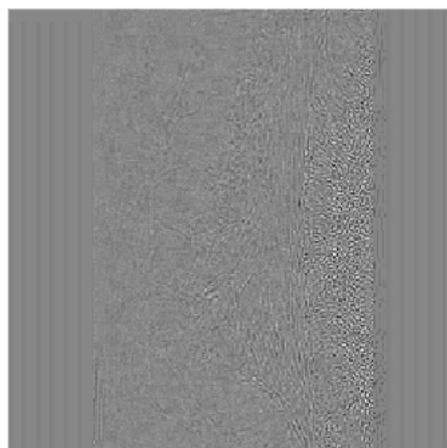




Figura 4.37: Imagem original da coluna lombar.



(a)



(b)

Figura 4.38: (a) Imagem da coluna lombar reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q1; (b) imagem-erro.

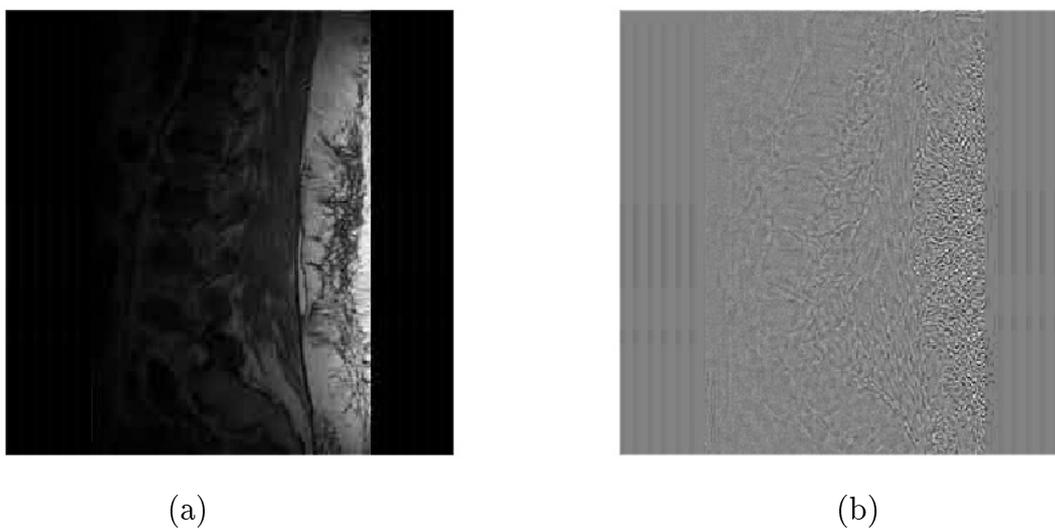


Figura 4.39: (a) Imagem da coluna lombar reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q2; (b) imagem-erro.

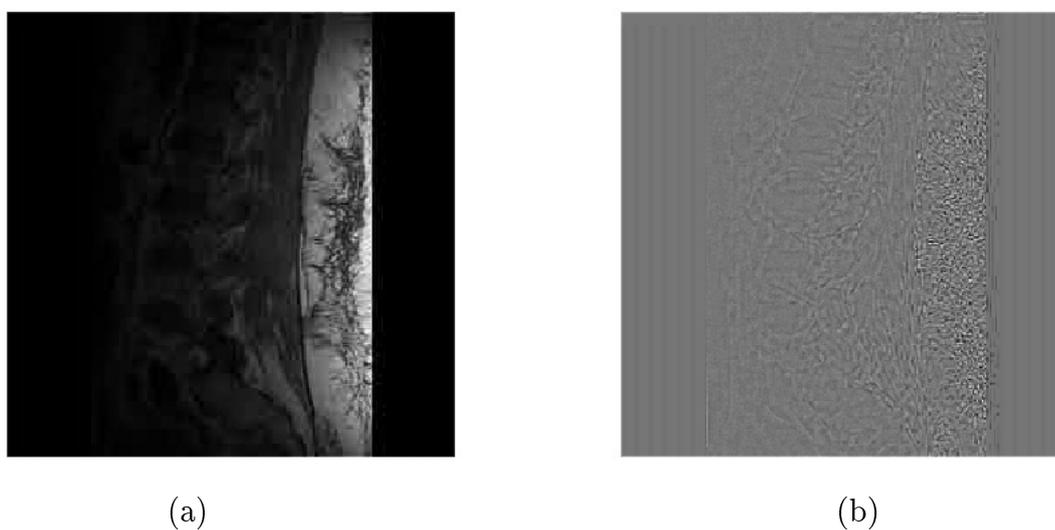
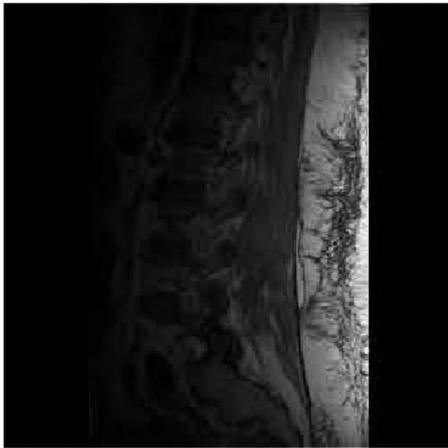
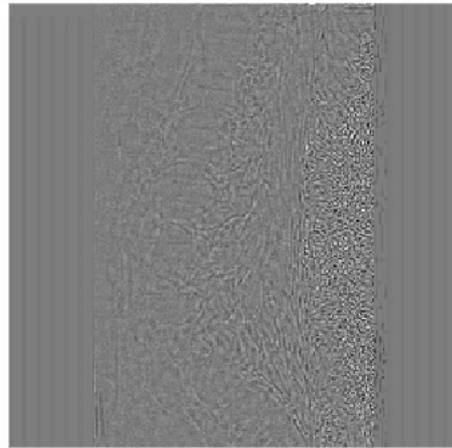


Figura 4.40: (a) Imagem da coluna lombar reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q3; (b) imagem-erro.



(a)

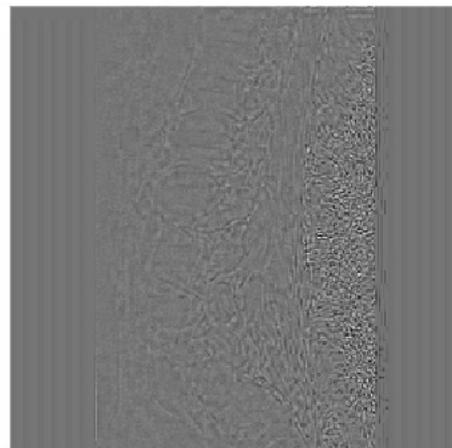


(b)

Figura 4.41: (a) Imagem da coluna lombar reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q4; (b) imagem-erro.



(a)



(b)

Figura 4.42: (a) Imagem da coluna lombar reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q5; (b) imagem-erro.

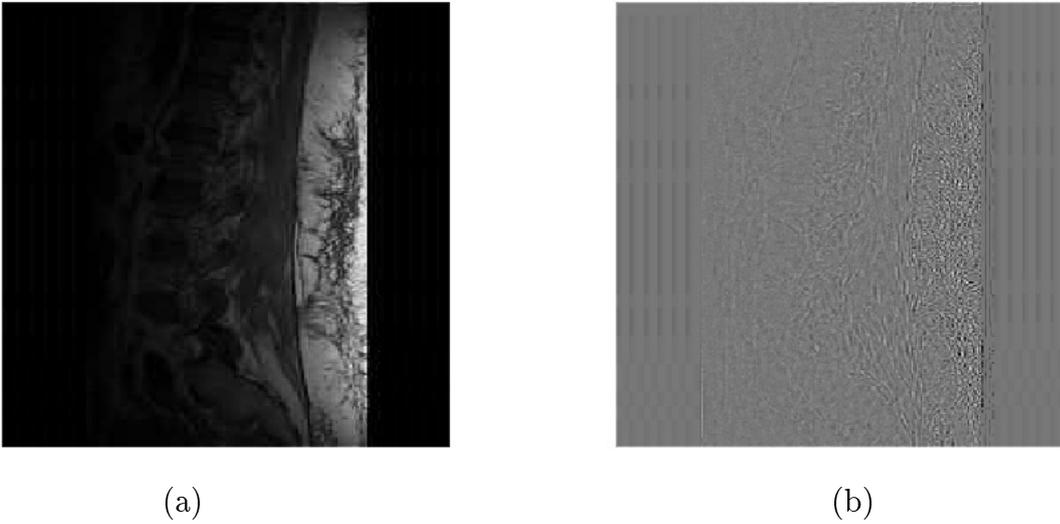


Figura 4.43: (a) Imagem da coluna lombar reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q6; (b) imagem-erro.

As Figuras 4.44 e 4.45 mostram a média da taxa de bits/pixel e a média da PSNR ao utilizar as matrizes de quantização de Q1 a Q6, respectivamente, para as imagens da coluna lombar e a Tabela 4.9 mostra os resultados obtidos na compressão dessas imagens utilizando-se essas matrizes.

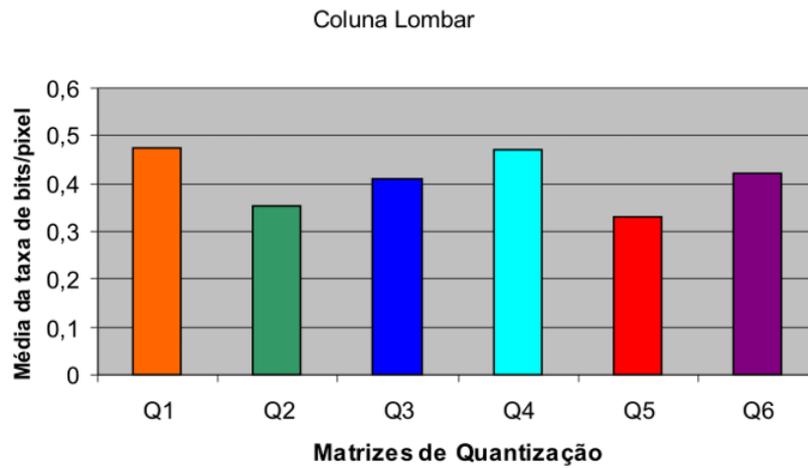


Figura 4.44: Gráfico da média da taxa de bits/pixel utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 para as imagens da coluna lombar usadas neste trabalho.

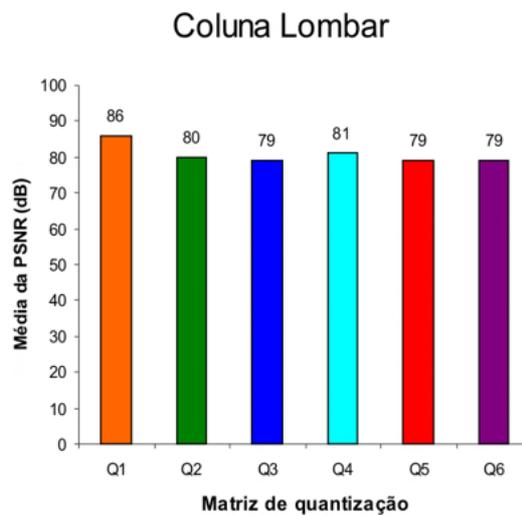


Figura 4.45: Gráfico da média da PSNR utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 para as imagens da coluna lombar usadas neste trabalho.

Tabela 4.9: Média dos resultados obtidos na compressão das imagens da coluna lombar utilizadas neste trabalho.

Imagens	Matriz	Média da taxa de bits/pixel	Média da PSNR(dB)
Coluna Lombar	Q1	0,47625	86
	Q2	0,35419	80
	Q3	0,40915	79
	Q4	0,47209	81
	Q5	0,32897	79
	Q6	0,42284	79

Pode-se observar na Tabela 4.9 e na Figura 4.44 que das matrizes de quantização de Q2 a Q5 obtidas neste trabalho a que apresenta menor média da taxa de bits/pixel é a matriz Q5. Pode-se verificar nessa tabela e nessa figura que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q6 (matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1]) é menor do que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q1 (matriz de quantização do padrão JPEG [2]). Ao comparar as médias das taxas de bits/pixel das matrizes Q5 e Q6, a média da taxa de bits/pixel da matriz Q5 continua sendo a menor.

Pode-se verificar na Tabela 4.9 e na Figura 4.45 que a matriz de quantização que apresenta a maior média da PSNR é a matriz Q1. Como a variação das médias das PSNRs das matrizes de Q2 a Q6 em relação a média da PSNR da matriz Q1 é pequena (no intervalo de 5 dB a 7 dB), pode-se considerar que todas as imagens da coluna lombar reconstruídas pelas matrizes de quantização de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade.

A opinião dos seis médicos consultados a respeito da qualidade das imagens da coluna lombar reconstruídas utilizando-se as matrizes de quantização

de Q1 a Q6 foi que todas elas eram satisfatórias para eles realizarem seus diagnósticos.

Ao considerar a pequena variação das médias das PSNRs das matrizes de quantização de Q1 a Q6 e a opinião dos seis médicos consultados sobre a qualidade das imagens da coluna lombar reconstruídas utilizando-se essas matrizes, pode-se considerar que essas imagens apresentam praticamente a mesma qualidade.

Como as matrizes de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade, pode-se escolher dessas matrizes a matriz Q5 para ser a matriz de quantização otimizada para as imagens da coluna lombar, porque ela apresenta a menor taxa de bits/pixel e uma qualidade satisfatória.

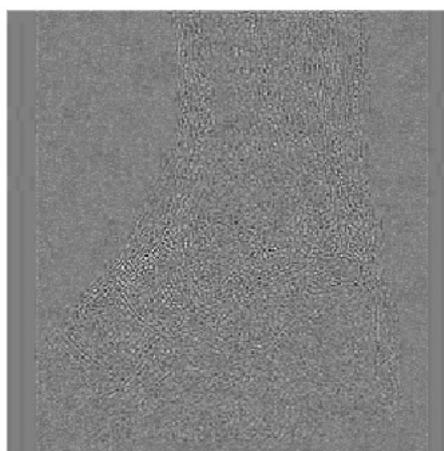
A Figura 4.46 mostra a imagem original do tornozelo. As Figuras 4.47 a 4.52 ilustram as imagens reconstruídas e as imagens-erro, que foram obtidas utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6, respectivamente. A imagem-erro foi obtida pela diferença entre as imagens original e a reconstruída do tornozelo.



Figura 4.46: Imagem original do tornozelo.



(a)

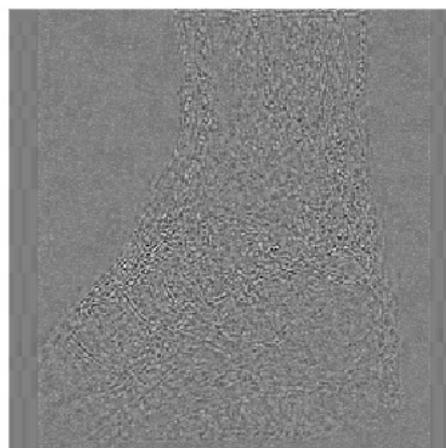


(b)

Figura 4.47: (a) Imagem do tornozelo reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q1; (b) imagem-erro.



(a)

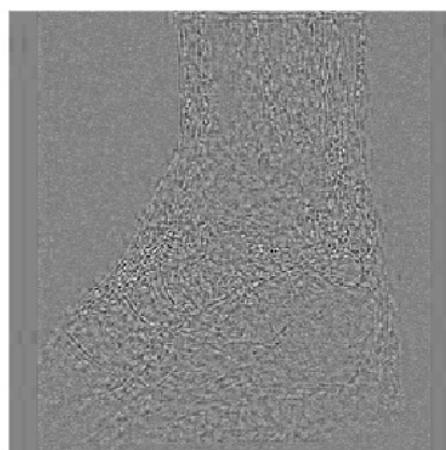


(b)

Figura 4.48: (a) Imagem do tornozelo reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q2; (b) imagem-erro.



(a)

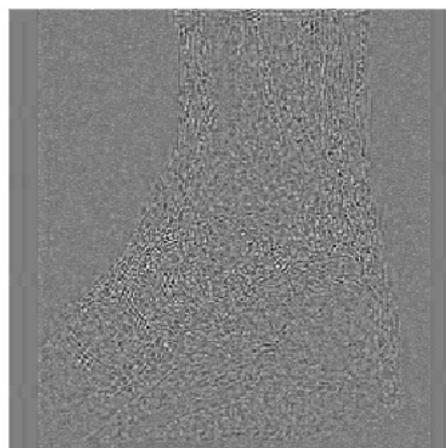


(b)

Figura 4.49: (a) Imagem do tornozelo reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q3; (b) imagem-erro.



(a)

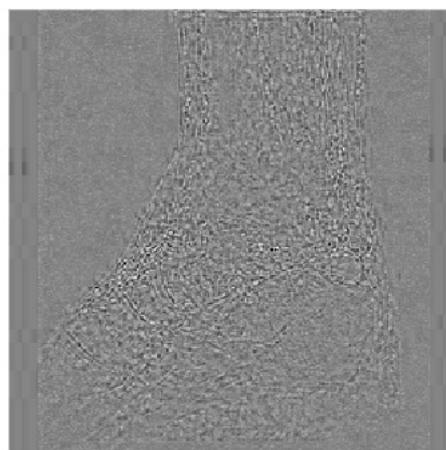


(b)

Figura 4.50: (a) Imagem do tornozelo reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q4; (b) imagem-erro.



(a)

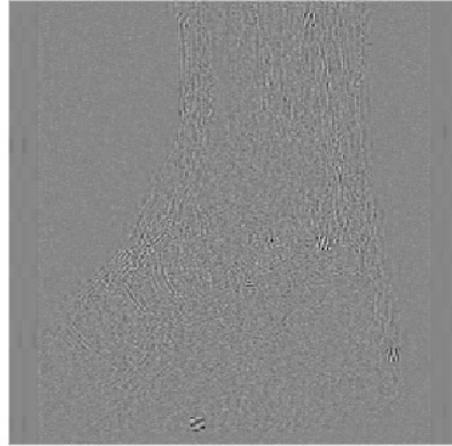


(b)

Figura 4.51: (a) Imagem do tornozelo reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q5; (b) imagem-erro.



(a)



(b)

Figura 4.52: (a) Imagem do tornozelo reconstruída utilizando-se a matriz de quantização Q6; (b) imagem-erro.

As Figuras 4.53 e a 4.54 mostram a média das taxas de bits/pixel e a média das PSNRs ao utilizar as matrizes de quantização de Q1 a Q6, respectivamente, para as imagens do tornozelo, e a Tabela 4.10 mostra os resultados obtidos utilizando-se essas matrizes.

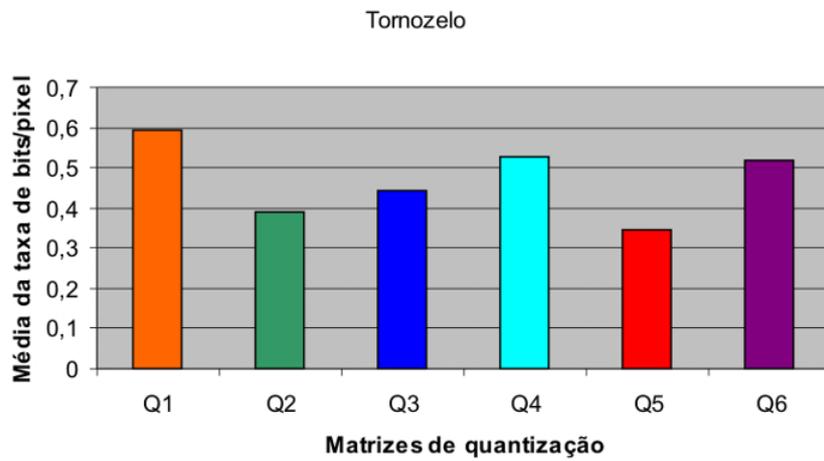


Figura 4.53: Gráfico da média da taxa de bits/pixel utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 para as imagens do tornozelo usadas neste trabalho.

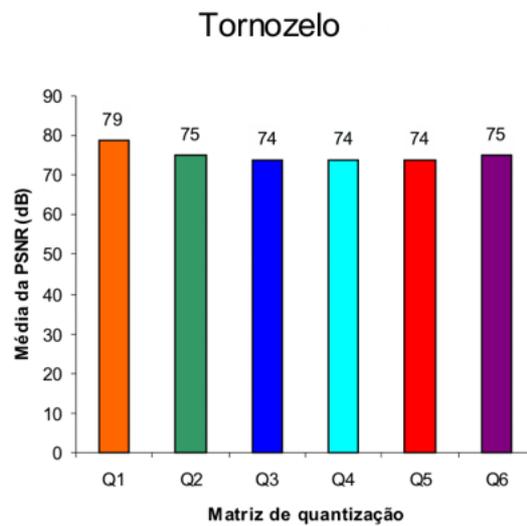


Figura 4.54: Gráfico da média da PSNR utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 para as imagens do tornozelo usadas neste trabalho.

Tabela 4.10: Média dos resultados obtidos na compressão das imagens de tornozelo utilizadas neste trabalho.

Imagens	Matriz	Média da taxa de bits/pixel	Média da PSNR(dB)
Tornozelo	Q1	0,59190	79
	Q2	0,38914	75
	Q3	0,44092	74
	Q4	0,52757	74
	Q5	0,34469	74
	Q6	0,51953	75

Pode-se observar na Tabela 4.10 e na Figura 4.53 que das matrizes de quantização de Q2 a Q5 obtidas neste trabalho a que apresenta menor média da taxa de bits/pixel é a matriz Q5. Pode-se verificar nessa tabela e nessa figura que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q6 (matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1]) é menor do que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q1 (matriz de quantização do padrão JPEG [2]). Ao comparar as médias das taxas de bits/pixel das matrizes de Q5 e Q6, a taxa de bits/pixel da matriz Q5 continua sendo menor.

Pode-se verificar na Tabela 4.10 e na Figura 4.54 que a matriz de quantização que apresenta a maior média da PSNR é a matriz Q1. Como a variação das médias das PSNRs das matrizes de Q2 a Q6 em relação a média da PSNR da matriz Q1 é pequena (entre 4 dB e 5 dB), pode-se considerar que todas as imagens do tornozelo reconstruídas pelas matrizes de quantização de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade.

A opinião dos seis médicos consultados a respeito da qualidade das imagens do tornozelo reconstruídas utilizando-se as matrizes de quantização de

Q1 a Q6 foi que todas elas eram satisfatórias para eles realizarem seus diagnósticos.

Ao considerar a pequena variação das médias das PSNRs das matrizes de quantização Q1 a Q6 e a opinião dos seis médicos consultados sobre a qualidade das imagens de ultra-sonografia reconstruídas utilizando-se essas matrizes, pode-se considerar que essas imagens apresentam praticamente a mesma qualidade.

Como as matrizes de quantização de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade, pode-se escolher dessas matrizes a matriz Q5 para ser a matriz de quantização otimizada para as imagens do tornozelo, porque ela apresenta a menor média da taxa de bits/pixel e uma qualidade satisfatória.

Pode-se verificar nos resultados obtidos nas Tabelas 4.5 a 4.10 que não é o aumento do número de imagens utilizadas para obter a matriz de quantização que fornece uma menor média da taxa de bits/pixel e sim a utilização de imagens que representem melhor as características das imagens a serem comprimidas. Pode-se observar isso nessas tabelas, em todas elas a média da taxa de bits/pixel da matriz Q2 que foi obtida com cinco imagens é menor do que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q4 que foi obtida com quatorze imagens.

Pode-se observar nas Tabelas 4.5 a 4.10 que de todas as matrizes de quantização de Q2 a Q5 obtidas neste trabalho a que apresenta a menor média da taxa de bits/pixel é a matriz Q5. Pode-se verificar nessas tabelas que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q6 (matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1]) é menor do que a média da taxa de bits/pixel da matriz Q1 (matriz de quantização do padrão JPEG

[2]). Ao comparar as médias das taxas de bits/pixel das matrizes de quantização de Q5 e Q6 em todas as tabelas, a média da taxa de bits/pixel da matriz Q5 continua sendo menor. Com isso, pode-se concluir que essa matriz consegue comprimir mais todas as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética utilizadas neste trabalho.

Pode-se verificar nas Tabelas 4.5 a 4.10 que a matriz de quantização que apresenta a maior média da PSNR é a matriz Q1. Como a variação das médias das PSNRs das matrizes de Q2 a Q6 em relação a média da PSNR da matriz Q1 em todas as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética é pequena e considerando-se a opinião dos seis médicos consultados sobre a qualidade satisfatória dessas imagens, pode-se considerar que essas imagens reconstruídas utilizando-se as matrizes de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade. Como em termos de qualidade pode-se escolher qualquer um dessas matrizes, então a matriz de quantização otimizada para comprimir as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética é a matriz Q5 que apresenta a menor média da taxa de bits/pixel em todas essas tabelas e fornece uma qualidade satisfatória para essas imagens.

Com o objetivo de fornecer uma visão geral dos resultados obtidos nas Tabelas 4.5 a 4.10 foi feita a Tabela 4.11 que mostra a média dos resultados obtidos nessas tabelas para todas as imagens utilizadas neste trabalho. As Figuras 4.55 e 4.56 mostram a média das taxas de bits/pixel e a média das PSNRs ao utilizar as matrizes de quantização de Q1 a Q6, respectivamente, para todas as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética utilizadas neste trabalho.

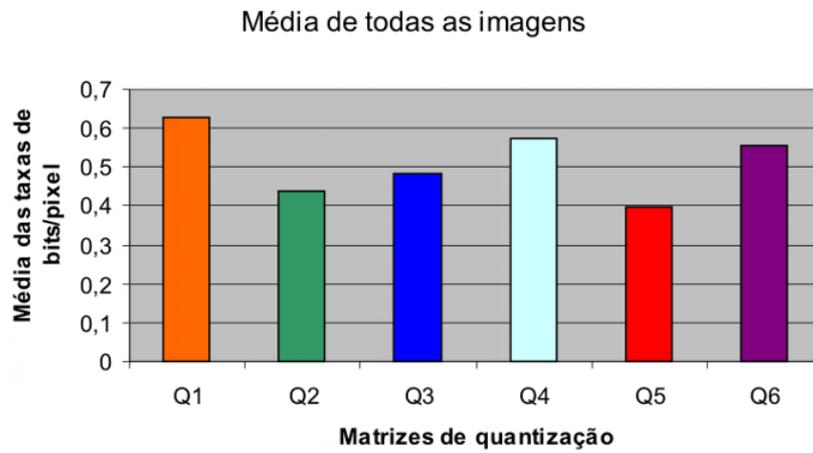


Figura 4.55: Gráfico da média das taxas de bits/pixel utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 para todas as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética usadas neste trabalho.

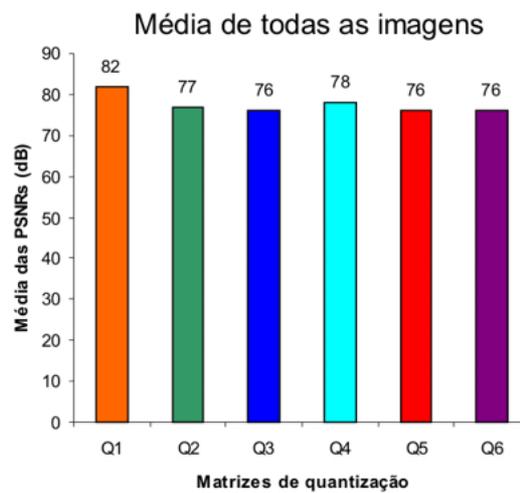


Figura 4.56: Gráfico da média das PSNRs das matrizes de quantização de Q1 a Q6 para todas as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética usadas neste trabalho.

Tabela 4.11: Média dos resultados obtidos na compressão de todas as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética utilizadas neste trabalho.

Imagens	Matriz	Média das taxas de bits/pixel	Média das PSNRs(dB)
Média	Q1	0,61141	82
	Q2	0,41874	77
	Q3	0,46909	76
	Q4	0,55271	78
	Q5	0,38081	76
	Q6	0,53638	76

Pode-se observar na Tabela 4.11 e na Figura 4.55 que a média das taxas de bits/pixel da matriz Q5 é 9,06% menor do que a da matriz Q2; 18,82% menor do que da matriz Q3 e 31,10% menor do que a da matriz Q4. Pode-se verificar nessa figura e nessa tabela que a média das taxas de bits/pixel da matriz Q6 (matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1]) é 12,27 % menor do que a média das taxas de bits/pixel da matriz Q1 (matriz de quantização do padrão JPEG [2]). Ao comparar a médias das taxas de bits/pixel das matrizes de quantização Q5 e Q6, a média das taxas de bits/pixel da matriz Q5 continua sendo a menor. Com isso, pode-se concluir que essa matriz consegue comprimir mais todas as imagens de ultra-sonografia e ressonância utilizadas neste trabalho.

Pode-se verificar na Tabela 4.11 e na Figura 4.56 que a média das PSNRs da matriz Q1 é 6,02% maior do que a das matrizes Q2, Q4 e Q6 porque elas possuem as mesmas médias das PSNRs; 7,23% maior do que a da matriz Q5 e 8,43% maior do que a da matriz Q3. Como as diferenças per-

centuais das médias das PSNRs das matrizes de Q2 a Q6 em relação a média das PSNRs da matriz Q1 são menores do que 10% e como a opinião dos seis médicos consultados sobre a qualidade das imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética reconstruídas utilizando-se as matrizes de Q1 a Q6 são satisfatórias para eles realizarem seus diagnósticos, pode-se considerar que essas imagens apresentam praticamente a mesma qualidade.

Como as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética reconstruídas utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade, pode-se escolher dessas matrizes a matriz Q5 para ser a matriz otimizada para essas imagens, porque ela apresenta a menor média das taxas de bits/pixel em todas as imagens utilizadas neste trabalho e uma qualidade satisfatória.

4.4 Conclusões

Este capítulo descreveu os resultados obtidos nos testes realizados para obter a matriz de quantização pelo método da média aritmética.

Os resultados obtidos nos testes realizados neste capítulo mostraram que das matrizes de quantização de Q2 a Q5 obtidas neste trabalho a que apresentou a menor média das taxas de bits/pixel foi a matriz Q5 com valor igual a 0,38081. Esta média é 29% menor do que a média das taxas de bits/pixel da matriz Q6 (matriz obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia[1]) cujo valor é igual a 0,53638 e 37,55% menor do que a média das taxas de bits/pixel da matriz Q1 (matriz de quantização do padrão JPEG[2]) cujo valor é igual a 0,61141. Como as diferenças percentuais das médias das PSNRs das matrizes de Q2 a Q6 em relação a média das PSNRs da matriz

Q1 são menores do que 10% e como a opinião dos seis médicos consultados sobre a qualidade das imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética reconstruídas utilizando-se as matrizes de Q1 a Q6 são satisfatórias para eles realizarem seus diagnósticos, pode-se considerar que essas imagens apresentam praticamente a mesma qualidade.

Como as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética reconstruídas utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade, pode-se escolher dessas matrizes a matriz Q5 para ser a matriz de quantização otimizada para essas imagens, porque ela apresenta a menor média das taxas de bits/pixel e uma qualidade satisfatória.

Capítulo 5

CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

5.1 Conclusões

As técnicas de compressão são essenciais para reduzir o tempo e o custo da transmissão e do armazenamento de imagens.

A quantidade de imagens médicas está crescendo, e em hospitais e clínicas onde o número de pacientes é grande, o espaço requerido para o armazenamento de todas essas informações é muito grande, o que torna-se um problema. Uma das formas de diminuir esse problema é comprimir essas imagens.

O objetivo deste trabalho era obter uma matriz de quantização para imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética utilizando o método da média aritmética. Essa matriz deveria fornecer uma taxa de bits/pixel pequena e uma qualidade satisfatória para o diagnóstico médico dessas imagens.

Para se obter essa matriz foram encontradas algumas matrizes de quantização obtidas utilizando-se um total de cinco imagens de ultra-sonografia do fígado, do rim, da bexiga e do útero, do coração e da próstata e um total de 454 imagens de ressonância magnética do abdome, do encéfalo, do joelho, da coluna lombar e do tornozelo.

Como citado no capítulo 3 deste trabalho, após obter a matriz modelo, inverte-se cada coeficiente dessa matriz e realiza-se o ajuste deles multiplicando-os por um fator de ajuste para obter a matriz de quantização. Alguns testes foram realizados e alguns fatores de ajuste foram utilizados, com isso foram obtidas algumas matrizes de quantização. A não ser a matriz de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1] denominada neste trabalho de Q6 e a matriz de quantização do padrão JPEG denominada nesta dissertação de Q1 [2], as outras matrizes foram obtidas da seguinte maneira:

- a matriz modelo foi obtida utilizando-se as cinco imagens de ultra-sonografia mostradas nas Figuras 3.1 a 3.3, do capítulo 3 deste trabalho, multiplicando-se todos os coeficientes invertidos dessa matriz pelo fator de ajuste 100, obteve-se a matriz de quantização denominada nesta dissertação de Q2.
- a matriz modelo foi obtida utilizando-se dez imagens das 454 imagens de ressonância magnética selecionadas de forma aleatória por um programa de computador, multiplicando-se todos os coeficientes invertidos dessa matriz pelo fator de ajuste 50, obteve-se a matriz de quantização denominada neste trabalho de Q3.
- a matriz modelo foi obtida selecionando-se visualmente das 454 imagens de ressonância magnética 14 imagens que caracterizavam a diversidade

desse conjunto de imagens. Multiplicando-se todos os coeficientes invertidos dessa matriz pelo fator 40, obteve-se a matriz de quantização denominada nesta dissertação de Q4.

- a matriz de quantização Q5 foi obtida multiplicando-se o primeiro coeficiente (nível dc) da matriz de quantização Q3 por 10.

Os resultados obtidos nos testes realizados neste capítulo mostraram que das matrizes de quantização de Q2 a Q5 obtidas neste trabalho a que apresentou a menor média das taxas de bits/pixel foi a matriz Q5 com valor igual a 0,38081. Esta média é 29% menor do que a média das taxas de bits/pixel da matriz Q6 (matriz obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia [1]) cujo valor é igual a 0,53638 e 37,55 % menor do que a média das taxas de bits/pixel da matriz Q1 (matriz de quantização do padrão JPEG [2]) cujo valor é igual a 0,61141. Como as diferenças percentuais das médias das PSNRs das matrizes de Q2 a Q6 em relação a média das PSNRs da matriz Q1 são menores do que 10% e como a opinião dos seis médicos consultados sobre a qualidade das imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética reconstruídas utilizando-se as matrizes de Q1 a Q6 são satisfatórias para eles realizarem seus diagnósticos, pode-se considerar que essas imagens apresentam praticamente a mesma qualidade.

Como as imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética reconstruídas utilizando-se as matrizes de quantização de Q1 a Q6 apresentam praticamente a mesma qualidade, pode-se escolher dessas matrizes a matriz Q5 para ser a matriz de quantização otimizada para essas imagens, porque ela apresenta a menor média das taxas de bits/pixel e uma qualidade satis-

fatória.

Este capítulo apresenta as contribuições deste trabalho e as sugestões para futuros trabalhos.

5.2 Contribuições deste Trabalho

As contribuições deste trabalho foram:

- a utilização de um fator de ajuste na matriz modelo para obter a matriz de quantização, e;
- obtenção de uma matriz de quantização otimizada para imagens de ultra-sonografia e ressonância magnética que ofereceu uma menor taxa de bits/pixel comparada com as das matrizes de quantização obtida por Hamamoto para imagens de ultra-sonografia e do padrão JPEG, com praticamente a mesma qualidade das imagens.

5.3 Sugestões para Futuros Trabalhos

As sugestões para futuros trabalhos são:

- Realizar testes com imagens de tomografia computadorizada, da retina humana e de raio-x utilizando a matriz de quantização otimizada obtida neste trabalho, com o objetivo de verificar se essa matriz é satisfatória para ser usada na compressão desses tipos de imagens;
- a utilização de transformada Wavelet na compressão de imagens médicas, e;

- a utilização da codificação por fractais na compressão de imagens médicas.

Referências Bibliográficas

- [1] Hamamoto, K. *Standardization on JPEG Quantization Table for Medical Ultrasonic Echos Images*, Proceedings of ICECS '99, The 6th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems. vol. 2, p. 683-686, september 1999.
- [2] Wallace, G. K. *The JPEG still Picture Compression Standard*. Commum ACM, vol. 34, p. 30-44, april 1991.
- [3] Sherlock, B. G., Nagpal, A., Monro, M. *A Model of JPEG Quantization*. 1994 International Symposium on Speech, Image Processing and Neural Networks. Hong Kong, p. 176-179, April 1994.
- [4] Kam, A. V., Wong, P. W., Gray, R. M. *Convergence of an Iterative Design Algorithm for JPEG Quantization Tables*. p. 81-84, Proceedings of the 1995 International Conference on Image Processing. vol. 2, october 1995.
- [5] Neto, J. F. *Compressão de Imagens Médicas Digitais*. Aracaju: Universidade de Tiradentes, dezembro 1998.
- [6] Eskicioglu, A. M., *Quality Measurement for Monochrome Compressed Images in the 25 years*. 2000 IEEE International

- Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. p. 1907-1910, vol. 4, 2000.
- [7] Konstantinides, K., Bhaskaran V., Beretta G. *Image Sharpening in the JPEG Domain.* IEEE Trans. on Image Processing. vol. 8, number 6, p. 874-878, june 1999.
- [8] Fan, Z., Queiroz, R., *Maximum Likelihood Estimation of JPEG Quantization Table in the Identification of Bitmap Compression History.* ICIP, 2000.
- [9] Chang, L. W., Wang, C. Y., Lee, S. M. *Designing JPEG Quantization Tables based on Human Visual System.* 1999 International Conference on Image Processing. ICIP 99. vol. 2, p. 376-380, 1999.
- [10] Cruz, D. S., Ebrahimi, T. *A Study of JPEG 2000 Still Image Coding versus Other Standards.* Proc. X European Signal Processing Conf. EUSIPCO, vol. 2, p. 673-676, september 2000.
- [11] Arcangelo, B., Massimo, M. *JPEG Compression Factor Control: a New Algorithm.* in: IEEE Proceedings of ICCE2001, p. 206-207, Los Angeles, june 2001.
- [12] Ribas, J. P. I. F. Compressão de Imagens Digitais utilizando-se Codificação por Transformadas e Quantização Vetorial. Dissertação, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia Elétrica, 2002. 155 f.

- [13] Fleury, C. A. Quantização Vetorial de Taxa Adaptada Perpectivamente Aplicada a Imagens Estáticas. Tese, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia Elétrica, 2003. 186 f.
- [14] Coleta, G. F. D. Compressão de Imagens utilizando Transformada e Quantização Vetorial. Dissertação, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia Elétrica, 2004. 160 f.
- [15] Gonzalez, R. C., Woods R. E. *Processamento de Imagens Digitais*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2000.
- [16] Nadenau, M., Integration of Human Color Vision Models into High Quality Image Compression. These, École Polytechnique Fédérale de Laussane, 2000.
- [17] Kovács, Z. L. *O Cérebro e a sua Mente - Uma Introdução à Neurociência Computacional*. São Paulo: Edição Acadêmica, 1997.
- [18] Saupe, D., Hamzaoui, R. *A Review of Fractal Image Compression Literature*. Computer Graphics. vol. 28, n°4, p. 268-273, november 1994.
- [19] Oliveira, J. F. L. Geometria Factal e aplicações. Dissertação, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.
- [20] Loudon, K. *Dominando Algoritmos com C*. Tradução de Mónica Sarmiento, Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2000.
- [21] Smith, S.W. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. Segunda Edição, San Diego: California Technical Publishing, 1999.

- [22] Soberano, L. A. *The Mathematical Foundation of Image Compression*. Honors Program in the Department of Mathematic and Statistic of the University of North Carolina at Wilmington, may 2000.
- [23] Barsley, M. F., Hurd, L. P. *Fractal Image Compression*, Wellesley, MA: AK Peters, 1993.
- [24] Graps, A. *An Introduction to Wavelets*, URL: <http://www.amara.com/>. Acessado em 03 de julho de 2005
- [25] Fisher, Y. (ed). *Fractal Image Compression - Theory and Application*. New York: Springer-Verlag, 1995.
- [26] Jacquin, A. E. A Fractal Theory of Iterated Markov Operators with Applications to Digital Image Coding. PhD Thesis, Georgia Institute of Tecnology, 1989.
- [27] S. Wong, L. Zaremba, D. Gooden, H. K. Huang, *Radiologic Image Compression - A Rewiew*. Proceedings of the IEEE, vol. 83, no. 2, p. 194-219, feb. 1995.