tabela de quantização, as taxas dos operadores genéticos continuaram sendo  $p_c = 0,6$  e  $p_m = 0,1$  e o número de imagens analisadas aumentou para 20.

Nos testes com as imagens do olho utilizou-se o histograma para fornecer uma estimativa mais clara da probabilidade de ocorrência de nível de cinza, com isto foi possível verificar em cada imagem as maiores concentrações dos níveis de cinza e o espalhamento na escala dinâmica. Observou-se nas imagens analisadas anteriormente, que as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo vieram de imagens de maior espalhamento na escala de níveis de cinza, tendo portanto uma influência maior, mesmo que indiretamente, no valor da Relação Sinal Ruído e no nível DC.

Nos testes com as imagens do olho humano comparou-se a tabela padrão JPEG com as tabelas geradas pelo algoritmo genético. E são escolhidas somente as tabelas do algoritmo que estiverem com SNR maiores que a tabela padrão JPEG serão escolhidas. Comparou-se ainda a tabela de quantização obtida pela imagem *bridge* com as melhores tabelas geradas pelo algoritmo genético para as 20 imagens do olho humano.

### 4.5.1 - Imagem 001

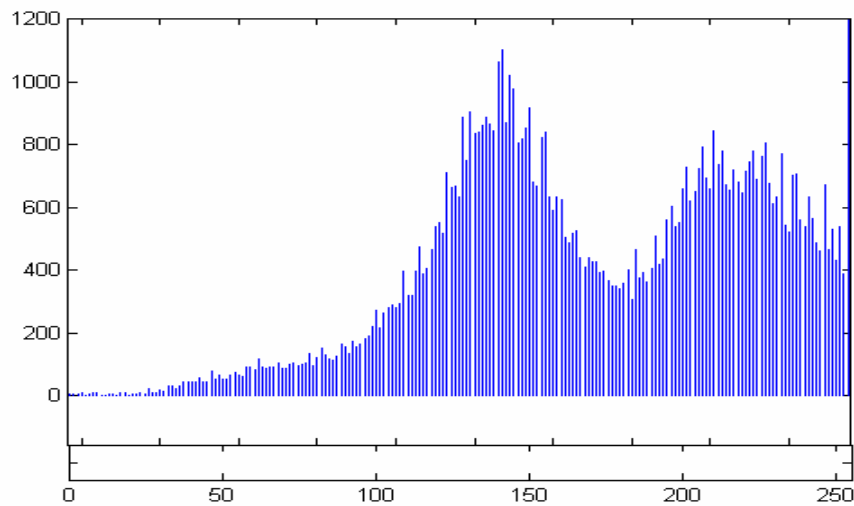
A Figura 4.4 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.



(a)

214	218	216	220	216	223	213	218
223	214	212	222	223	223	219	221
218	216	224	212	219	220	217	220
218	225	215	218	221	217	229	220
221	217	216	219	223	220	226	221
213	224	219	215	222	220	226	216
216	219	219	210	222	219	220	216
222	216	222	218	224	221	225	221

(b)



(c)

Figura 4.4 – (a) Imagem do olho humano (imagem 001), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem;

(c) Histograma da imagem 001.



A Figura 4.4 mostra que os níveis de cinza estão concentrados em direção a extremidade clara do intervalo de níveis de cinza dessa imagem e que o menor coeficiente do bloco é 210 e o maior é 226.

A Tabela 4.26 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 001.

*Tabela 4.26 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 001*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	35,27	32,65	31,79	33,10	1
3	35,27	32,65	37,82	32,35	
4	35,27	32,65	34,15	32,79	2
5	35,27	32,65	36,99	32,44	
6	35,27	32,65	34,47	32,75	3
7	35,27	32,65	36,32	32,52	
8	35,27	32,65	37,87	32,34	
9	35,27	32,65	38,28	32,30	
<b>10</b>	<b>35,27</b>	<b>32,65</b>	<b>29,31</b>	<b>33,45</b>	<b>4</b>

tabela 1

1	2	4	17	30	43	80	104
1	4	7	18	40	61	93	110
2	16	18	24	41	74	101	114
2	20	27	35	56	76	106	118
5	21	31	54	67	78	107	120
16	26	38	54	69	80	109	121
17	33	47	61	75	90	112	123
17	37	48	95	95	106	112	126

tabela 2

1	6	7	23	37	58	70	93
3	7	12	30	40	62	88	96
3	10	13	36	45	71	90	116
4	17	32	50	56	85	106	124
7	23	37	55	59	86	109	125
8	39	60	61	78	92	116	126
11	54	76	77	80	97	121	126
14	78	83	87	93	109	123	126

tabela 3

1	5	8	9	16	48	79	87
1	8	12	21	37	50	82	95
1	21	36	42	64	74	92	96
2	23	36	54	76	86	92	107
4	27	42	64	81	88	97	112
10	35	50	68	84	90	105	119
20	36	51	78	96	108	115	120
33	38	57	78	97	109	115	123

tabela 4

1	2	7	13	25	33	46	81
1	4	10	21	34	40	50	100
2	8	13	21	48	50	76	102
4	11	19	28	56	62	99	114
5	13	20	34	60	85	102	119
5	30	33	53	74	98	102	121
17	36	43	56	78	98	107	125
19	43	71	82	95	115	117	126

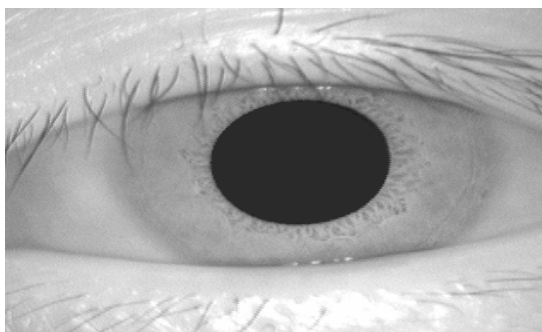
média

1	4	7	16	27	46	69	91
2	6	10	23	38	53	78	100
2	14	20	31	50	67	90	107
3	18	29	42	61	77	101	116
5	21	33	52	67	84	104	119
10	33	45	59	76	90	108	122
16	40	54	68	82	98	114	124
21	49	65	86	95	110	117	125

As tabelas de 1 a 4 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo AG para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.2 - Imagem 742

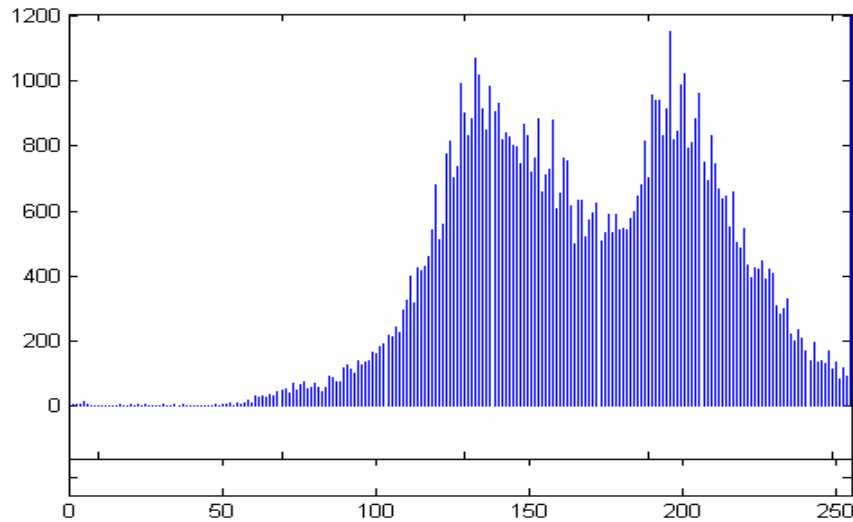
A Figura 4.5 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.



(a)

210	192	201	196	204	215	202	206
201	199	194	201	213	209	203	209
199	196	203	209	212	202	206	220
200	199	210	208	203	209	219	223
193	200	203	204	206	210	211	212
189	198	207	204	219	212	215	201
198	202	199	208	216	206	205	206
203	203	216	215	204	203	202	213

(b)



(c)

Figura 4.5 – (a) Imagem do olho humano (imagem 742), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem;  
(c) Histograma da imagem 742.

Na Figura 4.5 o menor coeficiente da imagem é 196 e o maior é 223. Essa imagem possui predominante níveis de cinza claro.

A Tabela 4.27 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 742.

Tabela 4.27 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 742

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	28,35	33,60	25,85	34,00	1
3	28,35	33,60	28,69	33,55	
4	28,35	33,60	31,54	33,14	
5	28,35	33,60	26,45	33,90	2
6	28,35	33,60	25,81	34,01	3
7	28,35	33,60	25,07	34,13	4
8	28,35	33,60	27,06	33,80	5
9	28,35	33,60	26,74	33,75	6
<b>10</b>	<b>28,35</b>	<b>33,60</b>	<b>26,73</b>	<b>34,37</b>	<b>7</b>

tabela 1

1	9	12	15	31	53	78	84
1	10	13	16	40	69	79	100
2	12	16	18	57	77	95	102
3	37	39	55	62	86	95	107
6	47	50	55	67	86	98	107
22	47	52	57	72	97	101	120
40	50	55	90	92	103	115	122
50	74	79	94	96	105	125	126

tabela 2

1	3	12	25	32	33	40	71
1	9	23	28	41	56	69	75
3	10	24	38	55	73	92	95
6	11	26	40	59	83	100	110
10	30	34	43	62	93	100	119
11	33	36	44	65	98	109	121
24	38	79	80	87	107	109	125
31	64	80	95	98	113	123	126

tabela 3

1	8	8	9	26	52	64	69
2	9	24	29	46	53	81	96
4	9	28	39	47	65	85	100
5	11	30	44	57	69	95	101
7	11	39	51	63	82	98	103
7	20	44	58	65	88	100	108
24	38	45	62	68	94	101	119
31	39	54	67	96	120	121	125

tabela 4

1	1	11	19	28	42	55	79
3	6	23	27	31	54	82	99
3	8	23	28	53	72	93	106
3	11	26	37	56	84	100	110
4	17	43	52	64	90	102	110
4	26	52	57	72	91	106	112
32	45	53	71	84	97	110	116
48	49	55	83	92	108	115	117

tabela 5

1	6	13	15	49	60	85	118
4	9	22	33	52	75	92	118
5	14	23	37	53	76	92	118
7	15	23	45	62	80	98	119
8	16	38	52	67	81	100	123
10	23	49	65	73	87	113	123
12	26	62	66	78	89	122	124
12	70	74	79	79	98	123	125

tabela 6

1	3	5	15	43	49	67	97
2	8	19	32	71	87	94	97
2	16	25	56	82	89	94	111
2	23	28	77	83	92	100	115
3	26	42	79	83	94	100	118
6	34	50	81	85	99	102	121
17	40	54	89	96	101	111	122
23	70	80	96	98	104	112	125

tabela 7

1	5	10	10	38	43	47	77
1	6	13	21	40	49	78	103
2	10	14	34	47	52	78	110
6	10	17	41	51	72	85	116
8	13	30	48	63	72	90	117
8	14	32	51	69	80	96	120
12	22	40	51	71	88	115	121
27	65	67	81	83	98	117	124

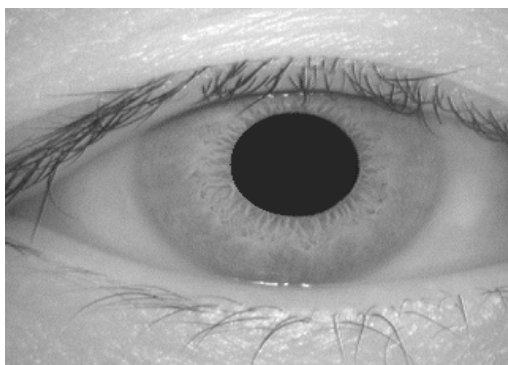
média

1	5	10	15	35	47	62	85
2	8	20	27	46	63	82	98
3	11	22	36	56	72	90	106
5	17	27	48	61	81	96	111
7	23	39	54	67	85	98	114
10	28	45	59	72	91	104	118
23	37	55	73	82	97	112	121
32	62	70	85	92	107	119	124

As tabelas de 1 a 7 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.3 – Imagem 746

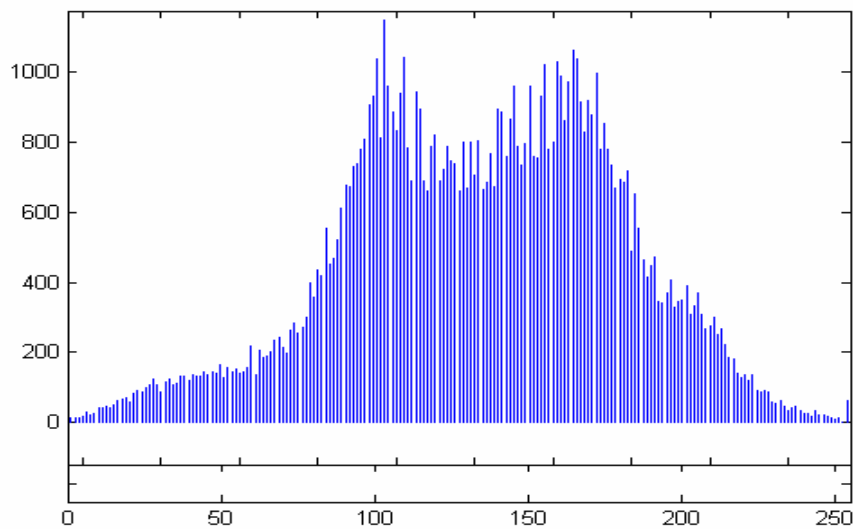
A Figura 4.6 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma.



167	164	173	165	172	165	179	165
160	160	166	165	173	175	171	170
163	164	163	175	167	170	161	170
169	163	168	161	173	176	169	174
170	167	165	155	173	170	174	168
170	168	171	161	170	166	170	176
171	169	170	175	173	162	168	165
190	166	178	170	178	182	179	170

(a)

(b)



(c)

Figura 4.6 – (a) Imagem do olho humano (imagem 746), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem;

(c) Histograma da imagem 746.

Pode-se observar pelo histograma da Figura 4.6 que a imagem 746 é mais escura que a imagem 742.

A Tabela 4.28 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 746.

*Tabela 4.28 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 746*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	36,69	32,48	32,37	33,02	1
3	36,69	32,48	32,20	33,05	2
<b>4</b>	<b>36,69</b>	<b>32,48</b>	<b>31,52</b>	<b>33,14</b>	<b>3</b>
5	36,69	32,48	36,91	32,45	
6	36,69	32,48	32,10	33,06	4
7	36,69	32,48	32,90	32,95	5
8	36,69	32,48	36,38	32,52	6
9	36,69	32,48	36,54	32,50	7
10	36,69	32,48	32,28	33,04	8

tabela 1

1	5	9	22	30	39	65	86
2	7	13	28	38	51	83	87
3	8	18	35	54	76	86	102
5	8	21	45	57	83	91	102
7	11	23	47	66	87	92	104
10	13	34	47	81	91	97	109
11	21	48	60	84	93	101	121
16	25	62	73	97	112	122	126

tabela 2

1	3	5	13	34	68	86	108
1	6	10	18	51	69	87	113
3	11	12	32	53	74	90	113
3	12	22	55	59	76	100	114
9	13	22	62	68	84	103	117
9	26	48	68	77	89	105	120
10	37	69	72	91	92	107	120
57	61	69	86	92	95	111	124

tabela 3

1	6	9	21	29	43	52	95
2	6	12	22	38	47	78	111
2	9	13	37	50	62	81	113
3	12	14	37	52	63	84	114
6	14	20	51	60	66	97	117
8	15	20	56	61	76	104	117
11	17	36	57	70	83	109	119
11	25	47	61	111	112	114	119

tabela 4

1	2	9	19	21	49	53	61
3	4	14	29	44	49	81	91
5	6	20	29	47	49	89	100
7	12	21	36	53	69	93	105
7	15	22	44	54	70	95	108
7	21	23	46	58	92	108	115
7	22	28	50	61	98	112	116
13	31	33	50	65	110	115	126

tabela 5

1	2	7	10	26	33	37	75
1	5	25	29	32	64	64	94
2	9	27	31	37	71	81	112
4	10	32	55	58	72	86	114
5	16	48	57	63	85	98	117
6	29	48	59	69	94	110	120
11	32	49	64	84	96	112	120
13	38	57	74	110	111	112	125

tabela 6

1	5	17	24	37	51	72	76
4	6	26	26	51	67	77	101
4	8	28	32	61	73	87	111
7	11	32	50	65	81	91	117
8	18	35	56	66	81	93	119
10	19	42	58	67	87	94	123
16	30	54	59	69	100	114	124
31	32	55	61	69	106	115	125

tabela 7

1	3	20	31	32	59	78	88
2	4	25	35	59	71	83	99
3	8	25	54	61	76	86	103
3	14	26	58	63	77	91	108
4	16	28	58	71	79	96	108
4	20	45	60	73	82	96	120
14	24	45	60	75	90	108	121
15	39	46	61	76	106	113	126

tabela 8

1	6	10	11	24	69	89	98
2	7	14	19	60	74	93	107
3	10	15	23	62	75	95	110
5	13	21	27	67	87	97	116
7	19	29	56	72	89	99	120
8	37	46	66	76	89	107	121
10	43	52	71	78	101	107	122
30	48	54	77	80	103	114	126

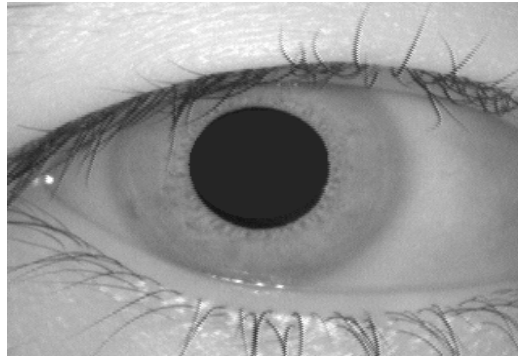
média

1	4	11	19	29	51	67	86
2	6	17	26	47	62	81	100
3	9	20	34	53	70	87	108
5	12	24	45	59	76	92	111
7	15	28	54	65	80	97	114
8	23	38	58	70	88	103	118
11	28	48	62	77	94	109	120
23	37	53	68	88	107	115	125

As tabelas de 1 a 8 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.4 - Imagem 026

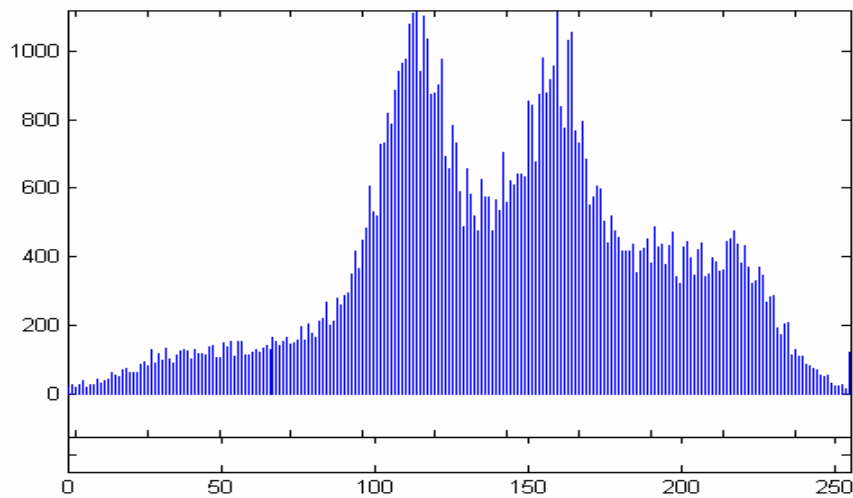
A Figura 4.7 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.



(a)

193	186	190	186	184	185	189	186
194	183	193	196	195	180	194	190
185	177	183	182	173	178	172	175
144	157	158	152	160	153	149	156
152	152	161	163	173	165	173	175
185	188	188	197	183	186	185	184
200	199	196	192	199	198	201	192
210	196	194	203	196	193	190	196

(b)



(c)

Figura 4.7 – (a) Imagem do olho humano (imagem 026), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem;  
(c) Histograma da imagem 026.

Na Figura 4.7 os níveis de cinza estão concentrados em torno de 110 e 160, mostrando que a imagem possui características predominantemente escuras.



A Tabela 4.29 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 026.

*Tabela 4.29 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 026*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	48,71	31,25	47,25	31,38	1
3	48,71	31,25	48,47	31,27	2
4	48,71	31,25	46,61	31,44	3
5	48,71	31,25	47,01	31,40	4
6	48,71	31,25	44,62	31,66	5
7	48,71	31,25	45,50	31,55	6
8	48,71	31,25	44,73	31,62	7
<b>9</b>	<b>48,71</b>	<b>31,25</b>	<b>43,63</b>	<b>31,73</b>	<b>8</b>
10	48,71	31,25	46,68	31,43	9

tabela 1

1	2	6	37	43	51	56	99
2	3	19	40	58	71	87	103
4	4	25	49	58	77	89	105
4	23	29	52	72	79	92	108
7	24	38	64	79	82	101	112
7	29	50	69	83	88	101	115
18	49	66	73	85	94	107	119
26	70	70	75	88	103	118	122

tabela 3

1	3	5	8	22	49	50	90
2	9	20	20	22	55	62	102
11	19	34	38	46	56	85	105
13	25	37	42	56	59	91	108
18	26	39	49	72	76	95	109
21	28	40	66	87	91	111	114
22	31	49	76	88	103	120	125
24	37	64	88	106	111	125	126

tabela 4

1	2	2	29	30	39	47	80
4	7	19	38	48	66	68	98
5	12	33	43	49	79	94	109
6	15	35	46	58	84	99	111
10	25	39	53	59	85	101	115
25	30	50	54	64	90	101	119
30	34	50	57	72	92	107	121
31	49	69	81	91	98	110	126

tabela 5

1	4	14	17	41	59	67	104
2	6	14	24	48	65	78	108
2	8	14	24	52	69	83	108
3	12	16	35	55	80	103	114
3	20	37	43	61	89	107	123
29	47	58	85	87	92	108	123
32	59	67	86	88	107	111	124
40	63	76	88	89	110	111	126

tabela 6

1	6	6	15	39	80	97	98
2	10	12	21	52	80	98	103
4	17	27	30	68	91	102	104
5	19	42	46	72	97	113	115
7	21	43	58	81	102	113	118
8	28	53	75	83	110	114	123
10	29	60	76	84	111	118	123
12	31	65	81	104	114	119	124

tabela 7

1	6	9	35	37	39	48	83
3	7	23	36	38	44	71	98
5	7	24	39	55	67	80	109
5	11	30	52	55	68	82	116
6	18	39	57	62	69	82	116
7	25	43	61	66	74	97	123
19	30	48	63	73	77	107	124
20	35	53	74	89	97	118	126

tabela 8

1	7	9	23	47	57	73	105
2	9	19	34	50	58	86	109
2	10	21	40	54	63	97	111
6	16	21	41	65	78	100	112
6	18	29	52	78	98	103	121
7	20	29	63	78	99	110	121
9	22	34	64	82	99	112	122
15	24	39	84	87	103	113	126

tabela 9

1	2	4	13	61	75	86	99
2	9	18	34	62	76	93	106
4	12	23	55	62	77	100	109
6	12	33	58	64	87	102	112
7	22	55	61	72	87	103	121
9	26	55	63	73	90	108	121
14	36	64	66	74	91	114	124
25	54	67	77	111	112	115	125

média

1	4	8	23	40	55	66	93
2	8	19	31	49	67	82	104
4	12	25	39	57	75	92	109
6	17	30	47	64	81	99	113
8	22	40	55	72	87	101	118
13	28	49	68	79	93	107	120
19	35	57	71	82	98	113	123
27	47	65	81	95	107	117	125

tabela 2

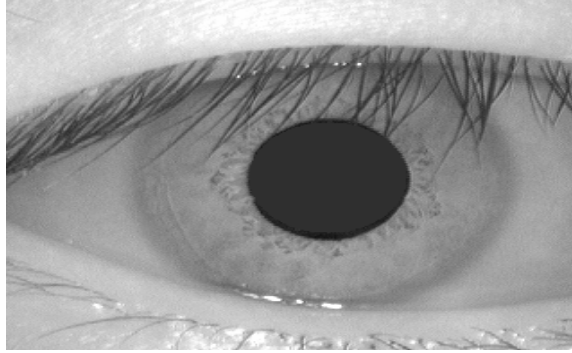
1	4	20	29	37	46	70	80
2	8	25	33	65	90	98	109
2	16	26	33	71	98	102	121
3	19	28	48	77	98	105	122
6	20	42	61	82	99	108	123
7	21	64	73	88	101	109	124
16	24	73	76	92	106	117	126
48	62	80	83	94	111	120	126

As tabelas de 1 a 9 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.5 - Imagem 058

A Figura 4.8 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



.(b)

197	203	193	198	199	214	218	207
201	197	194	195	210	214	217	205
194	199	200	204	217	220	214	203
203	194	205	205	214	213	211	205
197	205	210	201	212	214	210	203
202	206	209	219	213	205	213	209
209	210	220	215	215	217	211	211
210	210	216	199	211	217	204	209

(c)

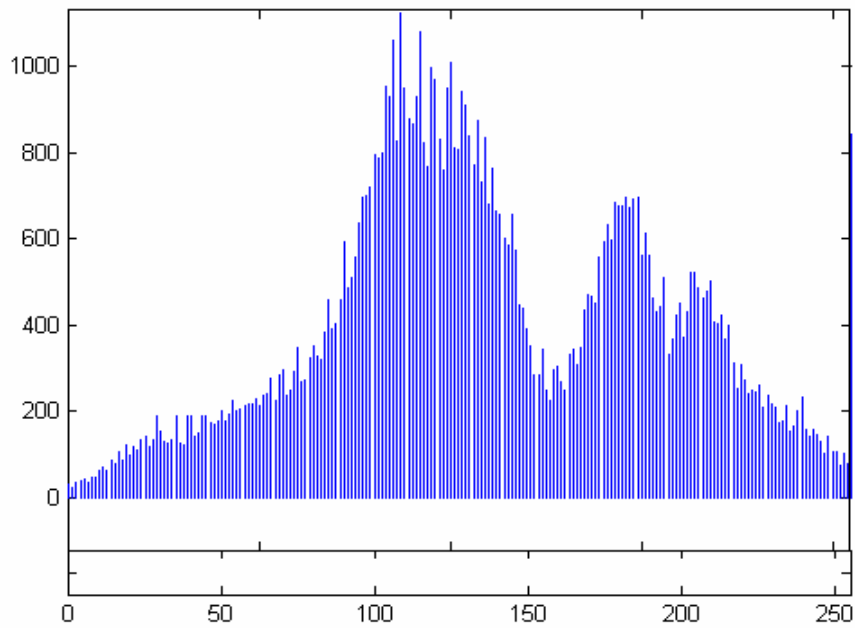


Figura 4.8 – (a) Imagem do olho humano (imagem 058), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem;  
(c) Histograma da imagem 058.

Pode-se observar na Figura 4.8 que a imagem 058 possui uma concentração maior de níveis escuros, além disso, ela tem um alto espalhamento na escala dinâmica indicando que ela possui um alto contraste.

A Tabela 4.30 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 058.

*Tabela 4.30 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 058*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	38,98	32,22	41,81	31,91	
3	38,98	32,22	39,06	32,21	
4	38,98	32,22	39,55	32,15	
5	38,98	32,22	37,21	32,42	1
<b>6</b>	<b>38,98</b>	<b>32,22</b>	<b>35,75</b>	<b>32,59</b>	<b>2</b>
7	38,98	32,22	36,57	32,49	3
8	38,98	32,22	35,95	32,57	4
9	38,98	32,22	40,97	32,00	
10	38,98	32,22	36,00	32,56	5

tabela 1

1	6	9	19	34	40	61	73
4	9	17	29	37	49	66	101
6	10	21	29	45	85	92	104
9	16	23	33	69	86	96	105
9	17	38	50	70	89	100	107
12	17	50	60	80	90	102	108
14	35	56	74	82	102	106	111
14	35	66	79	102	108	110	125

tabela 2

1	2	5	10	15	39	76	90
2	3	16	33	35	54	78	94
3	6	19	38	41	58	92	100
4	10	29	44	56	83	93	111
10	28	35	54	65	91	95	111
12	29	64	74	80	98	108	113
20	34	76	77	88	100	109	118
22	65	88	106	114	114	122	124

tabela 3

1	2	12	18	22	43	98	110
2	6	14	29	43	49	99	117
3	14	16	31	50	76	108	122
4	15	17	37	61	87	111	123
5	20	24	59	68	92	113	123
16	20	27	63	77	95	115	123
24	43	61	75	88	105	118	123
30	48	66	87	93	109	120	124

tabela 5

1	3	6	15	30	39	58	59
2	6	20	26	33	44	60	61
2	10	24	26	41	49	85	103
7	12	31	38	47	64	94	104
7	22	31	44	59	73	98	106
10	36	37	65	67	87	100	118
18	43	53	78	81	95	101	121
42	56	60	78	86	98	112	125

média

1	3	8	14	28	42	74	82
2	6	17	28	38	51	76	93
3	10	20	31	45	69	91	108
6	13	24	38	58	81	100	111
8	20	33	50	66	89	102	112
12	28	46	63	78	94	107	116
21	39	60	76	86	101	110	118
28	51	70	86	99	108	116	124

tabela 4

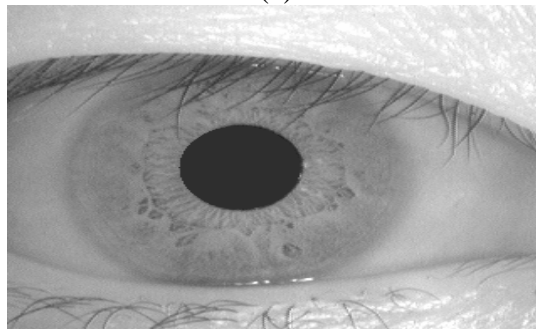
1	4	7	9	37	50	75	79
2	5	17	21	41	57	77	92
2	10	20	33	47	76	80	110
4	11	20	39	56	87	105	111
8	13	35	43	67	99	105	111
11	36	50	53	85	101	108	119
27	41	52	75	89	101	114	119
30	50	72	82	99	111	115	122

As tabelas de 1 a 5 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.6 - Imagem 094

A Figura 4.9 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

198	190	201	203	228	187	194	214
196	192	206	210	218	197	190	203
203	217	214	221	210	207	208	195
229	230	236	196	220	226	199	192
234	222	217	212	228	202	198	196
223	200	216	224	206	201	188	201
214	215	201	215	184	207	187	189
222	199	199	203	206	208	193	197

(c)

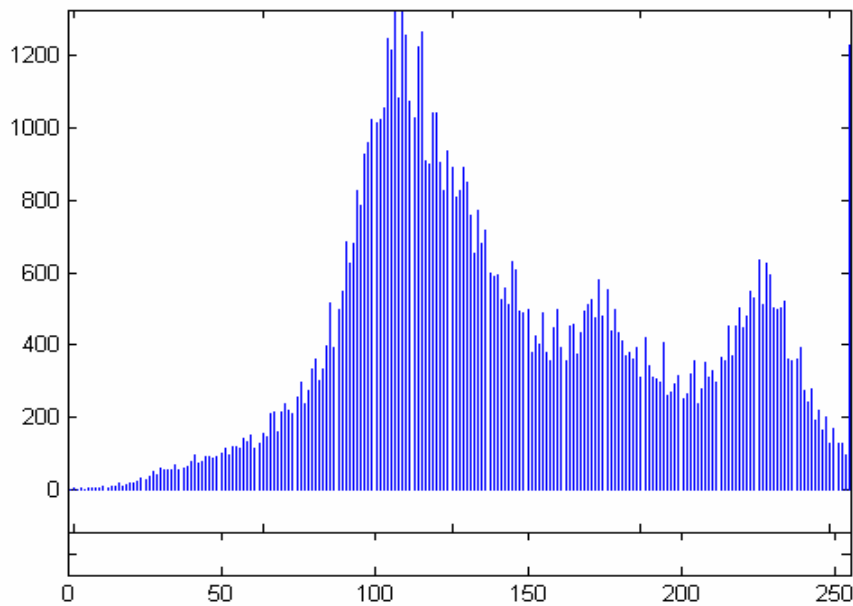


Figura 4.9 – (a) Imagem do olho humano (imagem 094), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem;  
(c) Histograma da imagem 094.

Pode-se observar pelo histograma da imagem 094 na Figura 4.9 (c) que essa imagem é predominantemente escura.

A Tabela 4.31 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 094.

Tabela 4.31 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 094.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	36,40	32,51	35,67	32,60	1
3	36,40	32,51	35,62	32,61	2
4	36,40	32,51	36,00	32,56	3
5	36,40	32,51	39,36	32,17	
6	36,40	32,51	34,62	32,73	4
7	36,40	32,51	35,33	32,64	5
8	36,40	32,51	33,70	32,85	6
9	36,40	32,51	32,83	32,96	7
<b>10</b>	<b>36,40</b>	<b>32,51</b>	<b>31,77</b>	<b>33,11</b>	<b>8</b>

tabela 1

1	2	10	10	39	52	52	58
1	8	15	18	45	65	77	92
7	12	23	55	57	66	86	110
7	23	39	59	77	82	87	114
14	26	42	70	81	86	111	115
19	42	47	72	86	109	113	122
20	51	62	73	89	110	119	125
32	58	67	77	113	113	121	125

tabela 2

2	6	13	28	37	66	80	111
4	6	24	29	45	69	85	115
5	10	24	36	48	77	103	116
6	14	24	41	76	103	114	120
7	19	30	42	77	103	114	123
9	23	32	51	94	104	114	124
12	30	34	68	94	105	117	125
54	64	65	72	102	108	124	125

tabela 3

1	3	6	34	38	64	79	86
1	5	20	42	50	75	79	112
3	5	22	44	53	79	86	119
4	17	27	47	65	81	89	119
16	21	37	53	66	81	93	121
26	34	43	56	69	88	96	124
29	38	44	59	79	94	99	124
52	55	63	95	104	108	111	125

tabela 4

1	4	9	37	49	59	68	91
1	5	13	45	55	61	76	97
1	6	20	49	57	69	78	103
2	10	26	50	57	73	84	106
3	18	30	51	68	89	97	117
3	21	32	60	74	91	107	121
16	21	44	72	87	110	115	124
43	43	70	81	90	112	115	125

tabela 5

1	4	8	27	38	47	63	85
1	5	9	28	38	51	75	86
2	17	30	34	42	51	79	98
2	18	38	44	50	76	83	106
12	25	43	51	67	84	92	113
15	32	43	53	70	89	95	116
16	39	52	60	77	90	99	119
25	44	54	64	77	98	117	120

tabela 6

1	5	9	11	31	63	66	82
2	8	11	27	55	71	84	101
2	8	25	38	57	74	90	109
4	17	26	49	59	85	92	111
4	21	34	50	63	87	98	123
6	21	46	55	89	90	102	124
16	27	48	79	91	97	111	125
19	45	58	88	94	104	123	125

tabela 7

1	4	7	14	36	62	68	86
1	7	14	25	38	65	79	92
3	11	17	33	59	80	102	107
4	13	29	45	61	90	108	111
5	15	38	49	65	96	114	118
5	21	40	54	78	97	116	119
7	24	40	63	109	113	118	125
16	25	57	105	110	124	125	126

tabela 8

1	4	6	21	32	33	73	74
2	9	12	24	57	71	78	106
4	11	14	28	69	82	99	109
4	11	20	30	70	85	102	112
5	11	22	50	73	94	110	118
7	14	27	63	93	101	111	120
21	46	55	78	94	104	115	122
37	50	60	84	103	105	121	124

média

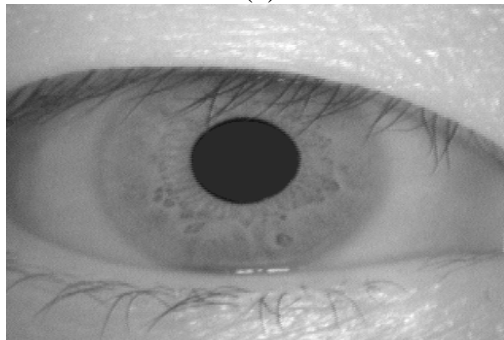
1	4	9	23	38	56	69	84
2	7	15	30	48	66	79	100
3	10	22	40	55	72	90	109
4	15	29	46	64	84	95	112
8	20	35	52	70	90	104	119
11	26	39	58	82	96	107	121
17	35	47	69	90	103	112	124
35	48	62	83	99	109	120	124

As tabelas de 1 a 8 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.7 - Imagem 096

A Figura 4.10 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

172	159	168	156	172	167	179	178
163	156	171	174	161	170	177	166
169	165	170	179	182	169	166	170
157	177	177	178	176	166	174	161
174	173	170	170	168	162	166	156
164	167	167	168	160	155	158	163
170	159	176	153	154	164	169	166
170	165	168	157	159	166	169	175



(c)

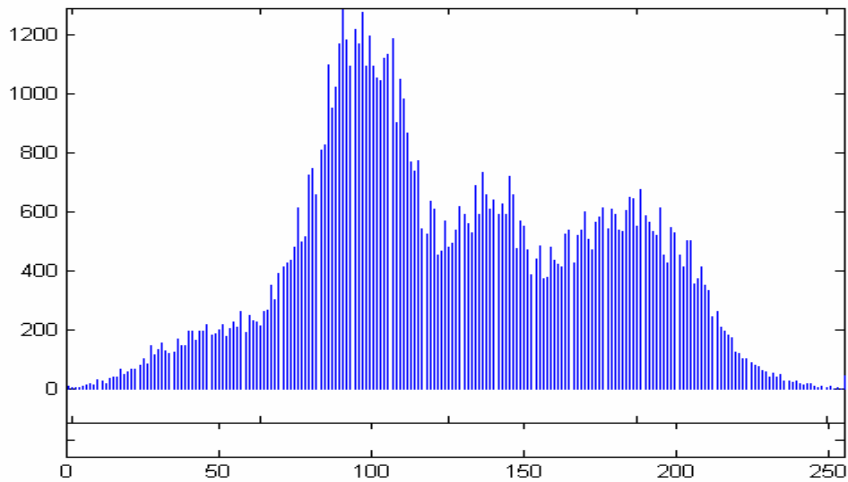


Figura 4.10 – (a) Imagem do olho humano (imagem 096), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 096.

Pode-se observar pelo histograma da imagem 096 que as maiores intensidades de níveis de cinza estão concentrados em torno do valor 100, na extremidade escura da escala de níveis de cinza.

A Tabela 4.32 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 096.

Tabela 4.32 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 096.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	28,17	33,63	25,59	34,04	1
3	28,17	33,63	27,21	33,78	2
4	28,17	33,63	24,80	34,18	3
5	28,17	33,63	24,28	34,27	4
<b>6</b>	<b>28,17</b>	<b>33,63</b>	<b>22,71</b>	<b>34,56</b>	<b>5</b>
7	28,17	33,63	23,85	34,35	6
8	28,17	33,63	23,32	34,45	7
9	28,17	33,63	25,01	34,14	8
10	28,17	33,63	24,04	34,32	9

tabela 1

1	5	12	17	50	67	77	88
1	8	16	47	51	71	80	92
4	10	39	51	63	71	83	95
8	18	39	56	63	72	84	114
17	31	43	63	67	76	85	115
18	33	49	63	69	90	104	118
21	36	55	63	74	95	112	121
27	52	62	89	99	99	118	125

tabela 2

1	9	18	35	52	55	68	87
2	14	25	39	53	61	73	108
2	17	29	45	58	63	74	111
6	21	31	58	61	64	88	112
6	22	44	59	71	72	91	116
6	36	45	60	78	85	106	118
18	42	48	68	82	106	109	121
34	49	61	97	104	107	116	126

tabela 3

1	6	8	24	27	43	82	92
1	6	19	36	52	60	87	110
1	8	28	37	53	73	98	112
6	14	34	51	60	90	104	115
7	21	35	55	74	99	105	118
10	31	41	61	83	100	108	120
34	36	43	73	95	103	110	124
39	73	75	84	95	114	119	125

tabela 4

1	6	9	19	34	40	61	73
4	9	17	29	37	49	66	101
6	10	21	29	45	85	92	104
6	16	23	33	69	86	96	105
9	17	38	50	70	89	100	107
12	17	50	60	80	90	102	108
14	35	56	74	82	102	106	111
14	35	66	79	102	108	110	125

tabela 5

1	2	5	10	15	39	76	90
2	3	16	33	35	54	78	94
3	6	19	38	41	58	92	100
4	10	29	44	56	83	93	111
10	28	35	54	65	91	95	111
12	29	64	74	80	98	108	113
20	34	76	77	88	100	109	118
22	65	88	106	114	114	122	124

tabela 6

1	2	12	18	22	43	98	110
2	6	14	29	43	49	99	117
3	14	16	31	50	76	108	122
4	15	17	37	61	87	111	123
5	20	24	59	68	92	113	123
16	20	27	63	77	95	115	123
24	43	61	75	88	105	118	123
30	48	66	87	93	109	120	124

tabela 7

1	2	7	26	56	60	71	81
1	4	17	31	57	69	78	110
2	10	23	33	61	76	80	112
2	16	27	42	61	80	106	118
4	17	30	48	67	90	107	120
5	17	38	54	75	95	109	121
5	18	40	54	93	101	112	123
18	37	43	74	95	106	114	126

tabela 8

1	5	7	32	35	45	72	97
3	7	22	36	46	73	79	101
3	9	27	39	57	74	86	103
4	20	31	41	57	75	90	116
4	25	36	49	64	76	93	118
7	28	54	63	66	79	94	120
13	31	58	70	72	84	95	120
42	56	61	74	75	90	111	120

tabela 9

1	3	6	15	30	39	58	59
2	6	20	26	33	44	60	61
2	10	24	26	41	49	85	103
7	12	31	38	47	64	94	104
7	22	31	44	59	73	98	106
10	36	37	65	67	87	100	118
18	43	53	78	81	95	101	121
42	56	60	78	86	98	112	125

média

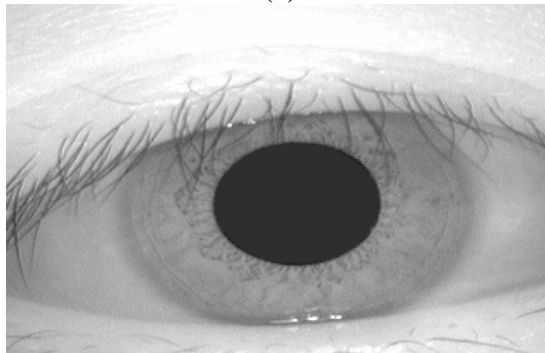
1	4	9	22	36	48	74	86
2	7	18	34	45	59	78	99
3	10	25	37	52	69	89	107
5	16	29	44	59	78	96	113
8	23	35	53	67	84	99	115
11	27	45	63	75	91	105	118
19	35	54	70	84	99	108	120
30	52	65	85	96	105	116	124

As tabelas de 1 a 9 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.8 - Imagem 138

A Figura 4.11 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

214	214	218	215	216	217	219	223
211	207	208	214	216	220	216	217
214	211	217	215	214	221	214	210
215	219	218	216	207	215	210	215
217	219	212	211	211	215	215	212
218	206	208	216	209	210	214	214
207	211	217	208	213	221	209	214
212	213	211	215	216	214	214	219

(c)

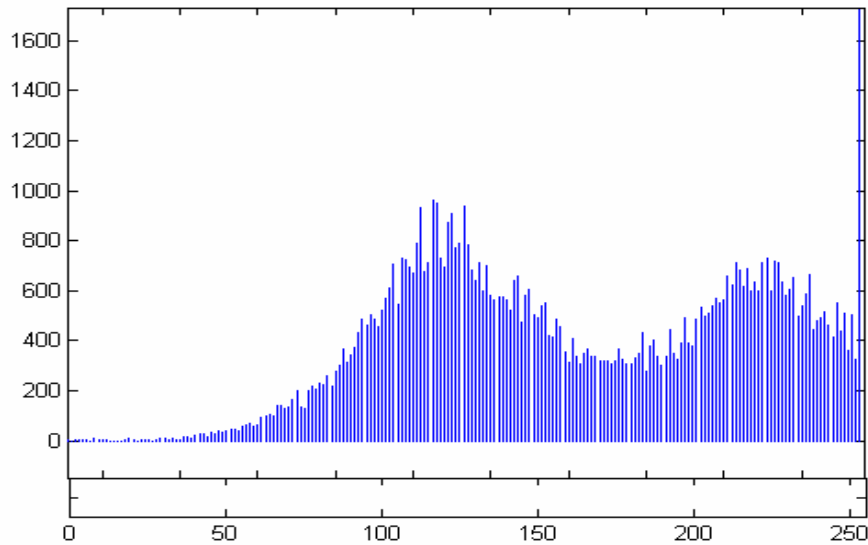


Figura 4.11 – (a) Imagem do olho humano (imagem 138), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 138.

Pode-se observar pelo histograma da Figura 4.11 (c) que a imagem 138 possui níveis de cinza claros.

A Tabela 4.33 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 138.

Tabela 4.33 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 138.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	30,82	33,24	31,11	33,20	
3	30,82	33,24	29,38	33,44	1
4	30,82	33,24	34,67	32,63	
5	30,82	33,24	31,38	33,16	
6	30,82	33,24	32,73	32,98	
<b>7</b>	<b>30,82</b>	<b>33,24</b>	<b>25,85</b>	<b>34,00</b>	<b>2</b>
8	30,82	33,24	28,39	33,59	3
9	30,82	33,24	30,81	33,24	4
10	30,82	33,24	30,56	33,27	5

tabela 1

1	8	17	17	28	63	69	71
1	9	18	19	45	64	71	82
1	11	28	34	50	69	86	91
4	13	31	43	52	70	89	97
9	14	33	46	56	78	92	100
18	20	33	56	63	78	94	108
19	22	40	62	74	83	97	110
21	63	70	72	74	86	97	118

tabela 3

1	4	8	29	33	46	65	95
3	8	17	29	42	47	74	114
5	10	19	30	46	66	91	119
6	11	22	33	47	83	91	120
7	12	23	40	48	84	106	120
7	14	33	41	58	88	108	122
11	16	34	54	80	95	110	123
11	22	78	79	84	106	119	124

tabela 5

1	3	21	27	41	42	73	94
1	4	22	32	52	66	96	102
1	9	23	45	55	72	98	102
3	13	29	49	56	85	106	109
7	16	30	50	71	93	107	114
8	19	30	57	74	98	113	122
14	24	44	60	91	111	117	126
19	24	65	79	105	121	121	126

tabela 2

1	7	10	15	27	37	38	75
2	9	11	16	32	41	78	83
2	10	11	27	34	66	81	101
5	10	14	34	39	72	95	105
8	18	23	49	62	73	98	114
8	25	28	54	69	92	104	116
8	25	35	67	69	92	114	120
15	26	68	85	97	113	120	126

tabela 4

1	6	14	23	29	42	59	97
1	8	23	29	55	71	91	100
3	10	27	40	55	78	95	106
6	25	34	42	62	81	95	111
7	27	37	46	66	82	103	111
23	40	44	52	69	84	104	115
24	43	46	55	93	101	106	122
28	52	56	63	94	117	121	123

média

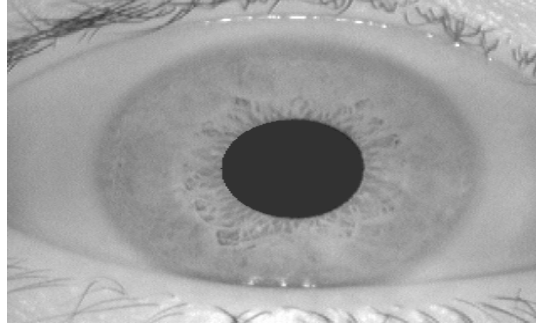
1	6	14	22	32	46	61	86
2	8	18	25	45	58	82	96
2	10	22	35	48	70	90	104
5	14	26	40	51	78	95	108
8	17	29	46	61	82	101	112
13	24	34	52	67	88	105	117
15	26	40	60	81	96	109	120
19	37	67	76	91	109	116	123

As tabelas de 1 a 4 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.9 - Imagem 142

A Figura 4.12 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

164	164	160	163	170	174	170	174
166	171	164	171	167	182	176	162
167	161	165	172	174	184	175	169
169	169	170	156	172	177	175	173
165	168	164	158	166	174	176	170
175	174	166	159	162	172	175	165
175	176	169	170	164	169	165	168
173	170	168	173	177	172	168	165

(c)

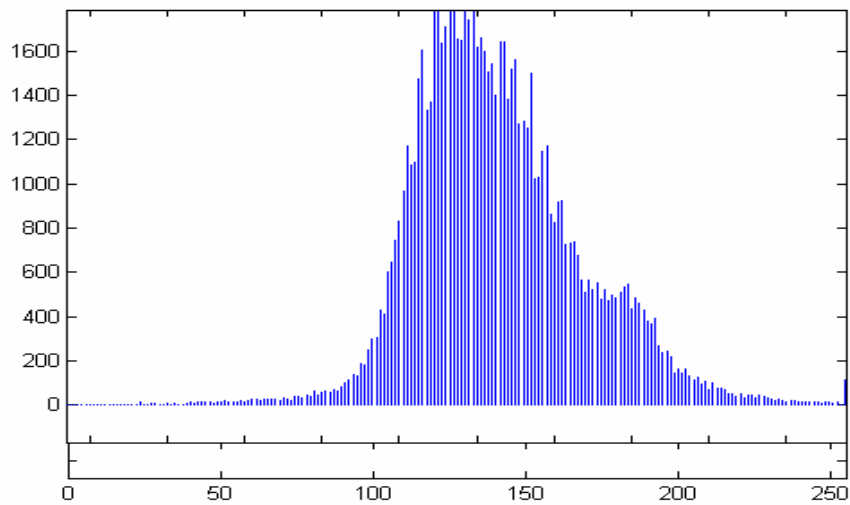


Figura 4.12 – (a) Imagem do olho humano (imagem 142), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 142.

A Figura 4.12 (c) tem uma forma estreita o que indica imagem de baixo contraste, mas um nível de cinza alto.

A Tabela 4.34 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 142.

*Tabela 4.34 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 142.*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	27,90	33,67	26,59	33,88	1
3	27,90	33,67	26,17	33,95	2
4	27,90	33,67	25,52	34,06	3
5	27,90	33,67	24,81	34,18	4
6	27,90	33,67	24,40	34,25	5
<b>7</b>	<b>27,90</b>	<b>33,67</b>	<b>23,94</b>	<b>34,33</b>	<b>6</b>
8	27,90	33,67	24,24	34,28	7
9	27,90	33,67	25,24	34,10	8
10	27,90	33,67	25,25	34,10	9

tabela 1

1	4	20	29	37	46	70	80
2	8	25	33	65	90	98	109
2	16	26	33	71	98	102	121
3	19	28	48	77	98	105	122
6	20	42	61	82	99	108	123
7	21	64	73	88	101	109	124
16	24	73	76	92	106	117	126
48	62	80	83	94	111	120	126

tabela 2

1	5	25	28	28	37	78	100
3	10	25	28	33	40	83	108
5	15	25	29	44	66	89	117
5	16	26	31	53	80	94	118
9	21	27	34	59	81	105	120
12	21	30	62	64	104	111	121
15	22	47	69	81	109	114	124
27	41	48	90	94	111	124	126

tabela 3

1	6	8	24	27	43	82	92
1	6	19	36	52	60	87	110
1	8	28	37	53	73	98	112
6	14	34	51	60	90	104	115
7	21	35	55	74	99	105	118
10	31	41	61	83	100	108	120
34	36	43	73	95	103	110	124
39	73	75	84	95	114	119	125

tabela 4

1	6	9	19	34	40	61	73
4	9	17	29	37	49	66	101
6	10	21	29	45	85	92	104
9	16	23	33	69	86	96	105
9	17	38	50	70	89	100	107
12	17	50	60	80	90	102	108
14	35	56	74	82	102	106	111
14	35	66	79	102	108	110	125

tabela 5

1	7	12	14	32	43	68	88
2	9	18	19	41	59	80	91
2	10	19	39	48	68	81	105
4	12	23	44	55	69	81	113
5	22	44	60	74	75	104	115
9	23	50	65	76	100	106	115
27	34	70	70	80	106	107	116
30	63	75	86	99	108	110	122

tabela 6

1	2	12	18	22	43	98	110
2	6	14	29	43	49	99	117
3	14	16	31	50	76	108	122
4	15	17	37	61	87	111	123
5	20	24	59	68	92	113	123
16	20	27	63	77	95	115	123
24	43	61	75	88	105	118	123
30	48	66	87	93	109	120	124

tabela 7

1	2	7	26	56	60	71	81
1	4	17	31	57	69	78	110
2	10	23	33	61	76	80	112
2	16	27	42	61	80	106	118
4	17	30	48	67	90	107	120
5	17	38	54	75	95	109	121
5	18	40	54	93	101	112	123
18	37	43	74	95	106	114	126

tabela 9

1	4	8	15	50	65	82	83
1	8	16	26	54	70	83	93
4	13	26	33	64	74	83	101
6	14	33	38	67	74	90	113
7	27	36	44	67	82	105	115
9	37	45	64	69	87	105	116
12	44	58	66	70	93	108	118
28	45	64	69	72	100	110	120

média

1	5	13	22	36	47	77	89
2	8	18	29	47	61	85	104
3	12	23	34	54	76	91	110
5	15	26	40	62	83	98	115
6	20	33	51	69	89	105	116
10	23	42	61	76	96	108	118
18	32	55	70	84	103	112	120
28	50	64	81	92	110	117	124

tabela 8

1	7	12	29	39	49	79	90
4	9	14	30	40	67	87	98
5	14	22	38	46	70	88	100
6	15	22	39	56	82	93	106
6	15	24	45	59	91	98	107
12	21	31	50	74	94	111	115
12	36	46	69	79	100	112	116
20	46	56	73	88	121	122	126

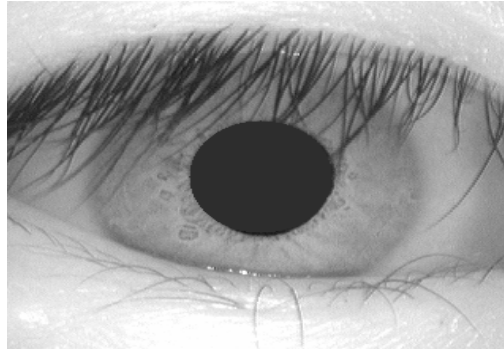
As tabelas de 1 a 9 são as melhores tabelas de quantização produzidas pelo AG para essa imagem, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.10 - Imagem 184

A Figura 4.13 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.



(a)



(b)

223	215	214	221	224	223	230	224
229	210	217	218	222	223	218	222
219	216	219	227	224	223	218	224
214	217	217	225	224	218	223	221
222	219	220	213	218	217	223	225
219	219	219	224	221	225	224	234
221	222	217	226	222	225	228	222
220	218	228	221	223	228	221	222

(c)

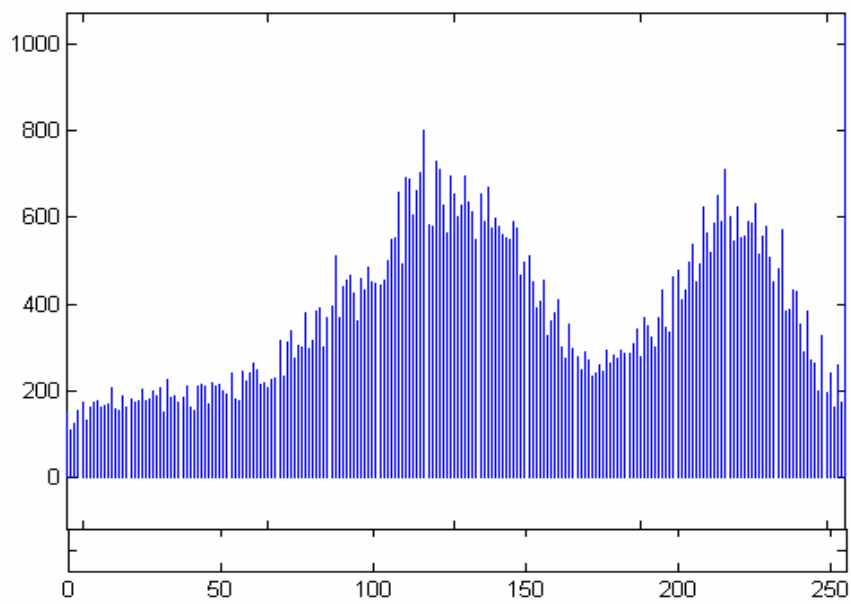


Figura 4.13 – (a) Imagem do olho humano (imagem 184), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 184.

Pode-se observar na Figura 4.13 (c) que a imagem 184 possui um alto espalhamento o que representa que ela tem um grande contraste.

A Tabela 4.35 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 184.

*Tabela 4.35 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 184.*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	41,65	31,93	49,35	31,19	
3	41,65	31,93	43,29	31,76	
4	41,65	31,93	44,23	31,67	
5	41,65	31,93	39,44	32,17	1
<b>6</b>	<b>41,65</b>	<b>31,93</b>	<b>39,35</b>	<b>32,18</b>	<b>2</b>
7	41,65	31,93	40,27	32,08	3
8	41,65	31,93	44,65	31,63	
9	41,65	31,93	46,53	31,45	
10	41,65	31,93	43,15	31,78	

tabela 2

1	2	5	10	15	39	76	90
2	3	16	33	35	54	78	94
3	6	19	38	41	58	92	100
4	10	29	44	56	83	93	111
10	28	35	54	65	91	95	111
12	29	64	74	80	98	108	113
20	34	76	77	88	100	109	118
22	65	88	106	114	114	122	124

tabela 3

1	2	12	18	22	43	98	110
2	6	14	29	43	49	99	117
3	14	16	31	50	76	108	122
4	15	17	37	61	87	111	123
5	20	24	59	68	92	113	123
16	20	27	63	77	95	115	123
24	43	61	75	88	105	118	123
30	48	66	87	93	109	120	124

média

1	2	9	13	18	42	79	96
2	4	15	27	38	51	84	102
3	11	19	34	44	65	96	109
4	16	25	42	59	84	99	114
9	24	30	54	67	90	104	115
13	25	43	68	77	95	111	117
19	44	68	75	86	102	114	121
32	60	78	92	104	111	119	124

tabela 1

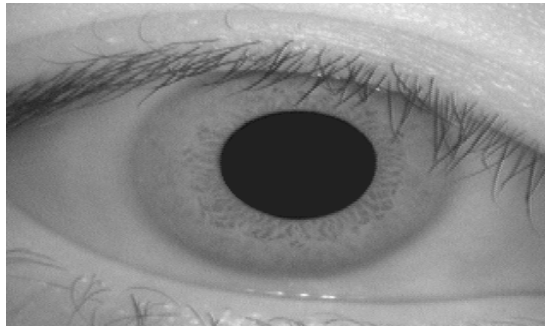
1	3	9	10	18	44	64	88
2	4	16	19	36	49	74	95
4	12	23	33	41	61	89	104
4	24	30	45	59	81	93	108
11	24	32	48	69	86	104	111
12	27	39	68	74	91	110	116
13	55	68	72	81	102	115	122
43	66	80	82	105	111	115	124

Nesta imagem, apenas 3 tabelas de quantização produzidas pelo AG foram melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.11 - Imagem 258

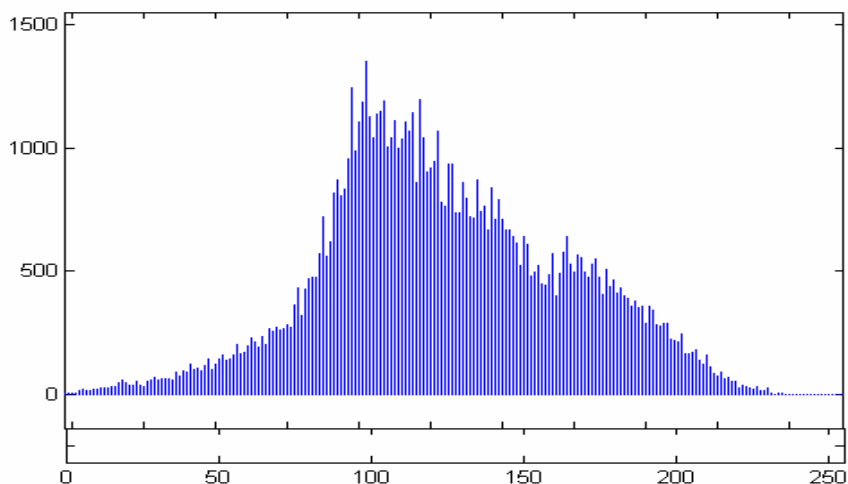
A Figura 4.14 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

162	157	154	157	165	168	161	163
156	157	161	163	159	166	160	159
159	162	162	166	172	168	166	168
157	166	156	166	182	170	188	180
164	160	168	166	170	173	168	170
165	161	157	174	152	179	175	176
160	157	167	157	172	162	168	168
157	160	160	168	159	176	165	173



(c)

Figura 4.14 – (a) Imagem do olho humano (imagem 258), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 258.

No histograma da Figura 4.14 (c) pode-se observar que a maior concentração de níveis de cinza da imagem 258 ocorre em torno do valor 100, e essa imagem possui baixo contraste, devido a um pequeno espalhamento em sua escala dinâmica.

A Tabela 4.36 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 258.

Tabela 4.36 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 258.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	31,05	33,20	30,41	33,30	1
3	31,05	33,20	29,08	33,49	2
4	31,05	33,20	29,23	33,47	3
5	<b>31,05</b>	<b>33,20</b>	<b>25,95</b>	<b>33,98</b>	<b>4</b>
6	31,05	33,20	30,37	33,30	5
7	31,05	33,20	30,57	33,27	6
8	31,05	33,20	30,12	33,34	7
9	31,05	33,20	29,66	33,40	8
10	31,05	33,20	32,12	33,06	

tabela 1

1	2	7	15	37	47	94	98
2	5	15	44	64	77	96	104
4	8	40	62	70	79	97	109
8	22	42	64	73	92	106	115
11	29	53	71	78	92	110	115
14	35	58	81	91	96	113	116
18	37	61	84	93	96	119	122
26	59	76	93	96	114	122	126

tabela 2

1	6	8	23	31	49	62	82
1	7	12	24	43	50	68	99
4	14	17	40	55	77	84	104
6	14	37	46	55	85	91	105
10	22	41	50	88	91	97	110
14	28	51	59	90	94	99	112
18	29	64	67	94	98	104	112
52	59	67	70	94	108	114	125

tabela 3

1	3	8	16	31	46	54	85
3	7	13	19	38	66	80	105
3	10	35	38	60	71	85	111
4	31	38	42	64	80	90	119
9	31	42	59	76	85	92	122
16	36	58	76	79	93	96	123
20	62	74	82	105	107	110	123
25	62	85	104	106	108	120	126

tabela 4

1	5	10	13	32	46	85	108
2	5	11	13	36	55	88	110
2	8	11	32	43	63	91	112
4	8	29	36	62	92	92	113
5	20	29	37	77	92	101	117
6	21	30	58	88	97	109	121
11	22	31	75	89	99	111	122
14	25	48	79	93	107	113	124

tabela 5

1	6	10	24	37	47	49	56
2	6	13	43	54	63	79	84
3	19	28	45	55	73	85	97
3	25	31	46	56	79	87	105
4	26	34	53	66	80	91	108
9	32	40	54	66	81	95	110
13	36	49	54	84	89	97	116
20	40	52	71	93	107	114	117

tabela 6

1	5	6	22	53	63	64	96
2	8	25	31	54	70	91	104
3	8	28	52	54	72	93	105
6	20	28	54	66	81	97	107
8	25	32	58	70	97	102	114
11	31	44	62	84	101	111	115
22	33	53	79	91	109	112	115
34	39	79	95	109	113	114	123

tabela 7

1	4	7	20	27	46	51	81
3	4	12	32	64	73	76	95
3	10	28	59	68	76	93	104
10	29	45	62	69	87	94	109
14	30	54	68	70	89	100	111
17	57	57	70	83	99	109	112
65	68	75	83	91	109	119	122
71	90	90	91	97	122	123	125

tabela 8

1	3	5	5	17	74	74	81
3	8	13	59	62	79	83	89
4	21	25	59	65	82	108	113
4	22	30	60	70	95	110	116
4	29	39	66	70	106	112	118
24	45	79	81	94	107	119	120
38	65	81	86	97	110	119	124
56	69	83	99	108	121	122	125

média

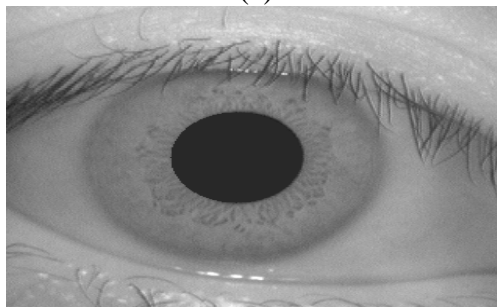
1	4	8	17	33	52	67	86
2	6	14	33	52	67	83	99
3	12	27	48	59	74	92	107
6	21	35	51	64	86	96	111
8	27	41	58	74	92	101	114
14	36	52	68	84	96	106	116
26	44	61	76	93	102	111	120
37	55	73	88	100	113	118	124

Nesta imagem, 8 tabelas de quantização produzidas pelo AG foram melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.12 - Imagem 260

A Figura 4.15 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

176	182	180	174	172	174	178	170
173	177	172	177	175	176	176	186
168	172	177	181	177	176	182	177
173	177	171	178	169	170	171	180
178	170	177	178	174	168	169	171
180	173	174	181	182	178	183	178
187	173	171	182	178	176	174	183
186	175	184	181	186	174	180	177

(c)

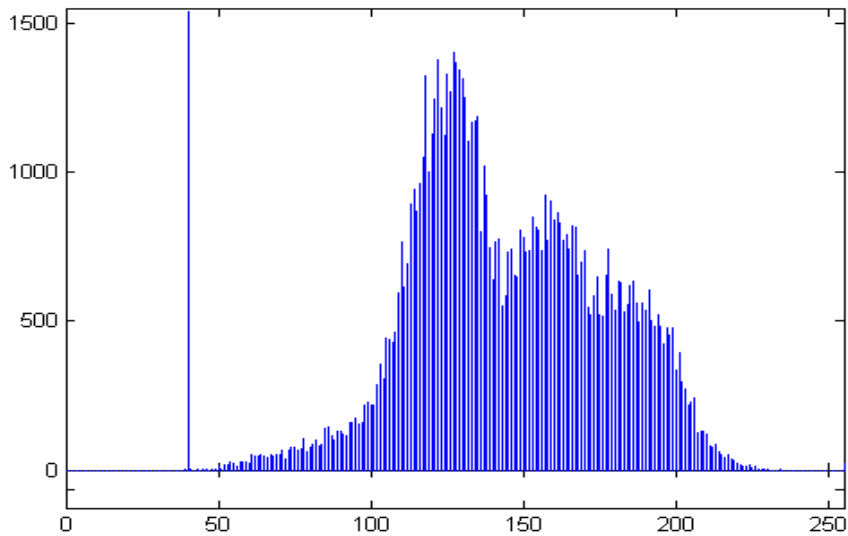


Figura 4.15 – (a) Imagem do olho humano (imagem 260), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 260.

Observa-se no histograma da Figura 4.15 (c) que na imagem 260 os níveis de cinza estão concentrados na extremidade escura da escala de níveis de cinza demonstrando que a imagem possui características predominantemente escuras.

A Tabela 4.37 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 260.

Tabela 4.37 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 260.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	32,14	33,05	30,64	33,26	1
3	32,14	33,05	30,87	33,23	2
4	32,14	33,05	31,48	33,15	3
<b>5</b>	<b>32,14</b>	<b>33,05</b>	<b>29,07</b>	<b>33,49</b>	<b>4</b>
6	32,14	33,05	29,71	33,40	5
7	32,14	33,05	31,12	33,19	6
8	32,14	33,05	29,31	33,45	7
9	32,14	33,05	31,24	33,18	8
10	32,14	33,05	30,83	33,24	9

tabela 1

1	6	11	16	51	59	80	103
3	8	12	30	54	74	84	107
3	10	16	35	54	76	91	116
3	16	41	50	55	83	91	123
5	33	44	50	64	85	104	125
7	34	46	61	66	88	122	126
13	37	47	63	68	96	122	126
34	42	59	109	117	120	125	126

tabela 2

1	3	15	20	31	31	90	103
1	4	16	33	48	78	90	107
2	7	17	49	53	80	90	110
6	17	32	62	79	85	91	115
34	46	55	63	79	88	95	117
34	48	62	64	81	89	102	120
38	49	63	74	82	89	114	122
39	61	73	76	86	93	119	125

tabela 3

1	1	17	28	33	35	84	93
2	5	23	37	55	57	95	103
2	10	24	44	57	80	99	105
3	11	35	52	57	85	100	114
4	27	47	54	71	86	102	116
5	36	49	57	81	94	108	117
19	37	49	59	83	96	114	124
36	56	57	78	101	123	123	126

tabela 4

1	5	6	20	31	35	49	73
2	8	12	30	32	39	68	94
5	9	21	42	57	71	86	94
5	13	27	46	60	76	106	111
6	15	34	50	74	90	107	115
7	25	40	52	81	91	111	116
10	38	40	56	86	92	111	117
26	39	55	69	107	110	112	123

tabela 5

1	2	6	24	26	38	54	86
6	7	14	26	31	48	75	99
8	10	15	29	55	71	80	107
8	27	43	53	72	77	94	111
11	28	44	55	74	83	98	112
12	40	45	70	77	91	100	116
13	44	50	71	82	95	115	118
37	45	64	73	93	113	119	123

tabela 6

1	7	14	21	41	53	70	98
2	10	14	29	54	55	85	115
2	11	32	38	57	67	87	115
4	11	36	43	59	75	92	117
4	20	37	53	70	80	101	119
6	23	39	61	81	92	106	120
7	33	45	72	81	92	111	126
19	44	74	77	85	105	126	126

tabela 7

1	7	10	13	22	41	51	72
3	8	11	18	29	55	74	82
5	12	30	35	35	70	77	87
6	22	34	38	55	77	87	91
11	24	42	56	68	80	87	111
24	26	47	62	70	81	106	119
25	35	54	64	84	90	106	120
34	47	57	85	92	97	106	126

tabela 8

1	4	5	13	44	63	72	94
2	11	12	44	54	65	95	100
5	12	14	47	59	85	101	104
6	21	27	47	69	90	101	105
7	22	32	60	82	90	107	111
8	22	37	67	89	92	107	115
24	28	51	80	91	96	110	117
60	73	73	89	97	98	116	117



tabela 9

1	2	6	23	23	45	71	88
2	5	10	34	64	77	77	99
4	8	26	43	70	79	80	104
8	22	42	57	73	83	89	108
9	29	51	65	73	87	92	111
16	35	53	66	81	103	105	112
19	37	59	77	82	105	107	117
60	64	80	83	104	110	122	123

média

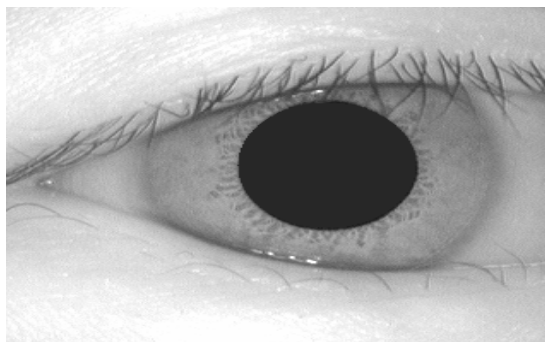
1	4	10	20	34	44	69	90
3	7	14	31	47	61	83	101
4	10	22	40	55	75	88	105
5	18	35	50	64	81	95	111
10	27	43	56	73	85	99	115
13	32	46	62	79	91	107	118
19	38	51	68	82	95	112	121
38	52	66	82	98	108	119	124

Nesta imagem, 9 tabelas de quantização produzidas pelo AG foram melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.13 - Imagem 284

A Figura 4.16 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

219	223	221	220	225	231	238	240
224	224	222	223	233	250	255	225
224	218	221	230	235	238	238	227
224	224	227	223	227	229	225	226
234	235	222	227	227	230	229	238
229	220	218	237	230	229	228	225
221	219	232	246	236	221	232	225
226	221	230	235	219	213	233	236

(c)

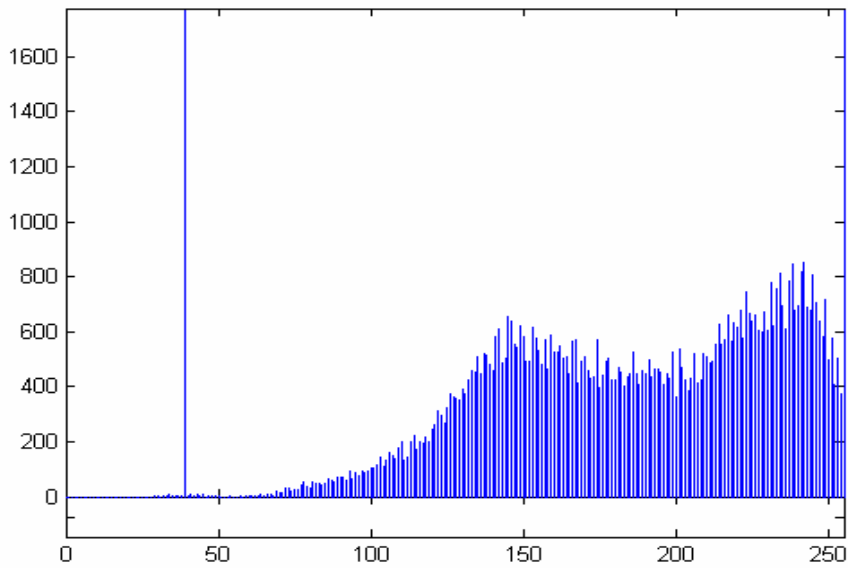


Figura 4.16 – (a) Imagem do olho humano (imagem 284), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 284.

Na Figura 4.16 (c) que os níveis de cinza da imagem 284 são predominantemente claros.

A Tabela 4.38 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 284.

Tabela 4.38 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 284.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	30,23	33,32	32,18	33,05	
3	30,23	33,32	33,01	32,94	
4	30,23	33,32	29,49	33,43	1
5	30,23	33,32	29,62	33,41	2
<b>6</b>	<b>30,23</b>	<b>33,32</b>	<b>26,67</b>	<b>33,86</b>	<b>3</b>
7	30,23	33,32	27,38	33,75	4
8	30,23	33,32	28,93	33,51	5
9	30,23	33,32	30,03	33,35	6
10	30,23	33,32	27,08	33,80	7

tabela 1

1	6	8	24	27	43	82	92
1	6	19	36	52	60	87	110
1	8	28	37	53	73	98	112
6	14	34	51	60	90	104	115
7	21	35	55	74	99	105	118
10	31	41	61	83	100	108	120
34	36	43	73	95	103	110	124
39	73	75	84	95	114	119	125

tabela 2

1	6	9	19	34	40	61	73
4	9	17	29	37	49	66	101
6	10	21	29	45	85	92	104
11	29	39	47	74	99	104	105
14	31	41	70	82	100	104	107
14	35	47	74	82	101	106	108
14	35	56	74	86	102	107	111
24	43	66	79	102	108	110	125

tabela 3

1	2	5	10	15	39	76	90
2	3	16	33	35	54	78	94
3	6	19	38	41	58	92	100
4	10	29	44	56	83	93	111
10	28	35	54	64	91	95	111
12	29	64	74	80	98	108	113
20	34	76	77	88	100	109	118
22	65	88	106	114	114	122	124

tabela 5

1	2	7	26	56	60	71	81
1	4	17	31	57	69	78	110
2	10	23	33	61	76	80	112
2	16	27	42	61	80	106	118
4	17	30	48	67	90	107	120
5	17	38	54	75	95	109	121
5	18	40	54	93	101	112	123
18	37	43	74	95	106	114	126

tabela 4

1	2	12	18	22	43	98	110
2	6	14	29	43	49	99	117
3	14	16	31	50	76	108	122
4	15	17	37	61	87	111	123
5	20	24	59	68	92	113	123
16	20	27	63	77	95	115	123
24	43	61	75	88	105	118	123
30	48	66	87	93	109	120	124

tabela 6

1	5	7	32	35	45	72	97
3	7	22	36	46	73	79	101
3	9	27	39	57	74	86	103
4	20	31	41	57	75	90	116
4	25	36	49	64	76	93	118
7	28	54	63	66	79	94	120
13	31	58	70	72	84	95	120
42	56	61	74	75	90	111	120

tabela 7

1	3	6	15	30	39	58	59
2	6	20	26	33	44	60	61
2	10	24	26	41	49	85	103
7	12	31	38	47	64	94	104
7	22	31	44	59	73	98	106
10	36	37	65	67	87	100	118
18	43	53	78	81	95	101	121
42	56	60	78	86	98	112	125

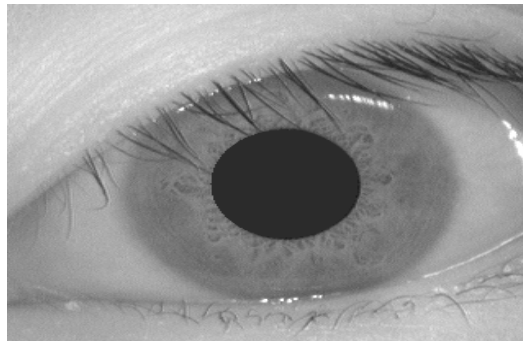
média

1	4	8	21	31	44	74	86
2	6	18	31	43	57	78	99
3	10	23	33	50	70	92	108
5	17	30	43	59	83	100	113
7	23	33	54	68	89	102	115
11	28	44	65	76	94	106	118
18	34	55	72	86	99	107	120
31	54	66	83	94	106	115	124

Nesta imagem, 7 tabelas de quantização produzidas pelo AG foram melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.14 - Imagem 349

A Figura 4.17 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.



(a)

189	190	198	181	185	199	204	199
191	188	193	191	198	201	196	195
201	196	184	180	194	196	200	203
201	193	191	195	201	197	194	199
205	189	203	197	195	194	200	191
192	198	204	200	196	190	192	193
194	195	194	198	197	188	192	189
189	192	196	204	199	189	189	197

(b)

(c)

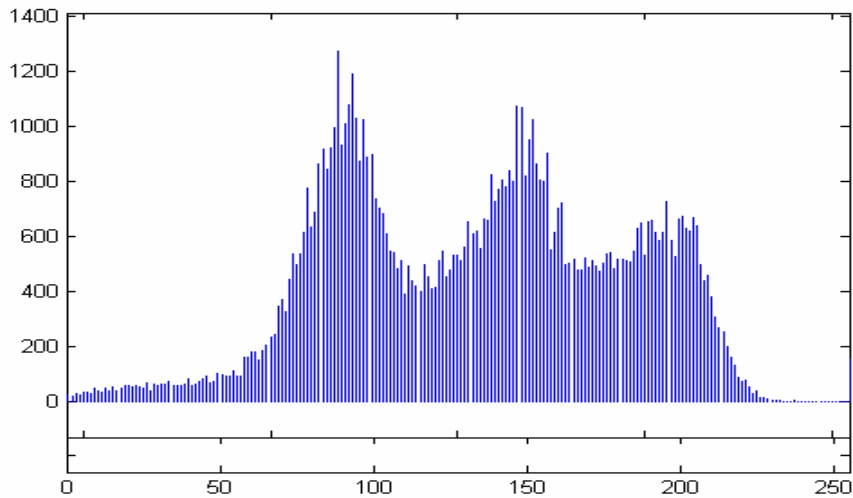


Figura 4.17 – (a) Imagem do olho humano (imagem 349), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 349.

Pode-se observar no histograma da Figura 4.17 (c) que os níveis de cinza da imagem 349 possui um espalhamento significativo, correspondendo a uma imagem de alto contraste, mas como o pico mais alto está no lado mais escuro, ela também possui características de uma imagem com predominância escura.

A Tabela 4.39 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 349.

Tabela 4.39 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 349.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	34,15	32,69	35,68	32,60	
3	34,15	32,69	37,90	32,34	
4	34,15	32,69	33,12	32,92	1
5	34,15	32,69	31,95	33,08	2
<b>6</b>	<b>34,15</b>	<b>32,69</b>	<b>30,38</b>	<b>33,30</b>	<b>3</b>
7	34,15	32,69	30,75	33,25	4
8	34,15	32,69	32,06	33,07	5
9	34,15	32,69	33,32	32,90	6
10	34,15	32,69	31,05	33,20	7

tabela 1

1	6	8	24	27	43	82	92
1	6	19	36	52	60	87	110
1	8	28	37	53	73	98	112
6	14	34	51	60	90	104	115
7	21	35	55	74	99	105	118
10	31	41	61	83	100	108	120
34	36	43	73	95	103	110	124
39	73	75	84	95	114	119	125

tabela 2

1	6	9	19	34	40	61	73
4	9	17	29	37	49	66	101
6	10	21	29	45	85	92	104
9	16	23	33	69	86	96	105
9	17	38	50	70	89	100	107
12	17	50	60	80	90	102	108
14	35	56	74	82	102	106	111
14	35	66	79	102	108	110	125

tabela 3

1	2	5	10	15	39	76	90
2	3	16	33	35	54	78	94
3	6	19	38	41	58	92	100
4	10	29	44	56	83	93	111
10	28	35	54	65	91	95	111
12	29	64	74	80	98	108	113
20	34	76	77	88	100	109	118
22	65	88	106	114	114	122	124

tabela 4

1	2	12	18	22	43	98	110
2	6	14	29	43	49	99	117
3	14	16	31	50	76	108	122
4	15	17	37	61	87	111	123
5	20	24	59	68	92	113	123
16	20	27	63	77	95	115	123
24	43	61	75	88	105	118	123
30	48	66	87	93	109	120	124

tabela 5

1	2	7	26	56	60	71	81
1	4	17	31	57	69	78	110
2	10	23	33	61	76	80	112
2	16	27	42	61	80	106	118
4	17	30	48	67	90	107	120
5	17	38	54	75	95	109	121
5	18	40	54	93	101	112	123
18	37	43	74	95	106	114	126

tabela 6

1	5	7	32	35	45	72	97
3	7	22	36	46	73	79	101
3	9	27	39	57	74	86	103
4	20	31	41	57	75	90	116
4	25	36	49	64	76	93	118
7	28	54	63	66	79	94	120
13	31	58	70	72	84	95	120
42	56	61	74	75	90	111	120

tabela 7

1	3	6	15	30	39	58	59
2	6	20	26	33	44	60	61
2	12	24	26	41	49	85	103
7	16	31	38	47	64	94	104
7	22	31	44	59	82	98	106
10	36	38	65	67	87	100	118
18	43	53	78	81	95	101	121
42	56	60	78	86	98	112	125

média

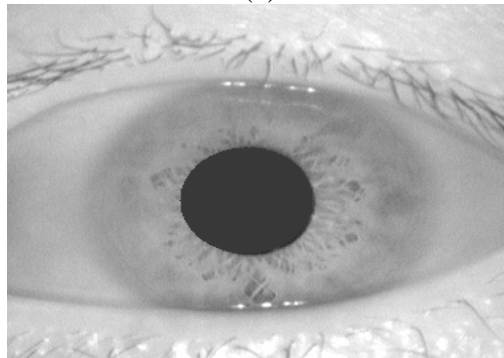
1	4	8	21	31	44	74	86
2	6	18	31	43	57	78	99
3	10	23	33	50	70	92	108
5	15	27	41	59	81	99	113
7	21	33	51	67	88	102	115
10	25	45	63	75	92	105	118
18	34	55	72	86	99	107	120
30	53	66	83	94	106	115	124

Nesta imagem, 7 tabelas de quantização produzidas pelo AG foram melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.15 - Imagem 390

A Figura 4.18 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

174	189	176	185	182	187	184	181
182	180	186	184	185	185	177	179
180	183	176	175	190	187	188	173
174	175	171	171	172	180	187	186
170	179	180	186	173	175	174	177
188	189	183	184	186	176	174	189
180	172	175	176	180	181	181	189
190	185	191	193	198	189	187	192

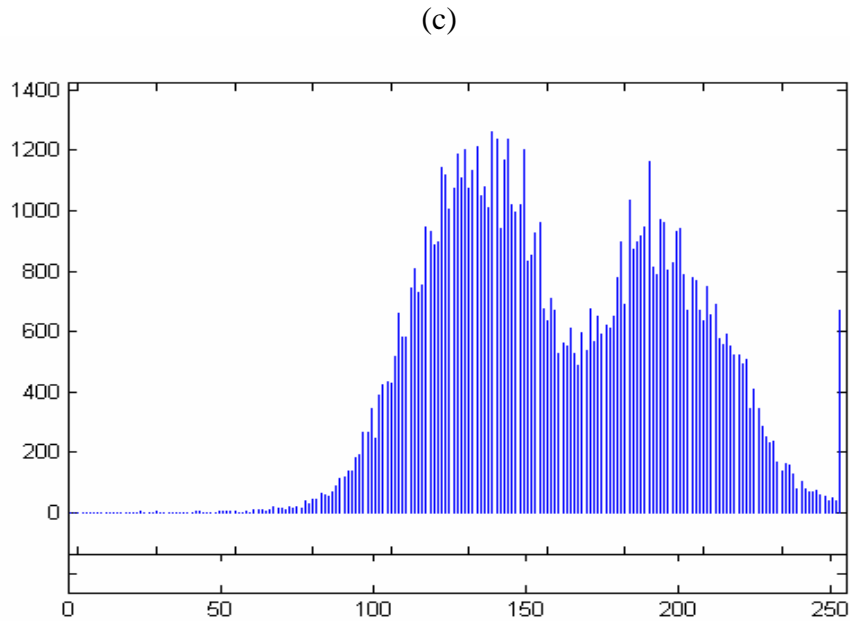


Figura 4.18 – (a) Imagem do olho humano (imagem 390), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 390.

Observa-se no histograma da Figura 4.18 (c) que a imagem 390 é parecida com a imagem 001, ou seja, os níveis de cinza estão concentrados na extremidade mais clara do intervalo de níveis de cinza da imagem.

A Tabela 4.40 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 390.

Tabela 4.40 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 390.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	24,15	34,30	22,32	34,64	1
3	24,15	34,30	24,02	34,32	2
4	24,15	34,30	21,81	34,74	3
5	24,15	34,30	22,63	34,68	4
6	24,15	34,30	22,39	34,63	5
7	24,15	34,30	21,68	34,76	6
<b>8</b>	<b>24,15</b>	<b>34,30</b>	<b>21,14</b>	<b>34,87</b>	<b>7</b>
9	24,15	34,30	22,84	34,24	
10	24,15	34,30	24,67	34,20	



tabela 1

1	3	15	16	17	38	56	97
1	11	19	41	54	69	81	98
6	11	27	48	85	86	91	103
8	16	34	58	91	96	102	105
9	25	37	76	98	102	103	119
19	27	38	76	98	106	115	121
27	55	67	81	103	112	118	125
53	68	89	102	115	116	118	125

tabela 2

1	7	8	12	13	19	66	96
2	24	31	31	34	38	86	104
3	27	33	44	52	65	92	111
3	28	38	47	55	69	97	115
5	31	45	60	61	75	103	119
28	39	53	66	69	97	109	122
29	49	68	74	88	102	111	123
40	64	84	88	96	105	117	124

tabela 3

1	4	14	17	26	49	67	84
2	11	17	28	36	66	86	88
2	17	20	40	55	70	90	98
2	23	32	46	63	87	93	107
6	23	34	48	67	90	104	113
9	25	42	51	74	91	105	116
19	48	48	63	76	97	119	124
35	69	73	109	113	116	121	126

tabela 4

1	3	8	32	47	57	69	94
3	13	20	34	48	69	95	108
3	13	22	39	62	75	97	109
6	15	32	45	67	81	97	110
16	27	50	60	70	82	99	117
26	36	50	70	74	83	102	118
27	44	51	71	82	97	107	126
33	44	72	78	88	103	113	126

tabela 5

1	5	13	26	29	75	90	106
3	7	22	42	43	80	93	109
4	7	37	48	76	85	105	115
5	9	39	51	79	87	107	116
6	32	40	54	86	100	108	116
7	36	62	85	98	104	114	121
29	49	66	94	99	104	120	126
37	50	68	97	101	121	124	126

tabela 6

1	3	4	23	49	53	74	102
1	4	27	34	52	73	84	106
1	12	28	39	52	83	102	107
2	18	30	48	65	84	102	112
5	20	33	51	67	86	107	120
7	24	37	60	68	95	109	125
12	28	40	72	76	105	111	125
29	30	58	86	97	106	116	125

tabela 7

1	8	9	14	15	56	67	77
1	9	10	33	49	59	92	99
3	12	20	43	71	85	101	108
4	18	36	52	82	92	101	111
10	24	42	53	82	97	103	113
20	37	49	53	88	102	108	118
27	38	51	60	95	103	109	123
27	40	57	77	98	105	112	124

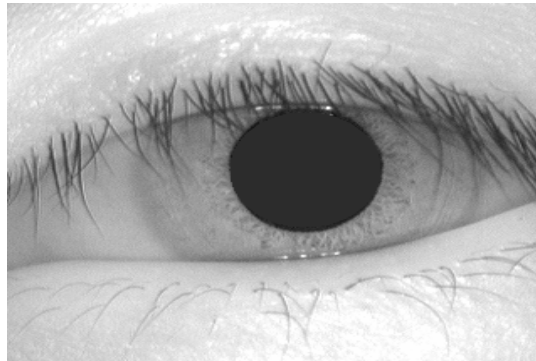
média

1	5	10	20	28	50	70	94
2	11	21	35	45	65	88	102
3	14	27	43	65	78	97	107
4	18	34	50	72	85	100	111
8	26	40	57	76	90	104	117
17	32	47	66	81	97	109	120
24	44	56	74	88	103	114	125
36	52	72	91	101	110	117	125

Nesta imagem foram produzidas pelo AG 7 tabelas de quantização melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.16 - Imagem 470

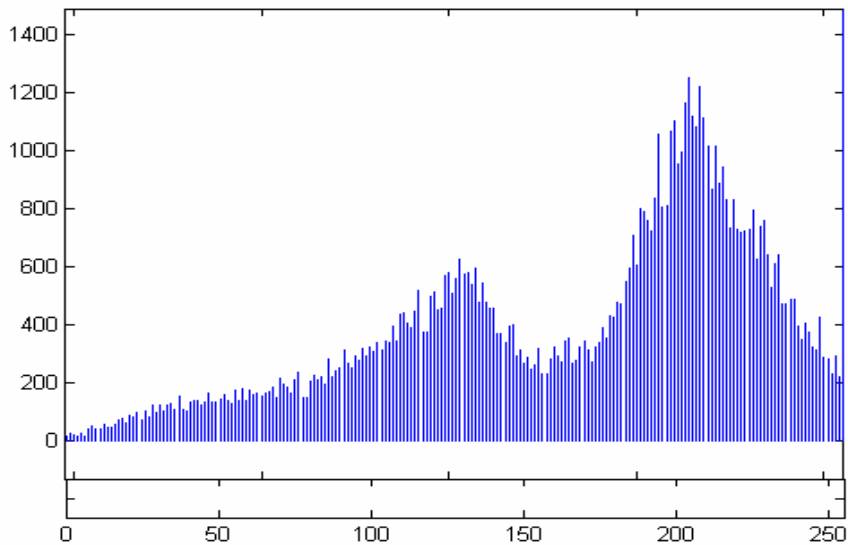
A Figura 4.19 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.



(a)

190	200	191	199	197	201	197	205
190	195	204	208	194	208	206	202
192	193	202	210	198	196	200	197
189	193	202	202	207	205	206	208
190	205	206	204	204	199	198	199
194	196	201	203	205	205	200	199
197	197	196	208	200	201	197	193
194	195	194	197	198	198	206	207

(b)



(c)

Figura 4.19 – (a) Imagem do olho humano (imagem 470), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 470.

Observa-se que na Figura 4.19 que os níveis de cinza estão concentrados na parte clara da escala de níveis de cinza.

A Tabela 4.41 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 470.

Tabela 4.41 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 470.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	35,90	32,57	37,60	32,37	
3	35,90	32,57	36,79	32,47	
4	35,90	32,57	36,71	32,48	
5	35,90	32,57	34,57	32,74	1
<b>6</b>	<b>35,90</b>	<b>32,57</b>	<b>32,49</b>	<b>33,01</b>	<b>2</b>
7	35,90	32,57	33,74	32,84	3
8	35,90	32,57	36,99	32,44	
9	35,90	32,57	39,26	32,19	
10	35,90	32,57	35,28	32,65	4

tabela 1

1	6	9	19	34	40	61	73
4	9	17	29	37	49	66	101
6	10	21	29	45	85	92	104
9	16	23	33	69	86	96	105
9	17	38	50	70	89	100	107
12	17	50	60	80	90	102	108
14	35	56	74	82	102	106	111
14	35	66	79	102	108	110	125

tabela 2

1	2	5	10	15	39	76	90
2	3	16	33	35	54	78	94
3	6	19	38	41	58	93	100
4	10	29	44	56	83	93	111
10	28	35	54	65	91	95	111
12	29	64	74	80	98	108	113
20	34	76	77	88	100	109	118
22	65	88	106	114	114	122	124

tabela 3

1	2	12	18	22	43	98	110
2	6	14	29	43	49	99	117
3	14	16	31	50	76	108	122
4	15	17	37	61	87	111	123
5	20	24	59	68	92	113	123
16	20	27	63	77	95	115	123
24	43	61	75	88	105	118	123
30	48	66	87	93	109	120	124

tabela 4

1	3	8	15	41	49	65	82
2	6	16	26	47	59	70	83
2	10	24	38	50	61	85	103
7	12	31	39	54	64	94	104
7	22	31	44	59	73	98	106
10	36	38	65	67	87	100	118
18	43	53	78	81	95	101	121
42	56	60	78	86	98	112	125

média

1	3	8	15	41	49	65	82
2	6	16	26	47	59	70	83
2	10	24	38	50	61	85	103
7	12	31	39	54	64	94	104
7	22	31	44	59	73	98	106
10	36	38	65	67	87	100	118
18	43	53	78	81	95	101	121
42	56	60	78	86	98	112	125

Nesta imagem foram produzidas pelo AG 4 tabelas de quantização melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.17 - Imagem 550

A Figura 4.20 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

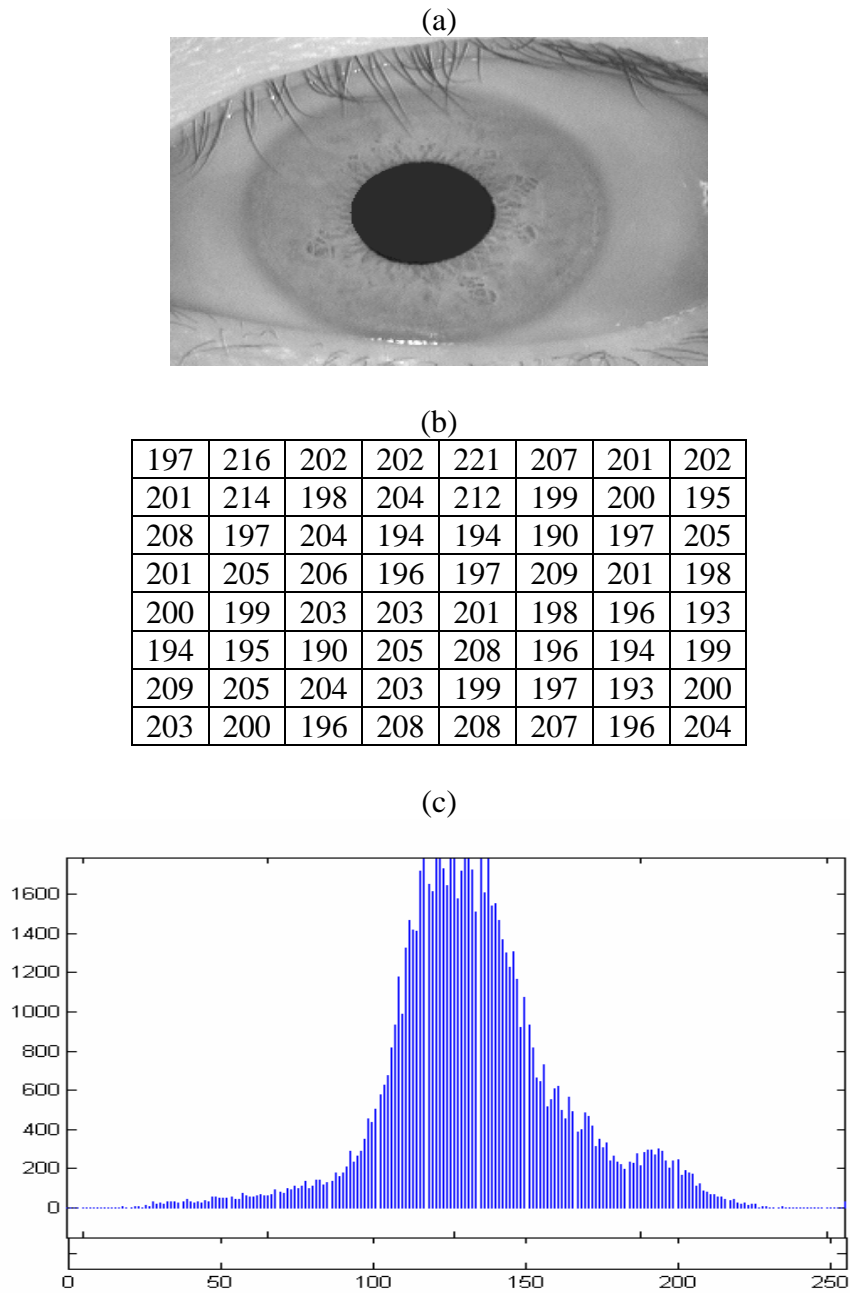


Figura 4.20 – (a) Imagem do olho humano (imagem 550), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 550.

Pode-se observar no histograma da Figura 4.20 (c) que a escala dinâmica de níveis de cinza é pequena, e isso corresponde a uma imagem predominantemente escura.

A Tabela 4.42 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 550.

*Tabela 4.42 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 550.*

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	31,80	33,10	32,19	33,05	
<b>3</b>	<b>31,80</b>	<b>33,10</b>	<b>28,94</b>	<b>33,51</b>	<b>1</b>
4	31,80	33,10	32,76	32,97	
5	31,80	33,10	30,51	33,28	2
6	31,80	33,10	33,10	32,93	
7	31,80	33,10	31,63	33,12	3
8	31,80	33,10	31,88	33,09	
9	31,80	33,10	32,24	33,04	
10	31,80	33,10	30,37	33,30	4

tabela 1

1	5	12	20	33	59	63	86
1	10	13	20	34	59	83	86
1	12	18	24	40	76	84	114
2	12	19	32	48	79	88	121
3	15	28	56	71	81	109	123
5	21	44	69	78	83	120	125
6	38	46	71	82	96	121	125
35	40	62	73	106	108	124	126

tabela 2

1	9	10	18	34	62	63	98
2	10	12	32	41	63	66	99
4	10	16	33	44	74	82	104
8	12	29	41	48	84	91	109
8	16	32	42	69	87	94	111
11	19	39	55	71	93	95	115
14	26	42	56	83	93	118	122
22	23	79	80	100	105	122	124

tabela 3

1	3	4	23	49	53	74	102
1	4	23	34	52	73	84	106
1	12	27	39	52	75	94	107
2	18	28	45	67	83	97	112
5	20	33	51	68	84	98	120
7	24	37	60	69	86	102	125
12	28	40	68	72	87	102	125
29	30	58	86	97	106	116	125

tabela 4

1	4	9	29	44	44	48	83
1	7	17	41	48	48	57	95
2	9	20	42	54	58	91	98
2	10	29	44	62	69	95	110
7	10	30	54	65	72	96	114
8	23	35	54	79	89	96	119
9	42	47	56	85	89	99	121
47	65	66	72	87	91	108	121

média

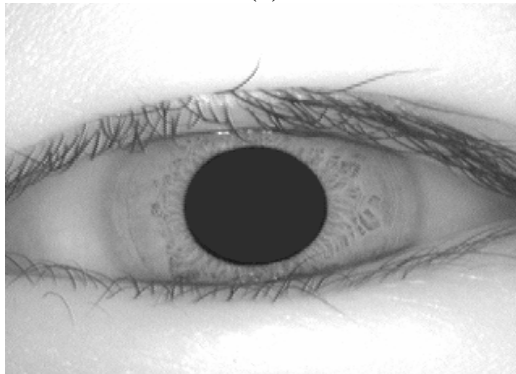
1	5	9	23	40	55	62	92
1	8	16	32	44	61	73	97
2	11	20	35	48	71	88	106
4	13	26	41	56	79	93	113
6	15	31	51	68	81	99	117
8	22	39	60	74	88	103	121
10	34	44	63	81	91	110	123
33	40	66	78	98	103	118	124

Nesta imagem foram produzidas pelo AG 4 tabelas de quantização melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.5.18 - Imagem 615

A Figura 4.21 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

216	229	251	225	216	226	226	228
229	245	229	217	221	229	227	238
222	240	232	226	235	221	232	231
228	230	229	222	225	235	231	226
224	219	224	225	228	230	238	221
237	220	219	225	223	224	237	231
220	238	234	225	217	241	238	241
233	237	229	236	225	227	238	230

(c)

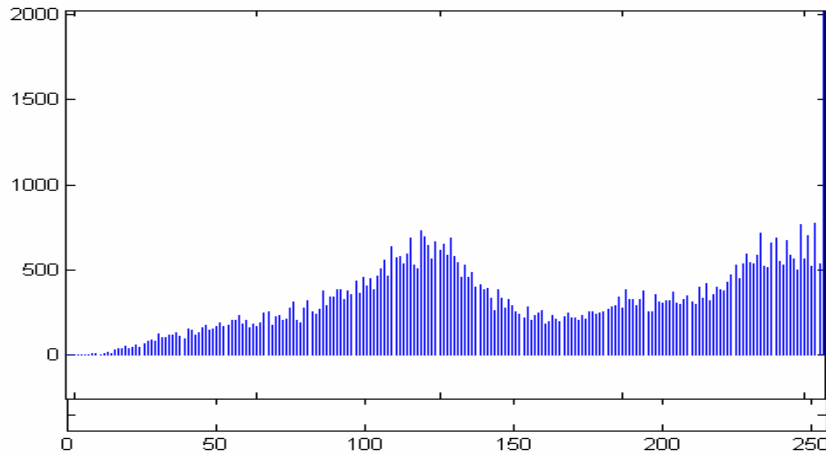


Figura 4.21 – (a) Imagem do olho humano (imagem 615), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 615.

Pode-se observar no histograma da Figura 4.21(c) que ocorre um espalhamento significativo de níveis de cinza na imagem 615, correspondente a uma imagem de alto contraste.

A Tabela 4.43 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 615.

Tabela 4.43 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 615.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	32,67	32,98	31,39	33,16	1
3	32,67	32,98	33,18	32,92	
4	32,67	32,98	32,24	33,04	2
5	<b>32,67</b>	<b>32,98</b>	<b>28,65</b>	<b>33,55</b>	3
6	32,67	32,98	31,60	33,13	4
7	<b>32,67</b>	<b>32,98</b>	<b>28,65</b>	<b>33,55</b>	5
8	32,67	32,98	30,71	33,25	6
9	32,67	32,98	31,39	33,16	7
10	32,67	32,98	31,22	33,18	8



tabela 1

1	6	11	16	51	59	80	103
3	8	12	30	54	74	84	107
3	10	16	35	54	76	91	116
3	16	41	50	55	83	91	123
5	33	44	50	64	85	104	125
7	34	46	61	66	88	122	126
13	37	47	63	68	96	122	126
34	42	59	109	117	120	125	126

tabela 2

1	1	17	28	33	35	84	93
2	5	23	37	55	57	95	103
2	10	24	44	57	80	99	105
3	11	35	52	57	85	100	114
4	27	47	54	71	86	102	116
5	36	49	57	81	94	108	117
19	37	49	59	83	96	114	124
36	56	57	78	101	123	123	126

tabela 3

1	1	14	19	21	41	56	93
2	7	18	24	27	41	63	96
4	11	21	27	40	55	66	103
5	11	24	29	47	74	91	104
7	23	27	43	64	76	96	109
9	28	32	43	76	84	99	111
11	31	37	44	78	85	101	118
16	32	46	60	84	93	111	123

tabela 4

1	2	6	24	26	38	54	86
6	7	14	26	31	48	75	99
8	10	15	29	55	71	80	107
8	27	43	53	72	77	94	111
11	28	44	55	74	83	98	112
12	40	45	70	77	91	100	116
13	44	50	71	82	95	115	118
37	45	64	73	93	113	119	123

tabela 5

1	8	11	22	24	36	40	90
6	9	14	25	32	60	71	95
7	9	21	25	50	60	75	99
7	10	21	27	51	69	81	113
7	15	23	43	58	71	92	117
8	21	39	59	86	89	99	124
13	24	47	73	87	99	114	125
15	28	59	76	91	106	114	126

tabela 6

1	7	10	13	22	41	51	72
3	8	11	18	29	55	74	82
5	12	30	35	35	70	77	87
6	22	34	38	55	77	87	91
11	24	42	56	68	80	87	111
24	26	47	62	70	81	106	119
25	35	54	64	84	90	106	120
34	47	57	85	92	97	106	126

tabela 7

1	4	5	13	44	63	72	94
2	11	12	44	54	65	95	100
5	12	14	47	59	85	101	104
6	21	27	47	69	90	101	105
7	22	32	60	82	90	107	111
8	22	37	67	89	92	107	115
24	28	51	80	91	96	110	117
60	73	73	89	97	98	116	117

tabela 8

1	2	6	15	23	45	94	98
2	5	10	39	44	56	94	104
4	8	26	46	61	62	96	109
8	22	28	59	62	67	97	115
9	29	38	60	64	69	104	115
12	35	51	63	69	73	113	116
14	37	60	65	72	105	119	122
26	54	76	93	93	114	122	126

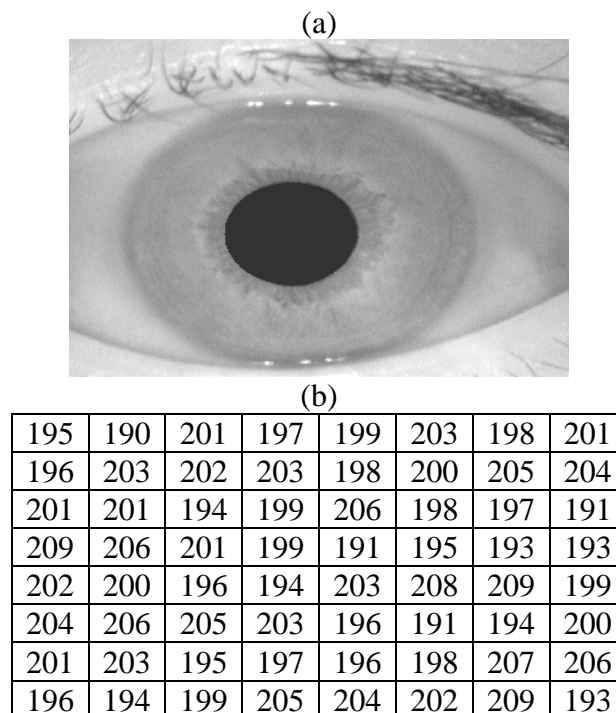
média

1	4	10	19	31	45	66	91
3	8	14	30	41	57	81	98
5	10	21	36	51	70	86	104
6	18	32	44	59	78	93	110
8	25	37	53	68	80	99	115
11	30	43	60	77	87	107	118
17	34	49	65	81	95	113	121
32	47	61	83	96	108	117	124

Pode-se notar nas tabelas de quantização de 1 a 7 que as SNRs das tabelas 5 e 7 são as mesmas e com valores maiores do que todas as outras tabelas. Então escolheu-se a tabela 5 como tabela de quantização da imagem 615, porém testes utilizando a tabela 7 mostraram que qualquer uma delas produziram o mesmo resultado.

#### 4.5.19 - Imagem 627

A Figura 4.22 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.



(c)

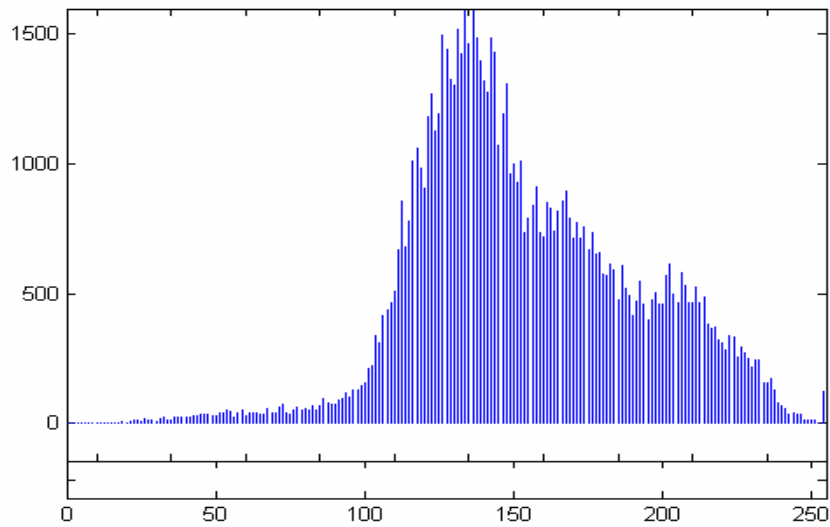


Figura 4.22 – (a) Imagem do olho humano (imagem 627), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 627.

Pode-se verificar no histograma da Figura 4.22 (c) que a imagem 627 possui um baixo contraste e níveis de cinza altos. Ela possui portanto características predominantemente claras.

A Tabela 4.44 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 627.

Tabela 4.44 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 627.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	22,91	34,52	19,35	35,26	1
3	22,91	34,52	20,75	34,95	2
4	22,91	34,52	21,42	34,82	3
5	22,91	34,52	21,72	34,76	4
6	22,91	34,52	22,25	34,65	5
<b>7</b>	<b>22,91</b>	<b>34,52</b>	<b>18,88</b>	<b>35,36</b>	<b>6</b>
8	22,91	34,52	20,03	35,11	7
9	22,91	34,52	20,44	35,02	8
10	22,91	34,52	20,46	35,02	9

tabela 1

1	3	12	23	23	48	68	95
3	5	13	23	26	53	71	116
4	11	23	29	40	59	73	117
4	12	40	41	54	64	100	122
7	15	52	54	61	72	108	122
10	16	55	56	71	80	114	123
16	25	56	57	75	87	117	125
25	39	57	63	76	115	119	126

tabela 2

1	8	10	26	27	45	53	58
1	9	19	30	38	46	59	102
4	15	24	44	47	52	76	103
5	16	31	50	63	77	96	104
9	20	32	61	66	85	96	115
15	32	36	66	86	97	98	119
25	46	59	73	97	105	112	122
40	48	64	82	107	117	117	123

tabela 3

1	5	12	17	50	67	77	88
1	8	16	47	51	71	80	92
4	10	39	51	63	71	83	95
8	18	39	56	63	72	84	114
17	31	43	63	67	76	85	115
18	33	49	63	69	90	104	118
21	36	55	63	74	95	112	121
27	52	62	89	99	99	118	125

tabela 4

1	3	4	34	52	53	54	65
3	11	12	36	56	57	82	89
6	24	28	42	70	75	91	98
8	32	41	44	71	82	97	120
11	41	49	61	81	91	101	121
15	41	56	71	89	93	104	122
41	48	65	76	89	100	115	125
54	58	73	82	103	112	120	126

tabela 5

1	4	15	29	51	56	79	88
2	12	19	42	57	75	84	119
2	20	35	46	67	76	85	119
9	23	35	54	76	85	105	123
12	26	50	61	76	94	111	124
14	27	51	62	88	107	123	125
18	57	81	97	105	109	123	125
18	57	91	105	119	120	123	126

tabela 6

1	5	6	6	36	58	59	97
1	10	12	23	55	62	89	101
3	10	21	47	60	63	93	105
4	15	22	49	66	67	105	116
6	19	23	54	79	89	107	117
10	20	26	64	81	97	109	117
10	20	32	77	82	100	114	118
18	55	75	86	87	108	121	121

tabela 7

1	1	2	7	10	62	92	111
1	15	22	40	55	63	93	116
2	19	23	41	59	75	94	116
5	19	23	46	64	79	107	118
8	21	46	65	86	103	107	119
13	22	58	71	86	104	109	122
18	48	63	73	93	104	116	124
18	59	70	80	94	112	121	125

tabela 8

1	6	14	17	33	52	66	84
3	8	22	39	44	59	84	95
4	10	23	41	61	62	87	99
7	14	28	55	63	72	88	102
7	14	32	64	70	83	96	113
8	28	35	64	72	87	102	118
10	39	53	71	80	95	106	124
43	46	60	75	87	95	119	126

tabela 9

1	5	9	11	31	59	68	103
4	7	11	51	64	64	80	106
5	9	26	55	64	73	80	108
6	17	31	58	65	76	83	112
24	51	53	73	91	92	94	116
31	61	62	79	96	101	114	122
46	62	67	84	99	108	120	123
56	63	71	107	112	113	120	126

média

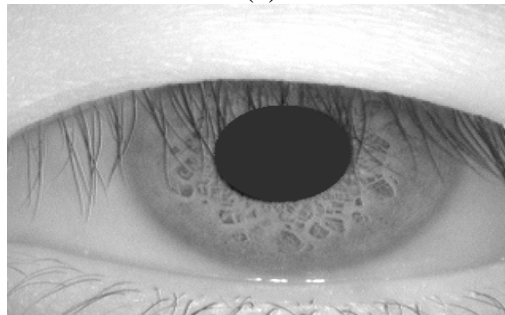
1	4	9	19	35	56	68	88
2	9	16	37	50	61	80	104
4	14	27	44	59	67	85	107
6	18	32	50	65	75	96	115
11	26	42	62	75	87	101	118
15	31	48	66	82	95	109	121
23	42	59	75	88	100	115	123
33	53	69	85	98	110	120	125

Pode-se observar na Tabela 4.44 que nas gerações 9 e 10 as tabelas de quantização produzem a mesma SNR embora as tabelas sejam diferentes. Na geração 7 o AG fornece a melhor tabela de quantização para a imagem 627.

#### 4.5.20 - Imagem 729

A Figura 4.23 mostra uma imagem do olho humano, um bloco 8 x 8 dessa imagem e o histograma da imagem.

(a)



(b)

137	141	201	183	180	194	181	184
155	132	170	175	178	191	181	168
178	147	135	188	168	191	180	169
189	155	141	172	173	174	193	178
189	163	159	159	181	154	180	180
182	180	161	145	205	162	164	159
189	177	166	149	188	183	170	164
183	186	171	159	157	204	170	183

(c)

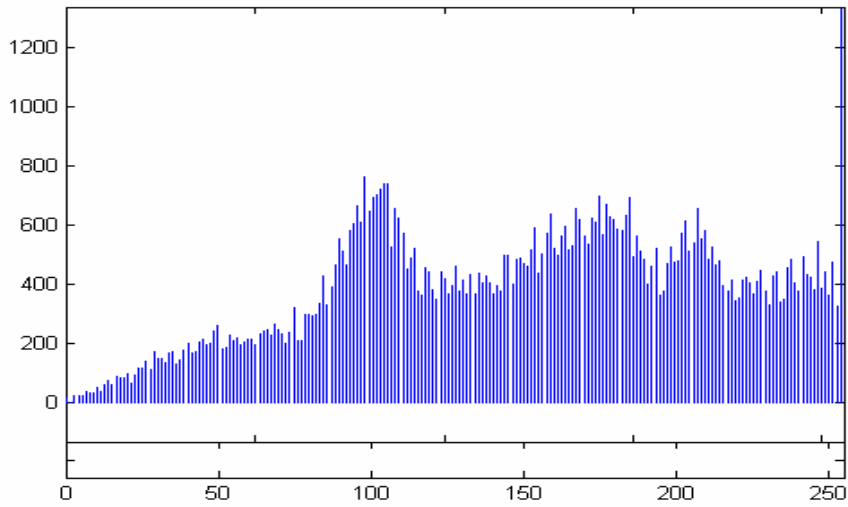


Figura 4.23 – (a) Imagem do olho humano (imagem 729), (b) Bloco 8 x 8 dessa imagem; (c) Histograma da imagem 729.

Pode-se observar no histograma da Figura 4.23(c) que a imagem 729 possui um alto contraste, porém ela possui baixos valores de níveis de cinza.

A Tabela 4.45 mostra os resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização padrão JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 729.

Tabela 4.45 – Resultados obtidos ao utilizar a tabela de quantização JPEG e as tabelas geradas pelo algoritmo genético para a Imagem 729.

GERAÇÕES	PADRÃO JPEG		ALGORITMO		TABELA
	MSE	SNR	MSE	SNR	
2	34,34	32,77	32,13	33,06	1
3	34,34	32,77	37,95	32,33	
4	34,34	32,77	34,81	32,71	
5	34,34	32,77	34,85	32,70	
<b>6</b>	<b>34,34</b>	<b>32,77</b>	<b>30,09</b>	<b>33,34</b>	<b>2</b>
7	34,34	32,77	33,26	32,91	3
8	34,34	32,77	33,82	32,83	4
9	34,34	32,77	37,12	32,43	
10	34,34	32,77	31,90	33,09	5

tabela 1

1	3	4	21	33	41	56	109
2	6	18	29	37	67	73	111
5	14	22	32	59	74	85	111
6	15	24	35	70	80	93	111
8	16	31	36	74	86	94	113
9	17	34	43	75	86	103	116
13	21	38	65	85	89	109	118
14	24	38	81	86	92	123	124

tabela 2

1	1	7	7	22	31	53	94
1	4	14	33	40	45	58	107
4	9	23	34	45	57	77	109
7	12	26	39	45	67	84	112
10	13	28	40	63	71	87	119
11	14	34	42	63	71	90	120
11	21	38	43	71	83	90	124
20	33	39	47	93	116	121	126

tabela 3

1	2	12	13	23	32	62	99
3	10	28	31	40	60	75	100
7	11	32	32	44	75	83	111
8	15	33	50	68	82	102	117
8	17	40	56	74	94	104	118
12	19	51	65	88	102	105	118
19	39	54	70	89	103	111	118
48	69	74	93	106	107	117	123

tabela 4

1	2	5	21	35	39	67	76
2	9	15	33	43	53	67	76
4	14	32	43	47	60	70	94
5	22	35	47	56	69	73	108
12	27	45	49	66	84	90	109
24	41	52	65	78	87	102	117
24	42	63	76	81	97	109	119
30	43	84	89	91	108	117	122

tabela 5

1	1	7	16	18	37	76	84
3	7	9	17	58	65	81	100
6	11	26	37	60	66	83	102
7	22	36	38	69	75	97	111
9	30	36	43	71	79	100	119
10	31	52	60	75	83	108	121
31	60	64	67	81	87	116	122
38	62	69	88	109	110	121	126

média

1	2	7	16	26	36	63	92
2	7	17	29	44	58	71	99
5	12	27	36	51	66	80	105
7	17	31	42	62	75	90	112
9	21	36	45	70	83	95	116
13	24	45	55	76	86	102	118
20	37	51	64	81	92	107	120
30	46	61	80	97	107	120	124

Nesta imagem foram produzidas pelo AG 5 tabelas de quantização melhores que a tabela de quantização padrão JPEG, e a tabela média mostra a média dessas melhores tabelas.

#### 4.6 - Comparação entre Tabela Média Geral e Tabela do Algoritmo

Após obter as melhores tabelas geradas pelo método de algoritmos genéticos para todas as imagens do olho humano utilizadas neste trabalho, foi calculada a tabela média de quantização dessas imagens com o objetivo de comparar com a tabela de quantização de cada uma dessas imagens que apresenta a maior SNR. A Tabela 4.46 mostra a tabela média geral de quantização das imagens do olho humano e a Tabela 4.47 mostra a comparação dessa tabela com as tabelas de quantização de cada uma dessas imagens que apresenta a maior SNR.

*Tabela 4.46 -Tabela Média Geral*

1	4	8	14	25	42	66	89
2	6	14	27	39	52	78	99
3	9	18	35	48	63	89	106
4	12	24	40	57	78	95	113
8	20	29	50	68	86	100	115
10	24	42	61	78	93	107	117
15	31	52	67	83	96	110	120
22	47	66	85	101	109	118	124

*Tabela 4.47 - Comparação entre tabela média geral de quantização e a tabela de quantização do AG para as imagens do olho humano.*

IMAGEM	TABELA MÉDIA GERAL		ALGORITMO	
	MSE	SNR	MIN(MSE)	MAX(SNR)
001	32,55	33,00	29,31	33,45
742	24,32	34,27	23,76	34,37
746	32,84	32,96	31,52	33,14
<b>026</b>	<b>43,13</b>	<b>31,78</b>	<b>43,63</b>	<b>31,73</b>
058	36,01	32,56	35,75	32,59
094	32,68	32,98	31,77	33,11
096	23,14	34,48	22,71	34,56
138	27,50	33,53	25,85	34,00
<b>142</b>	<b>23,62</b>	<b>34,39</b>	<b>23,94</b>	<b>34,33</b>
184	39,91	32,11	39,35	32,18
258	27,50	33,73	25,95	33,98
<b>260</b>	<b>28,84</b>	<b>33,53</b>	<b>29,07</b>	<b>33,49</b>



284	27,05	33,80	26,67	33,86
349	30,57	33,27	30,38	33,30
<b>390</b>	<b>20,10</b>	<b>35,98</b>	<b>21,14</b>	<b>34,87</b>
470	33,05	32,93	32,49	33,01
<b>550</b>	<b>28,82</b>	<b>33,53</b>	<b>28,94</b>	<b>33,51</b>
615	29,19	33,47	28,65	33,55
<b>627</b>	<b>18,79</b>	<b>35,38</b>	<b>18,88</b>	<b>35,36</b>
729	31,46	33,15	30,09	33,34

Pode-se verificar na Tabela 4.47 que a tabela média geral de quantização forneceu uma SNR superior a tabela de quantização do algoritmo genético somente nas imagens: 026, 142, 260, 390, 550 e 627.

#### 4.7 - Análise dos Resultados Obtidos para Imagens do Olho Humano

A Tabela 4.48 mostra a comparação da SNR da tabela JPEG e a maior SNR produzida pelo AG para cada imagem do olho humano, nota-se que em todas as imagens, o algoritmo genético produziu no mínimo 3 tabelas de quantização melhores que a tabela padrão JPEG mesmo considerando um número de gerações menor em relação ao primeiro grupo de imagens, diminuindo de 20 gerações (utilizada para imagens naturais) para 10 gerações (utilizada para imagens do olho humano).

*Tabela 4.48 – Comparação entre a SNR da tabela JPEG e as tabelas do AG*

Imagem	Número de tabelas	SNR tabela padrão	Maior SNR do algoritmo
026	9	31,25	31,73
184	3	31,93	32,18
058	5	32,22	32,59
470	4	32,49	33,01
094	8	32,51	33,11
746	8	32,48	33,14
349	7	32,69	33,30
729	5	32,77	33,34

001	4	32,65	33,45
260	9	33,05	33,49
550	4	33,10	33,51
615	8	32,98	33,55
284	7	33,32	33,86
258	8	33,20	33,98
138	5	33,24	34,00
142	9	33,67	34,33
742	7	33,60	34,37
096	9	33,63	34,56
390	7	34,30	34,87
627	9	34,52	35,36

#### 4.8 – Influência da Variação dos Parâmetros Iniciais do Programa sobre a SNR

Testes foram realizados nas imagens para que se possa entender qual o desempenho da relação sinal ruído quando ocorre a variação de alguns parâmetros iniciais do programa. A primeira análise feita foi o aumento no número de gerações de 10 para 15, 20 e 30 mantendo-se o número de cromossomos em 16. A segunda análise realizada, foi considerar 20 gerações e aumentar o número de cromossomos de 16 para 24.

A Tabela 4.49 mostra a influência da variação dos parâmetros do algoritmo genético como número de cromossomos e número de gerações, no valor da SNR para cada imagem do olho humano.

*Tabela 4.49 – Comportamento da SNR no aumento do número de gerações e número de cromossomos para as imagens do olho humano.*

Imagem	Max SNR	16 cromossomos			24 cromossomos		
		Gerações			Gerações		
	10	15	20	30	15	20	30
001	<b>33,45</b>	32,56	33,33	32,71	32,77	32,46	33,08
742	<b>34,37</b>	33,58	32,06	34,13	33,90	33,85	34,23
746	33,14	<b>33,26</b>	32,83	32,70	33,04	33,03	32,57
026	31,73	31,28	31,63	31,67	31,51	31,51	<b>31,81</b>
058	32,59	32,34	<b>32,67</b>	<b>32,95</b>	32,72	32,41	32,37
094	33,11	32,59	<b>33,38</b>	32,58	33,15	33,18	32,86

096	34,56	34,04	34,50	<b>34,70</b>	34,25	34,46	34,41
138	34,00	33,65	32,83	33,80	33,56	<b>34,17</b>	34,06
142	34,33	34,18	<b>34,65</b>	34,23	34,31	34,31	34,49
184	32,18	31,79	31,86	31,59	31,74	<b>32,07</b>	32,04
258	<b>33,98</b>	33,23	33,32	33,72	33,22	33,47	33,71
260	33,49	33,53	33,61	<b>33,98</b>	33,36	33,41	<b>33,58</b>
284	33,86	<b>34,19</b>	33,76	33,29	33,69	<b>34,12</b>	<b>33,92</b>
349	33,30	32,69	32,96	33,13	33,17	<b>33,59</b>	<b>33,42</b>
390	34,87	<b>35,01</b>	34,79	<b>35,15</b>	<b>35,20</b>	34,78	<b>35,40</b>
470	32,84	32,42	32,71	32,61	32,72	32,64	<b>33,01</b>
550	33,51	33,33	33,02	<b>33,53</b>	33,45	<b>33,78</b>	32,28
615	<b>33,55</b>	33,14	33,23	33,52	33,07	33,17	33,32
627	35,36	34,97	35,14	35,23	35,34	<b>35,45</b>	35,21
729	<b>33,34</b>	32,52	32,69	32,63	33,21	32,80	32,80

O número de gerações controla a porcentagem da população que será substituída. O aumento desse parâmetro significa que uma porcentagem maior da população será substituída resultando em matrizes mais aptas e consequentemente maiores SNR. Foi o que aconteceu nas imagens 746, 026, 058, 094, 096, 138, 142, 184, 260, 284, 349, 390, 470, 550 e 627 onde o AG forneceu pelo menos um SNR maior do que a maior SNR para 16 e 24 gerações, isso quer dizer que a contribuição do aumento do número de gerações e do número de cromossomos em conjunto teve um desempenho de 75%.

O aumento do número de cromossomos ou tamanho da população está relacionado a uma cobertura genética mais expressiva no domínio do problema, evitando convergências prematuras para soluções locais ao invés de globais. A tabela 4.49 mostrou que ao aumentar a população de 10 para 15, 20 e 30 o AG forneceu maiores valores de relação sinal ruído na maioria das imagens do olho humano.

O aumento da taxa de crossover possibilitou com que matrizes que possuem boas aptidões vão sendo retiradas muito rapidamente acarretando perda da estrutura de alta aptidão. Em relação a influência desse operador, verificou-se que aumentando a

taxa de crossover de 0,6 (valor típico) para 0,95 (valor máximo), mantendo-se a taxa de mutação constante, não melhorou o desempenho dessas matrizes.

Evitou-se aumentar a taxa de mutação para que o processo de busca não ficasse com características essencialmente aleatórias.

#### 4.9 – A Melhor Tabela de Quantização Obtida pelo Algoritmo Genético

Após testes realizado com a tabela média geral e a tabela média por imagem, até o momento não existia ainda uma tabela encontrada pelo algoritmo genético que apresentasse uma relação sinal ruído superior a SNR de todas as imagens do olho humano, porém como existia uma imagem que possuía características favoráveis cuja tabela de quantização fornecia uma SNR superior a SNR de todas as imagens naturais, optou-se por usar a tabela da imagem *bridge* em comparação com todas as melhores tabelas de quantização geradas pelo AG para as imagens do olho humano.

Os resultados da comparação do SNR entre a tabela resultante da imagem *bridge* e as melhores tabelas das imagens do olho são apresentados na tabela 4.50.

*Tabela 4.50 – Comparação entre a tabela obtida pelo AG para a imagem bridge e as melhores tabelas obtidas para as imagens do olho humano.*

IMAGEM	BRIDGE	ALGORITMO
	SNR	MAX SNR
001	33,48	33,45
742	34,67	34,37
746	33,41	33,14
026	32,16	31,73
058	33,02	32,59
094	33,43	33,11
096	34,82	34,56
138	34,13	34,00
142	34,79	34,33
184	32,61	32,18

258	34,12	33,98
260	33,98	33,49
284	34,28	33,86
349	33,71	33,30
390	35,46	34,87
470	33,45	33,01
550	33,95	33,51
615	33,94	33,55
627	35,68	35,36
729	33,68	33,34

Como no histograma da Figura 4.2, tem-se um maior espalhamento na escala de níveis de cinza sem descontinuidades, portanto existe uma maior diversidade de valores de níveis de cinza na imagem *bridge* maior do que nas outras imagens. Comparando-se com o histograma das imagens do olho humano, com exceção das imagens 026, 284, 260 e 258, todas as outras apresentam descontinuidades na escala dinâmica de níveis de cinza

Ao se extrair os blocos de cada imagem do olho humano, a diferença entre seus coeficientes foi maior se comparado com o bloco das outras imagens, conforme mostra Tabela 4.51. Este fato influenciou de maneira decisiva na qualidade da formação da população inicial, que é extremamente importante na produção de uma tabela robusta de quantização utilizando algoritmos genéticos. Portanto, a qualidade da imagem reconstruída a partir da tabela de quantização da imagem *bridge* foi melhor do que as imagens geradas pelas melhores tabelas de quantização das imagens do olho humano selecionadas.

*Tabela 4.51 – Diferença entre o maior e menor coeficiente dos blocos.*

IMAGENS	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	DIFERENÇA
BRIDGE	190	83	107
001	229	210	19
026	210	144	66
184	234	210	24
470	223	190	33
615	251	216	35
742	220	189	31
138	223	206	17
142	184	156	28
258	182	154	28
746	190	155	35
058	220	193	27
094	236	184	52
096	182	153	29
260	150	120	30
284	212	196	16
349	195	177	18
390	246	215	31
627	217	189	28
550	172	144	28
729	205	132	73

Pode-se observar na Tabela 4.51 que a melhor tabela de quantização gerada pelo algoritmo genético para a classe de imagens naturais e médicas está mostrada na Tabela 4.52

*Tabela 4.52- Melhor tabela de quantização gerada pelo algoritmo genético*

1	4	4	10	25	34	51	80
2	6	9	18	32	45	67	83
3	10	12	19	57	66	87	101
3	11	16	30	62	73	91	112
3	16	27	53	68	74	93	114
7	23	27	54	71	89	110	114
9	26	44	66	88	96	114	122
28	31	59	67	103	115	118	123

#### **4.10 - Considerações Finais deste Capítulo**

Neste capítulo foi apresentado a análise dos testes realizados para a obtenção de uma tabela de quantização robusta utilizando o método de algoritmos genéticos aplicado a um conjunto de imagens naturais e um conjunto de imagens do olho humano, onde foi comparado a SNR obtida da tabela de quantização robusta do algoritmo genético e a SNR obtida da tabela padrão JPEG.

# **CAPÍTULO V**

## **CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

### **5.1 – Conclusões**

O tema sobre compressão de imagens vem se desenvolvendo rapidamente devido às contribuições de pesquisadores em todo o mundo. Cada vez mais se busca melhorar a qualidade da imagem para altas taxas de compressão, e como consequência deste processo tem surgido vários algoritmos rápidos e eficientes.

O objetivo principal deste trabalho foi alcançado, pois através do método de algoritmo genético foi possível se obter uma tabela de quantização robusta com uma relação sinal ruído superior a todas as outras tabelas produzidas para imagens naturais e médicas. As dimensões das imagens naturais utilizadas neste trabalho são 256 x 256 pixels, com blocos de 8 x 8 pixels e para as imagens do olho humano de tamanho de 320 x 280 pixels também são utilizados blocos de 8 x 8 pixels.

Nos testes realizados neste trabalho utilizando-se as melhores tabelas de quantização produzidas pelo algoritmo genético, a qualidade das imagens naturais e as imagens do olho humano reconstruídas foram superiores às imagens obtidas com a tabela de quantização padrão JPEG. Isso ocorreu, principalmente pelo fato de que o método do algoritmo genético conseguiu extrair de acordo com a característica de cada imagem, os melhores coeficientes possíveis na formação da tabela de quantização.



Devido à estrutura do algoritmo genético ser bem flexível, foi possível modificar alguns parâmetros de entrada como: número de gerações e o número de cromossomos ou matrizes. O número de gerações controla a porcentagem da população que será substituída, significando que com valores altos a maior parte da população será substituída, porém não se pode aumentar indiscriminadamente este parâmetro para não ocorrer perda de estrutura com alta aptidão. No programa, concluiu-se que o aumento do número de gerações até 24 gerações, implicou em um incremento nas probabilidades de obtenção das matrizes mais aptas e, portanto pôde-se melhorar as características da tabela de quantização produzida.

O aumento do número de cromossomos influenciou no desempenho global e na eficiência dos algoritmos genéticos, de forma que ocorreu uma abrangência mais expressiva no domínio do problema, além de possibilitar a prevenção de convergências prematuras para soluções locais ao invés de globais, resultando em um aumento da SNR na maioria das imagens.

Na maioria das imagens do olho humano mesmo que a relação sinal ruído tenha convergido para um valor limite após um determinado número de gerações e do tamanho da população inicial escolhidos, ela ainda foi maior que a máxima SNR produzida até então, prova disso foi que em 16 das 20 imagens do olho humano testadas, aumentando-se o número de gerações de 10 para 15, 20 e 30 e o número de cromossomos de 8 para 16 e 24, a relação sinal ruído gerada pelo algoritmo genético também aumentou ficando acima da máxima SNR obtida em 10 gerações, ou seja, a variação positiva dos parâmetros iniciais em conjunto, aumentou a SNR para 80% das imagens analisadas, conforme mostrado no Capítulo 4 deste trabalho.

O programa desenvolvido neste trabalho mostrou que a contribuição de cada parte em menor ou maior nível produzindo imagens de alto grau de qualidade, dependeu das seguintes etapas:

1. Da escolha da população inicial definida por um conjunto de matrizes onde os coeficientes embora gerados aleatoriamente, foram ordenados em linhas e colunas, observando às características da tabela de quantização padrão JPEG tornando mais ágil a atuação dos operadores genéticos;
2. Da seleção natural pelo método da roleta, onde cada matriz foi representada proporcionalmente ao seu índice de aptidão na busca dos pares de matrizes para cruzamento;
3. Do operador *crossover* para uma taxa fixa e definida empiricamente dentro de um intervalo [0,5 – 0,95] obteve-se um bom desempenho, sendo que para valores altos de  $px$  ( $px \geq 0,95$ ) estruturas com boas aptidões foram retiradas muito rapidamente possibilitando perda de estrutura com alta aptidão; porém com valores baixos de  $px$ , ( $px \leq 0,5$ ) o algoritmo tornou-se mais lento;
4. Da mesma forma, foi controlada a taxa de *mutação* ( $pm$ ), dentro do intervalo [0,01 - 0,1] evitando-se usar taxas maiores do que o máximo valor do intervalo para que o processo de busca não seja essencialmente aleatório;
5. Do critério de otimização da função de aptidão da população estabelecido pela análise da relação sinal ruído;
6. A comparação entre as matrizes - pais e as matrizes - filhas e finalmente o reordenamento da matriz resultante, produzindo uma tabela de quantização mais robusta.

Testes revelaram que um número maior de tabelas de quantização robustas produzidas pelo algoritmo genético originou-se das imagens do olho humano, em que para cada imagem produziu-se de três a nove tabelas de quantização com SNR maiores do que os da tabela padrão JPEG, mesmo tendo reduzido o número de gerações para 10.

Porém foi da imagem *bridge* (imagem natural) que resultou a melhor tabela de quantização gerada para as duas classes de imagens, pois o seu histograma revelou maior alargamento na escala dinâmica de níveis de cinza [0, 255], significando maior contraste da imagem e sem descontinuidades nos níveis de cinza, refletindo em blocos com maiores diferenças entre os seus coeficientes comparados com os blocos das outras imagens, esta característica teve uma forte influencia no resultado final. Isto possibilita concluir que, se o bloco da imagem original tiver coeficientes com características de espalhamento maiores, a qualidade da imagem obtida por ela pelo processamento do algoritmo genético será superior à uma outra imagem em que os coeficientes estejam mais próximos entre si.

O histograma das imagens do olho humano também nos mostrou que com exceção das imagens 026, 284, 260 e 258, todas as outras imagens apresentavam descontinuidades.

Os testes realizados primeiramente em imagens naturais e depois em imagens do olho humano foram apropriados, comprovando que é possível extrair de uma única imagem a melhor tabela de quantização para qualquer outra imagem independentemente de sua classe.

A aplicação do método de algoritmos genéticos é eficiente em relação à tabela de quantização padrão JPEG, onde ele permitiu construir imagens recuperadas com qualidade superior as imagens obtidas utilizando a tabela de quantização padrão JPEG.

## **5.2 – Contribuições deste Trabalho**

Ao comparar-se a imagem reconstruída com a original, verificou-se que as imagens recuperadas possuíram menos perdas visíveis para as duas classes de imagens apresentadas, é possível ainda estender esta análise para outras classes de imagens com bons resultados.

Em todos os casos o tempo de processamento do programa dependeu do número de gerações e do número de cromossomos escolhidos pelo usuário e o tempo aumentou com o aumento desses dois parâmetros no AG.

Com base nos resultados obtidos nesta dissertação recomenda-se utilizar a tabela de quantização 8 x 8 obtida pelo algoritmo genético para a imagem *bridge* nas imagens com níveis de cinza de 8 bits/pixel naturais e do olho humano cujo processo de compressão é baseado no padrão JPEG, pois ela apresentou os melhores resultados que a tabela padrão JPEG.

### **5.3 – Sugestões para Futuros Trabalhos**

O algoritmo genético para um número maior ou igual a 20 imagens possibilita a existência de mais elementos para se trabalhar produzindo-se outros valores de relação sinal ruído ainda maiores do que os já obtidos.

Orienta-se ainda que se trabalhe com o número máximo de cromossomos igual a 16 ou 24 e número máximo de gerações igual a 30 devido a três motivos: 1º - acima destes parâmetros a relação sinal ruído se torna praticamente constante, ou seja, não se observa uma melhoria na qualidade da imagem além do que a já existente; 2º - valores mais altos do que estes vão demandar um tempo de processamento muito elevado; 3º - usando-se essas informações sugeridas a qualidade da imagem recuperada será melhor do que aquelas alcançadas até então utilizando os parâmetros testados pelo programa.

#### 5.4 – Publicações em Congressos Científicos

Com este trabalho foram publicados três artigos científicos em Congressos Internacionais referentes à obtenção de uma tabela robusta de quantização utilizando-se o método de algoritmos genéticos.

1. Quantization Table using Genetic Algorithm - IASTED International Conference on Signal and Image Processing (ACIT-CIP 2005) – Novosibirski, Rússia, junho de 2005.
2. A model of Quantization Table for Medic Images using Genetic Algorithms – IASTED International Conference on Modelling and Simulation (MS 2005) – Cancun, México, maio de 2005.
3. Identification of the best Quantization Table using Genetic Algorithms – IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PacRim 2005) – Victoria, Canadá, agosto de 2005.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Neto, J. F. Compressão sem perdas de Imagens Digitais. Universidade de Tiradentes, CAMPUS II. Aracaju - SE.1999.
- [2] Gonzalez R. C. & Woods R. E. Processamento de Imagens Digitais. Editora Edgard Blücher LTDA. pp 218-258. 1992.
- [3] Batista L. V. Introdução a Teoria da Informação Notas de Aula. pp 3-42. 2005.
- [4] Wallace, G. The JPEG Still Picture Compression Standard, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Maynard, Massachusetts, pp 1-16, dezembro. 1991.
- [5] Goldberg D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison Longman, Inc. 1989, University of Alabama, pp 1-87.
- [6] Salvador, O. Introdução a Algoritmos Genéticos. Curso de Ciências da Computação - Universidade Católica de Pelotas – RS. Brazil.
- [7] Sherlock B. G.; Nagpal A. & Monro D. M. A Model for JPEG Quantization. International Symposium on Speech, Image Processing and Neural Networks, 13-16 de abril. 1994. Hong Kong.
- [8] Fan Z. & Queiroz R. L. Identification of Bitmap Compression History: JPEG Detection and Quantizer Estimation. IEEE Transactions on Image Processing, vol. 12. nº 2, fevereiro. 2003.
- [9] Fan Z. & Queiroz R. L. Maximum Likelihood Estimation of JPEG Quantization Table in the Identification of Bitmap Compression History, 800 Phillips Road, Webster, NY 14580.
- [10] Chang L.W.; Wang C.Y & Lee S.M., Designing JPEG Quantization Tables Based on Human Visual System, Department of Computer Science. National Tsing Hua University, Hsinchu 300, Taiwan, 1999.

- [11] Kam R. A. V.; Wong P. W. & Gray R. M. JPEG Compliant Percentual Coding for a Grayscale Image Printing Pipeline. IEEE Transations on Image Processing, vol. 8, nº 1, janeiro. 1999.
- [12] Fabregas C. S. & Trip P. N. Ultrasound Image Coding using Shape-Adaptative DCT and Adaptative Quantization. Signal Processing Laboratory. Swiss Federal Institute of Technology CH-1015 Lausanne, Switzerland.

## ANEXO

### A.1 - Imagens de saída

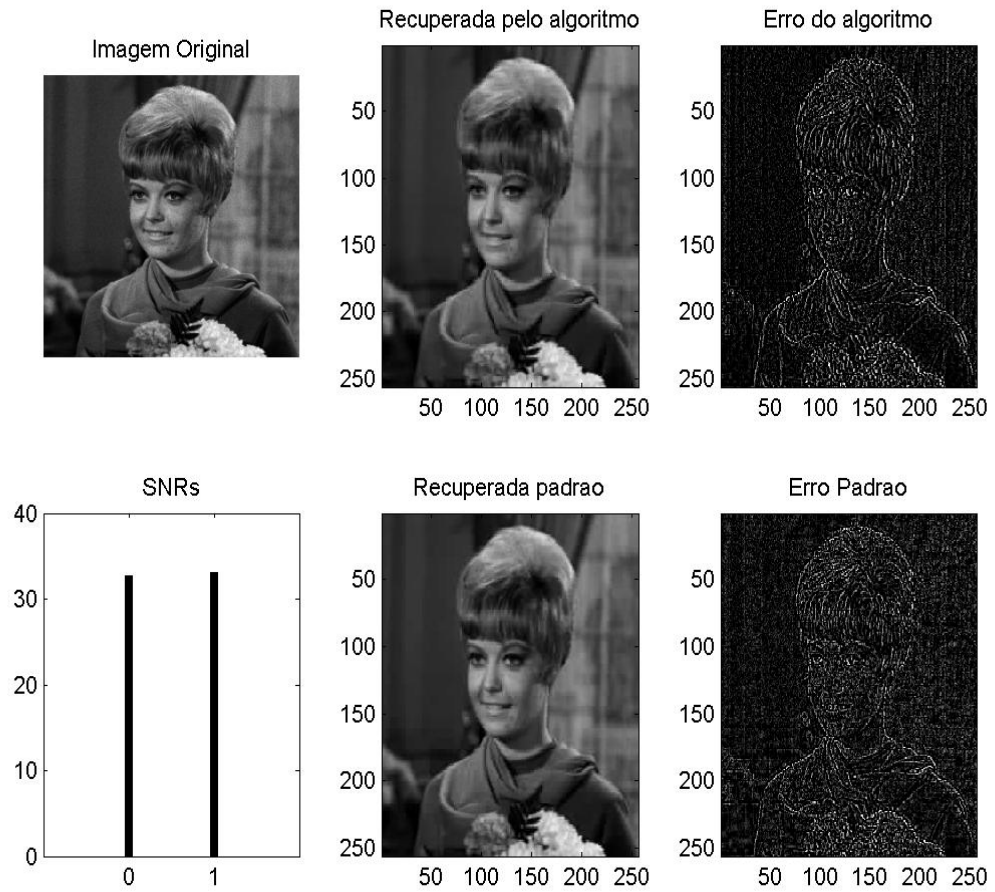
São mostradas 5 imagens naturais e 5 imagens do olho humano com níveis de cinza e dimensões 256 x 256 pixels e 320 x 280 pixels respectivamente como resposta do programa. As imagens obtidas pelo algoritmo genético permitiram comparar visualmente a imagem original e a recuperada utilizando a tabela do algoritmo genético e a tabela padrão JPEG. Os parâmetros de saída do programa são:

1. Imagem original – imagem de entrada definida pelo usuário;
2. Recuperada pelo algoritmo – imagem recuperada obtida pela melhor tabela de quantização gerada pelo algoritmo genético;
3. Recuperada padrão – imagem obtida pela tabela de quantização padrão JPEG;
4. Erro do algoritmo – imagem erro, calculada pela diferença entre os coeficientes da imagem original e a imagem recuperada pelo algoritmo genético;
5. Erro padrão – imagem erro, calculada pela diferença entre os coeficientes da imagem original e a imagem recuperada utilizando-se a tabela padrão JPEG, e;
6. SNR – gráfico da comparação entre a relação sinal ruído obtida com a tabela padrão e a SNR obtida pela tabela gerada por algoritmo genético.

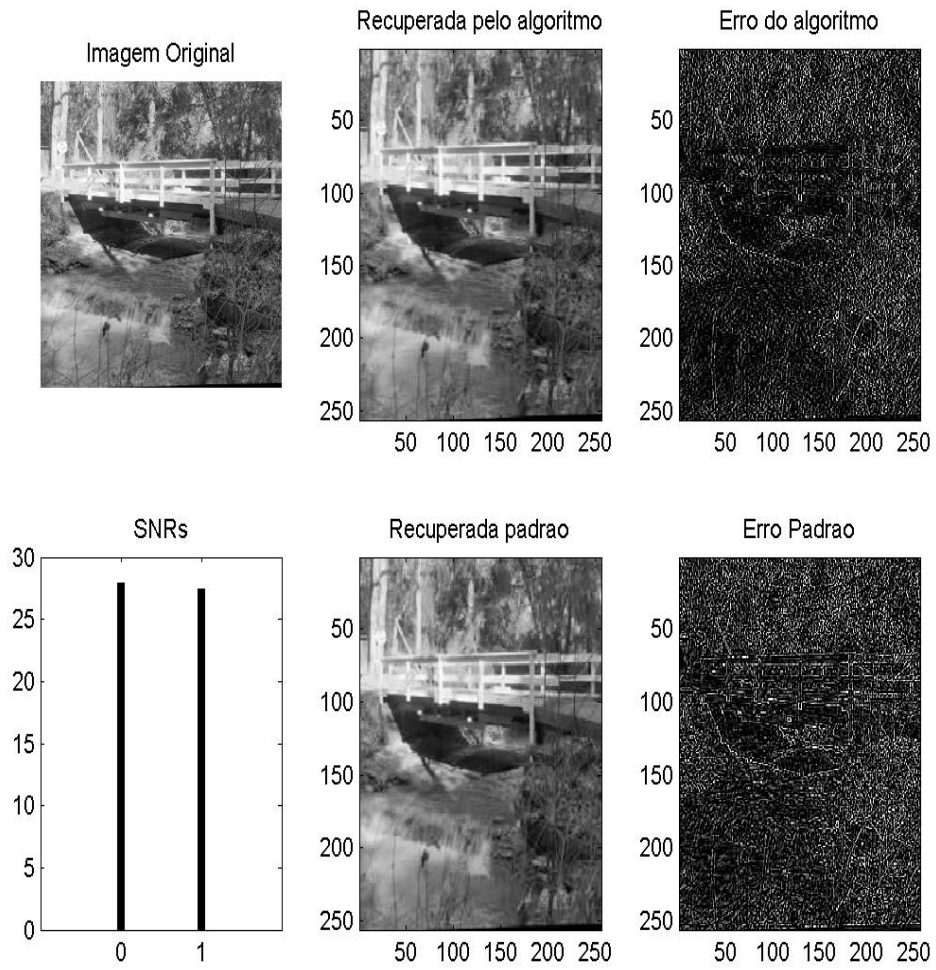
### A.2 - Figuras

As Figuras A1 a A10 mostram os parâmetros de saída para as 5 imagens naturais e as 5 imagens do olho humano.

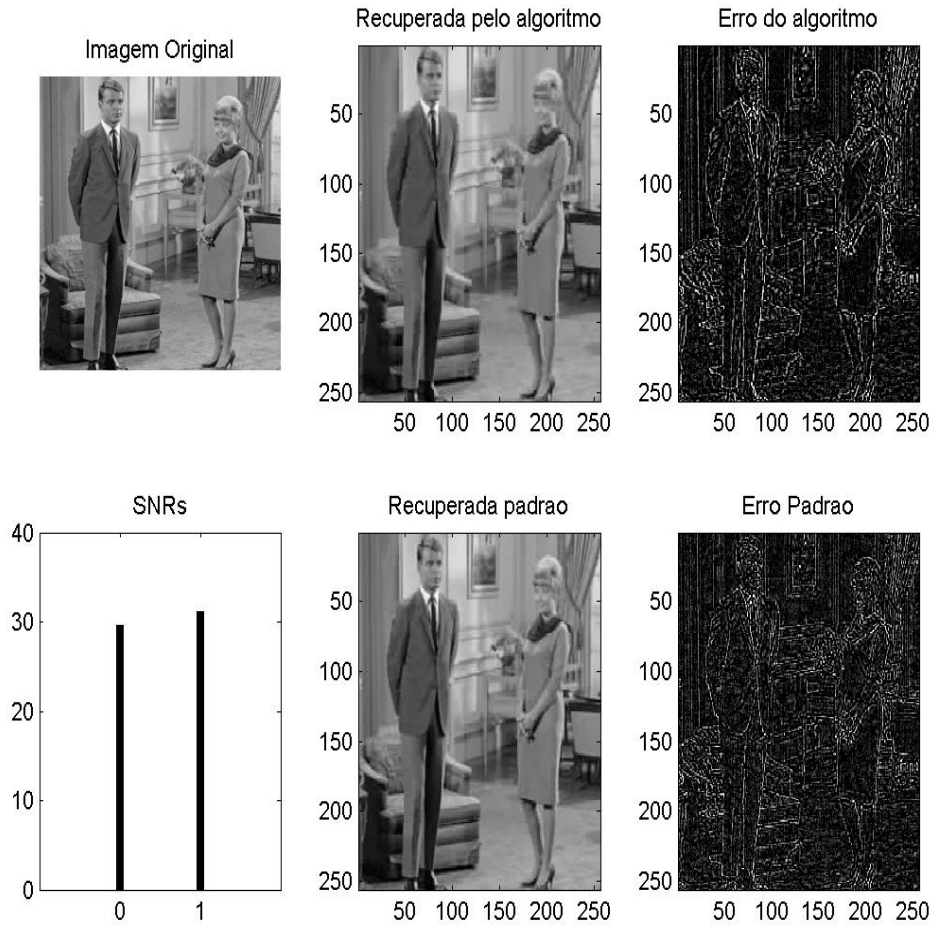




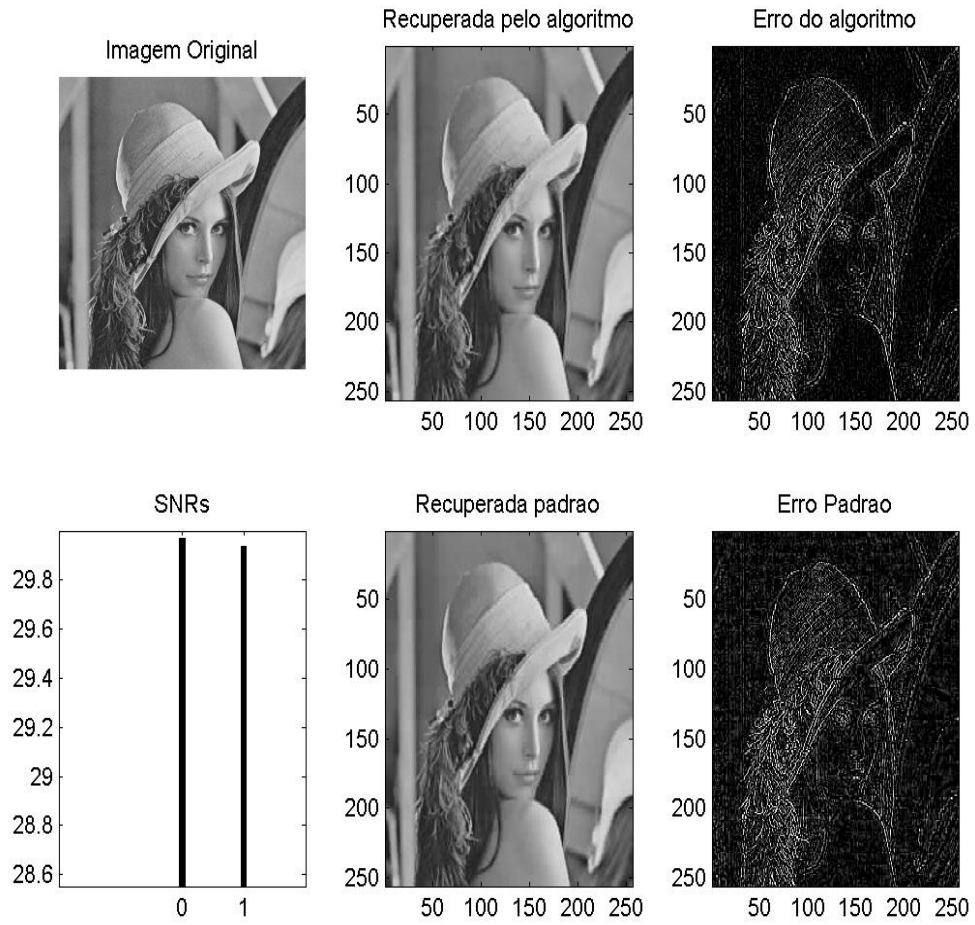
*Figura A.1 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela obtida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 8 e 5 gerações para a imagem agirl.*



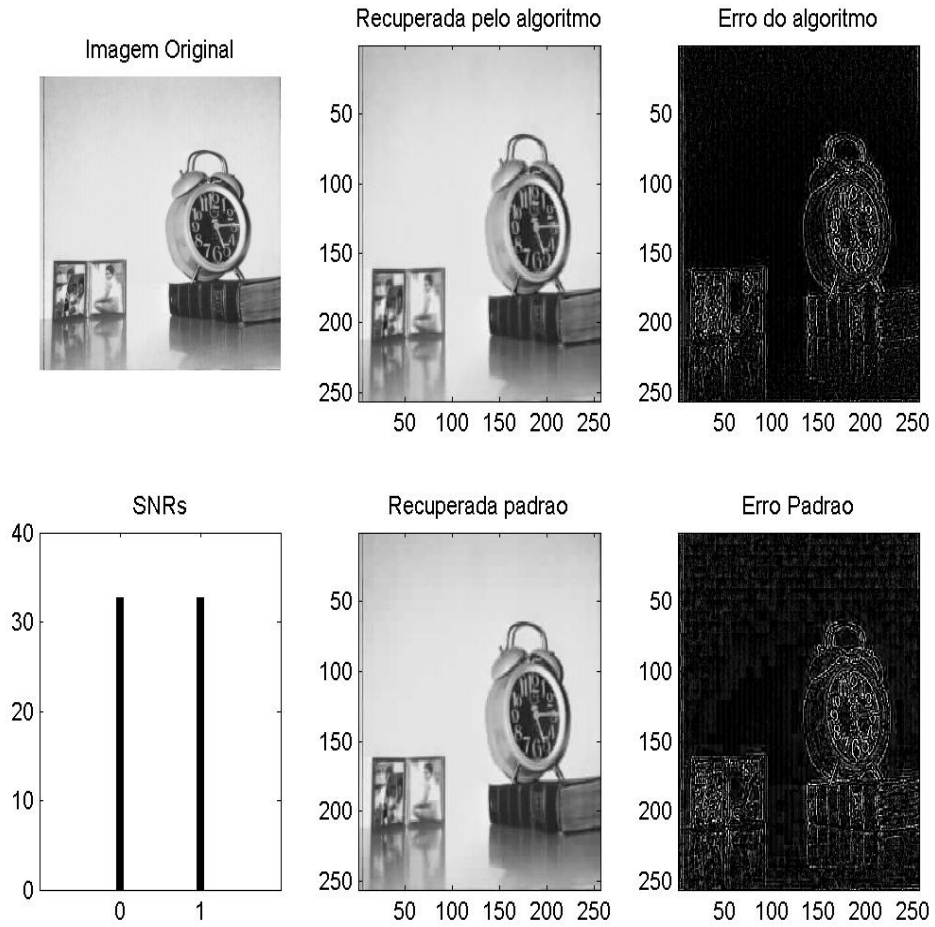
*Figura A.2 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão JPEG considerando o número de cromossomos igual a 8 e 8 gerações para a imagem bridge.*



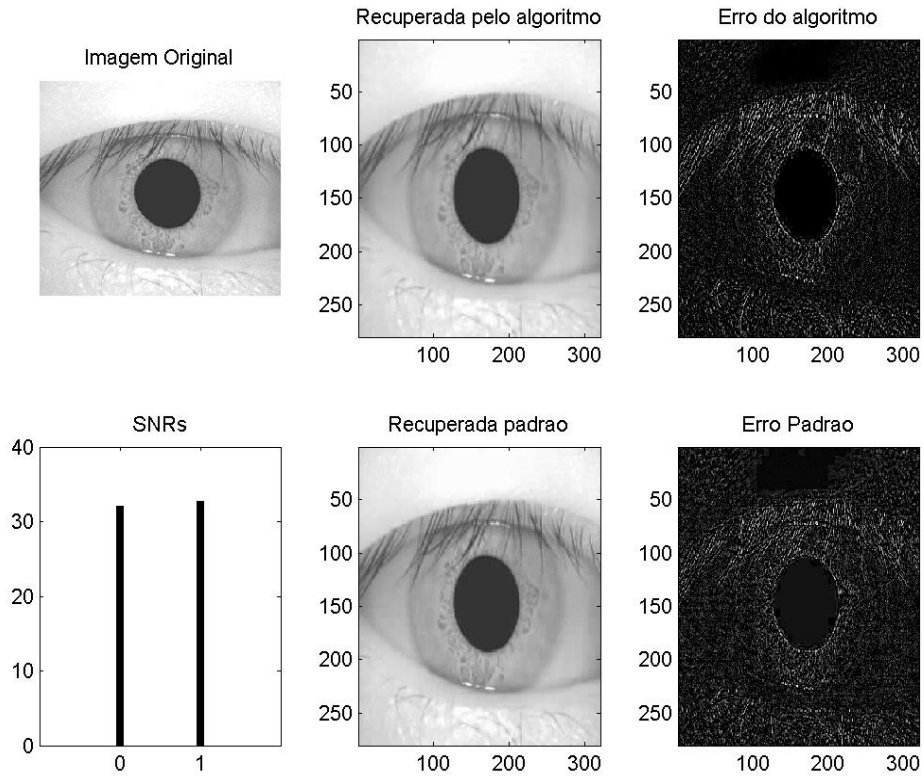
*Figura A.3 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o número de cromossomos igual a 8 e 3 gerações para a imagem couple.*



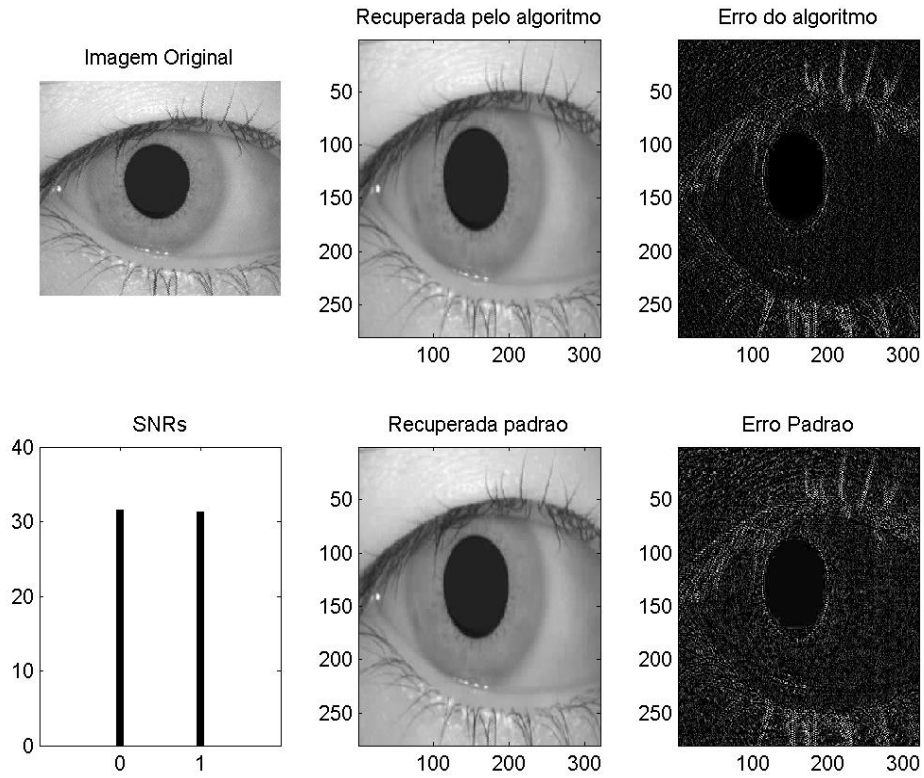
*Figura A.4 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o número de cromossomos igual a 16 e 3 gerações para a imagem lena.*



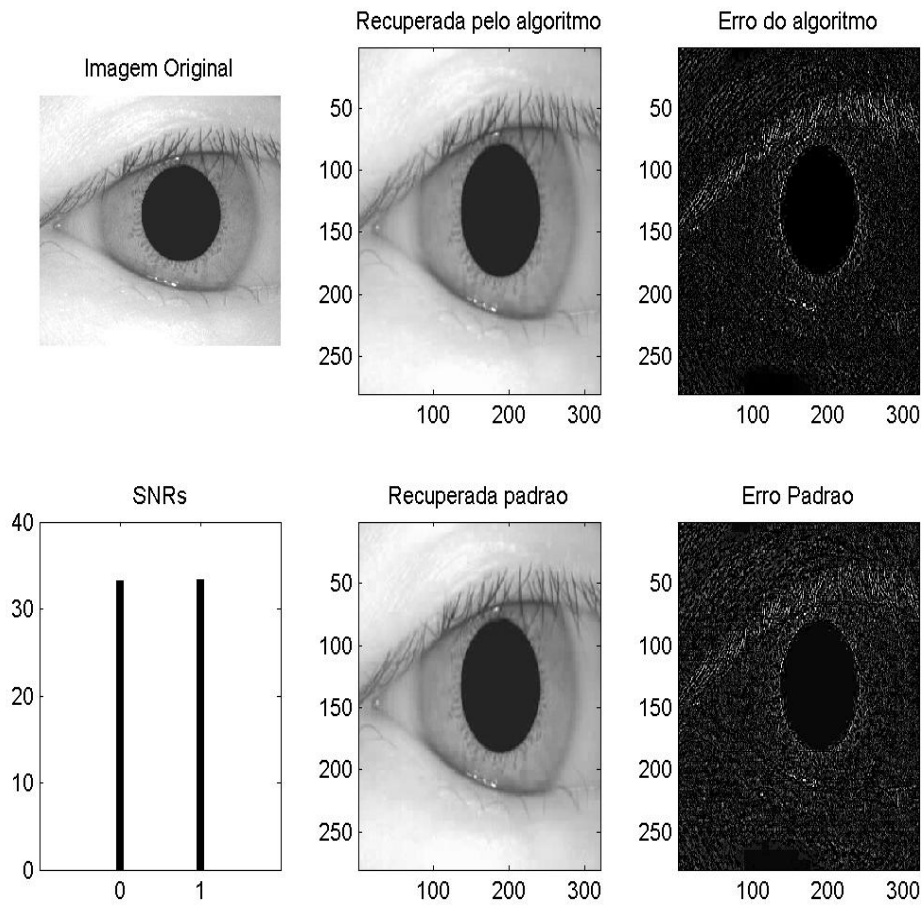
*Figura A.5 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o número de cromossomos igual a 8 e 6 gerações para a imagem clock..*



*Figura A.6 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o para número de cromossomos igual a 16 e 3 gerações para a imagem 1.*

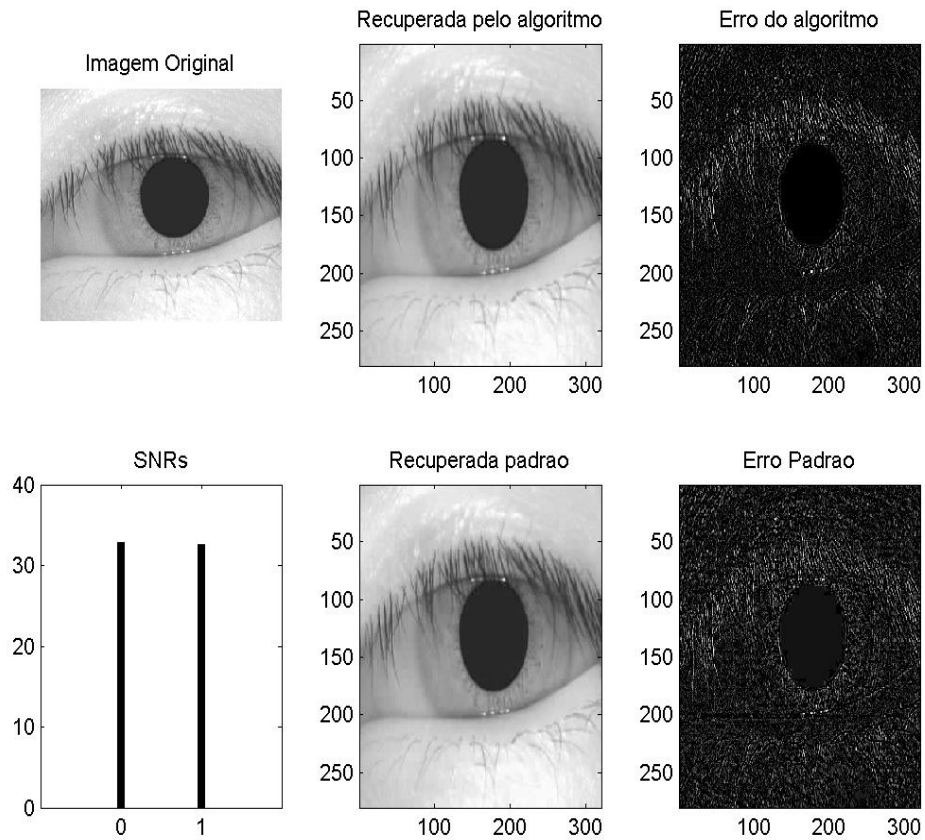


*Figura A.7 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o número de cromossomos igual a 16 e 12 gerações para a imagem 26.*

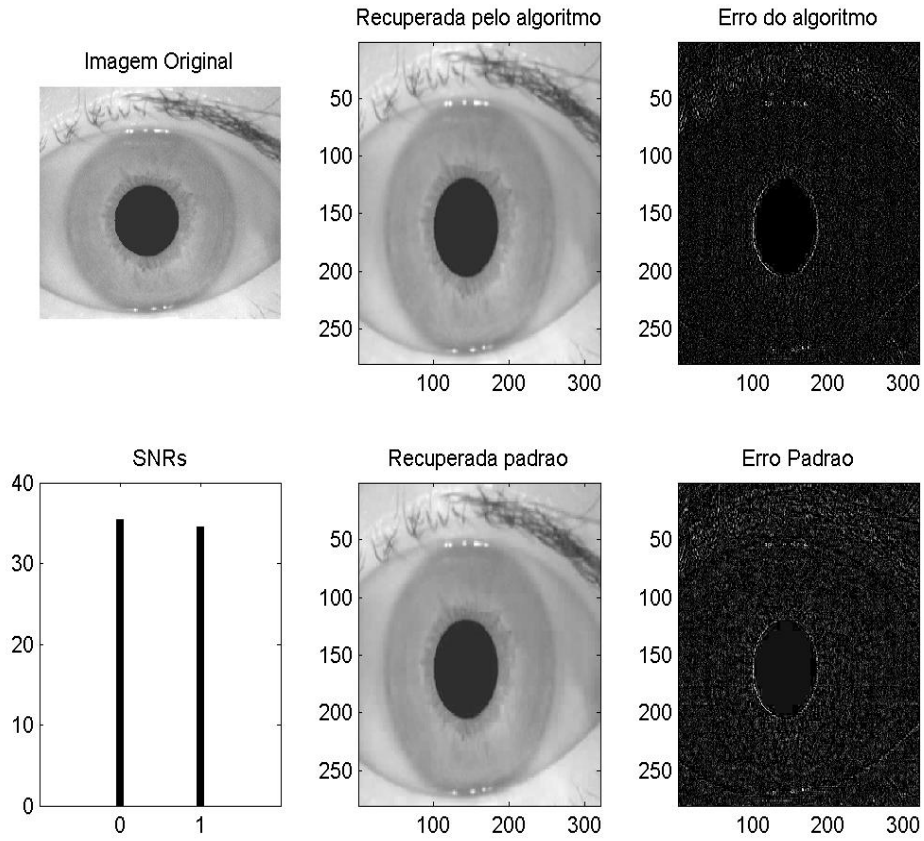


*Figura A.8 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o número de cromossomos igual a 16 e 5 gerações para a imagem 284.*





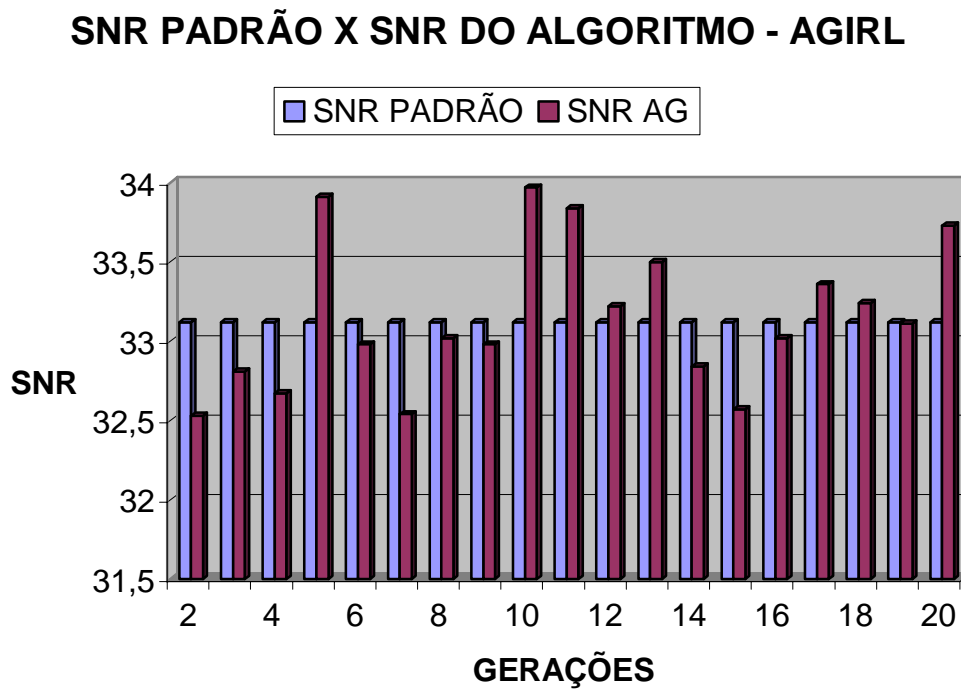
*Figura A.9 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o número de cromossomos igual a 16 e 20 gerações para a imagem 470.*



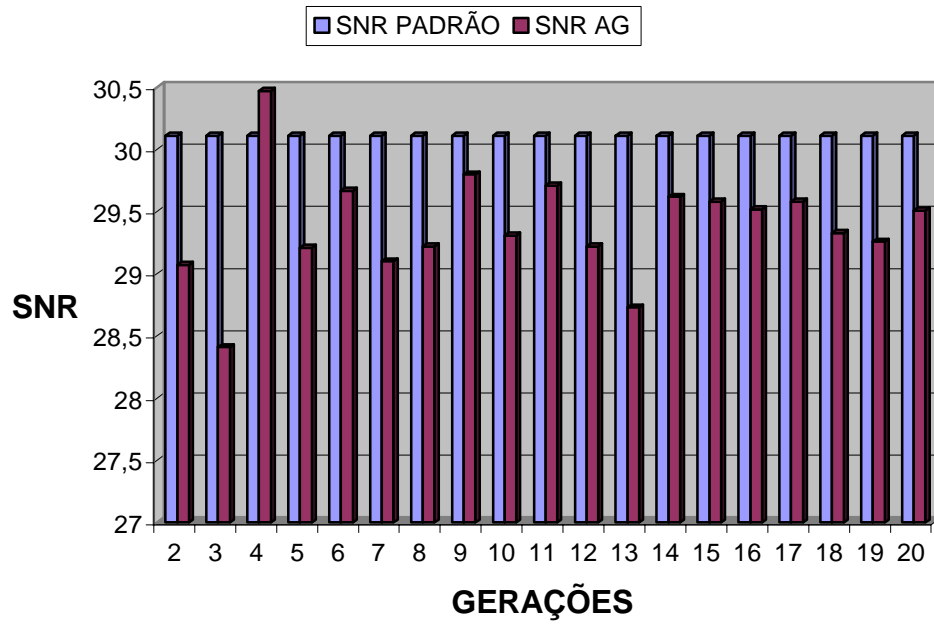
*Figura A.10 – Comparação entre a imagem original e a imagem recuperada utilizando a tabela produzida pelo AG e a tabela padrão considerando o número de cromossomos igual a 16 e 9 gerações para a imagem 627.*

### A.3 – Gráficos

As Figuras A.11 a A.19 mostram a comparação entre as SNRs obtidas ao utilizar as tabelas de quantização padrão JPEG e as obtidas pelo algoritmo genético para as 5 imagens naturais e para as 5 imagens de fundo de olho mostrados no item 6.2 deste capítulo.



*Figura A.11 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem agirl*

**SNR PADRÃO X SNR DO ALGORITMO - LENA**

*Figura A.12 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem lenna*

### SNR PADRÃO X SNR DO ALGORITMO - ANTENA

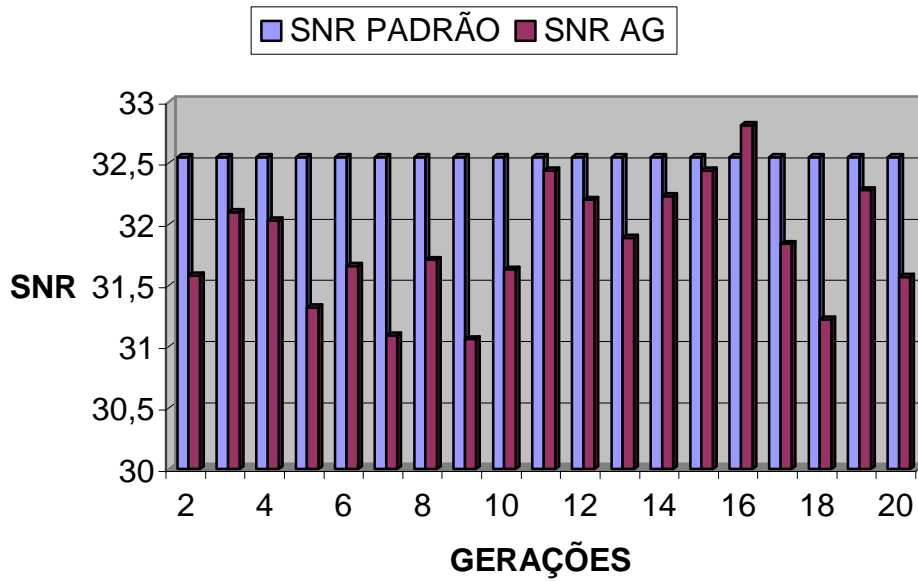


Figura A.13 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem antena

### SNR PADRÃO X SNR DO ALGORITMO - MAN

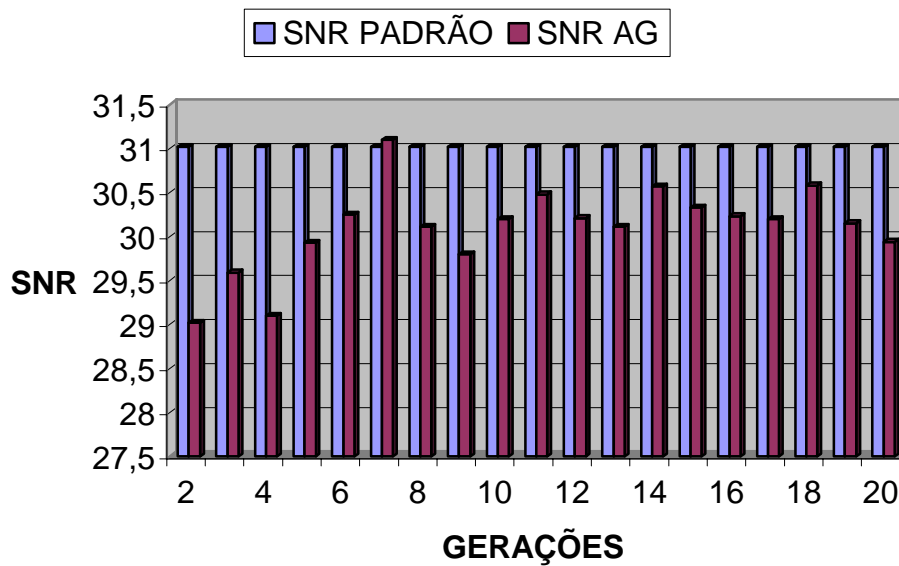


Figura A.14 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem man

### SNR PADRÃO X SNR DO ALGORITMO - BRIDGE

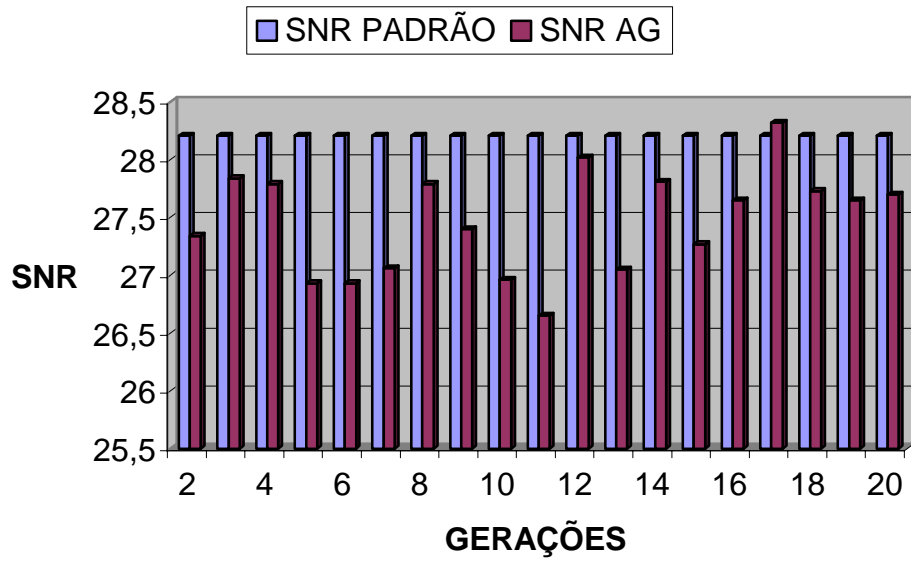


Figura A.15 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem bridge

### SNR PADRÃO X SNR DO ALGORITMO - IMAGEM 1

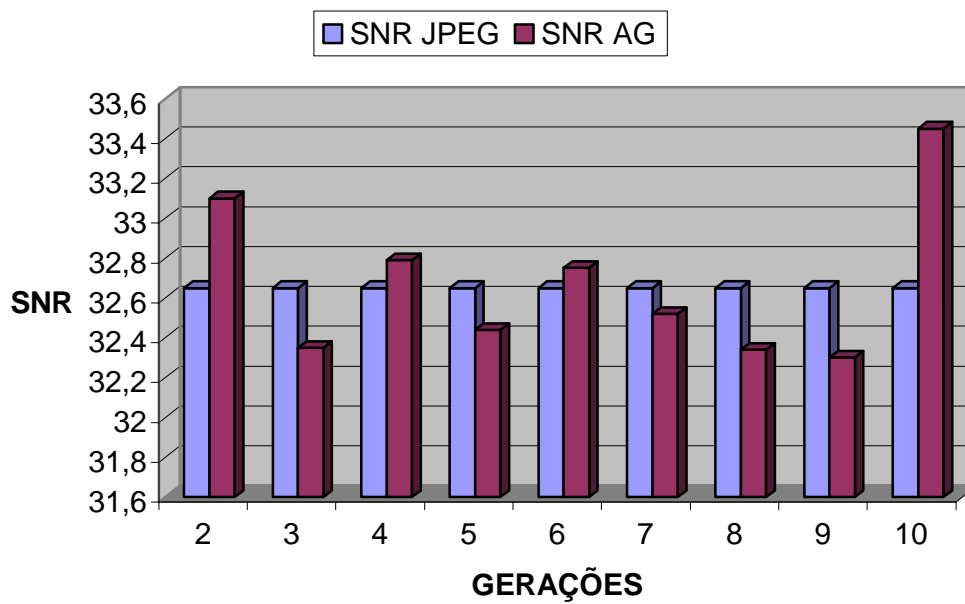


Figura A.16 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem 001

### SNR PADRÃO X SNR DO ALGORITMO- IMAGEM 742

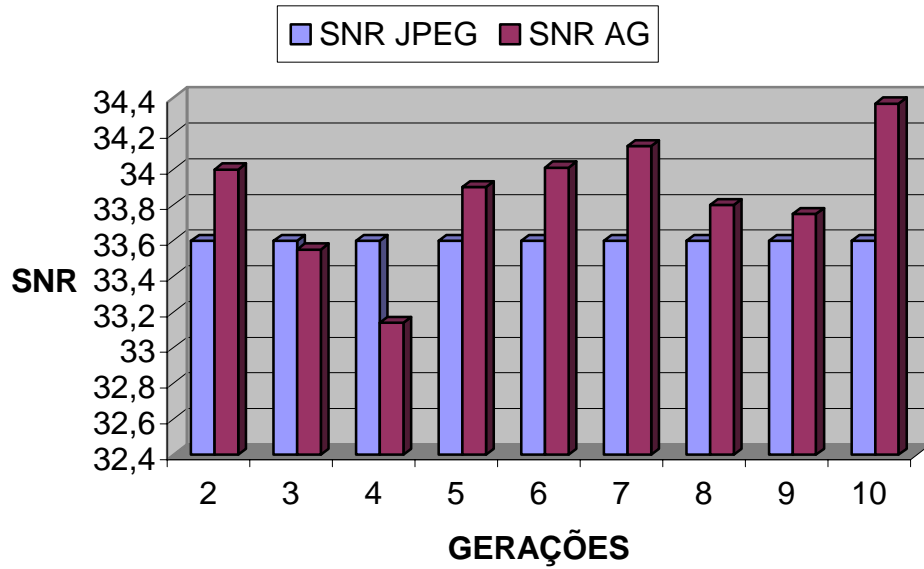


Figura A.17 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem 742

### SNR PADRÃO X SNR DO ALGORITMO - IMAGEM 746

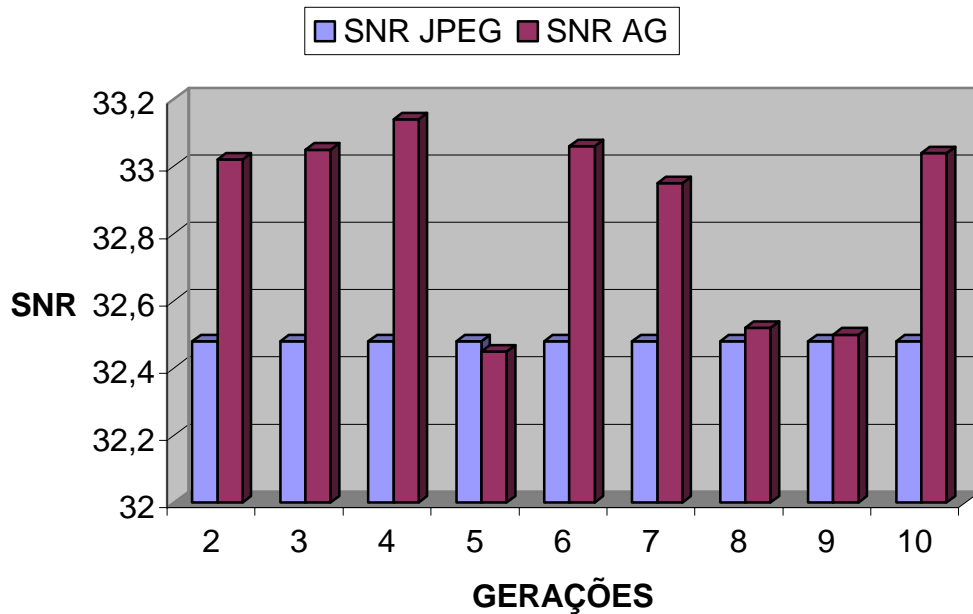
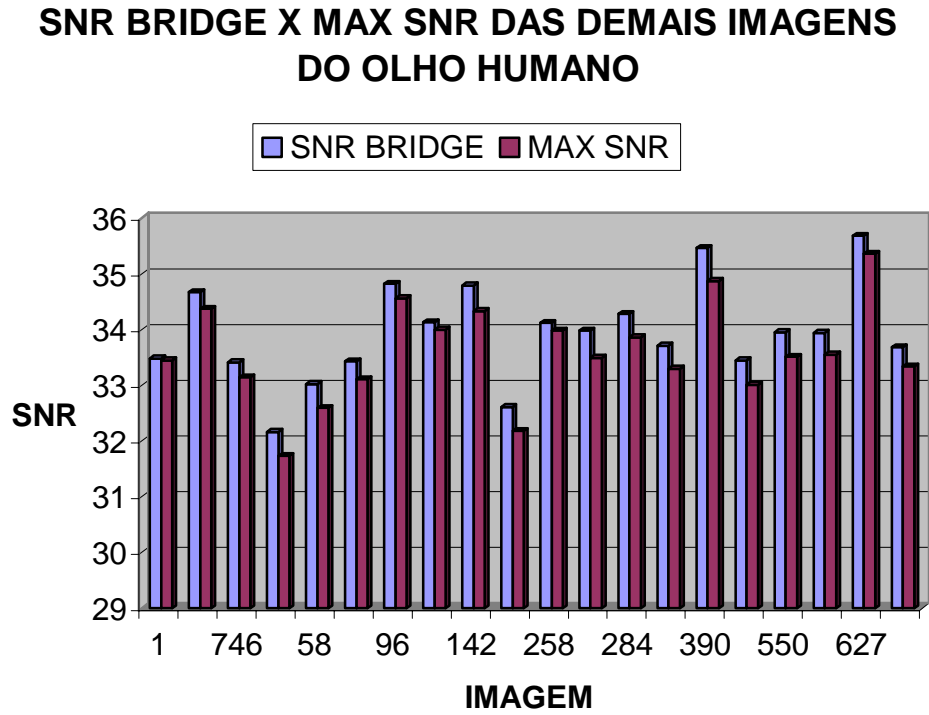


Figura A.18 – Gráfico comparativo do SNR para a imagem 746

A Figura A.19 mostra a comparação da SNR da imagem bridge com as máximas SNRs das demais imagens do olho humano.



*Figura A.19 – SNR bridge x máximo SNR das demais imagens do olho humano.*



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)