

# Avaliação de métodos de realce em imagens de raio-X para aumento de discriminação do tecido ósseo espinhal.

D. A. Vital\*, B. T. Sais\*, M. C. Moraes\*

\* Departamento de Ciência e Tecnologia/Instituto de Ciência e Tecnologia da UNIFESP, São José dos Campos, Brasil  
e-mail: daniel.vital@unifesp.br

**Abstract** – *Statistical data from the Brazilian Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR) show that approximately 140 million radiological exams are performed annually in the country. These exams are designed to detect and analyze fractures, which are caused by different types of trauma, or because of some pathology. For better visualization and lesion detection, image enhancement methods are implemented in radiology. Such methods lead to increased accuracy, reliability and discrimination in the images, enabling early treatment. However, the methods developed by researchers in this area still have restrictions, such as loss of image information. The objective of this work is to apply and analyze three different methods of enhancement in order to determine which led to the best aspect of enhancement for column bone. The methods compared were Discrete Wavelet Transform (DWT), Adaptive Contrast Enhancement (ACE) and Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). In this sense, we used 10 different radiological image, divided into 2 sets: 5 images of the cervical spine and 5 images the lumbar spine. The enhanced images were compared to the original images and their standard images (Gold Standard), with bone tissue discriminated. Through the evaluation carried out and the results obtained, one can find the best method analyzed was the CLAHE, which achieved the best bone tissue discrimination.*

**Palavras-chave:** Realce; Radiologia; Histograma de Equalização Adaptativo com Contraste Limitado.

## Introdução

Segundo dados nacionais do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR), estima-se que são realizados 140 milhões de exames de radiografia no território nacional anualmente [1]. Em 70% destes procedimentos tinham como objetivo a obtenção de um diagnóstico de problemas ósseos devido a traumas ou a alguma patologia óssea. Os principais tipos de traumas são ocasionados por acidentes, sendo estes domésticos, acidentes de trabalho e principalmente automobilísticos [1,2]. Quanto às patologias a osteoporose é a que mais se

apresenta, principalmente em pessoas acima dos 50 anos, atingindo cerca de 10 milhões de brasileiros [3]. Portanto, existe uma grande demanda por ferramentas e métodos rápidos e precisos que auxiliem na obtenção do diagnóstico, aumentando a probabilidade de recuperação do paciente [4].

O exame radiológico, ou raio-X, é a técnica de imagem médica mais antiga utilizada para auxílio ao diagnóstico e tratamento médico [5]. A imagem de Raio-X representa a intensidade do coeficiente de atenuação de cada tecido [5]. Esta modalidade é altamente indicada para obter diagnósticos rápidos e precisos da lesão óssea; sendo muito útil para o médico determinar, verificar e analisar fraturas ou patologias [6]. Contudo, apenas as imagens puras podem carecer de informações para análises precisas [7]. Consequentemente, o realce da região óssea pode ser extremamente importante para extrair as características e trazer informações mais precisas do local de interesse a fim de identificar possíveis traumas e patologias [8].

Técnicas de realce por processamento de imagem são muito úteis para o aumento da precisão, confiabilidade e discriminação em imagens de raios-X [9]. Tais técnicas possuem como intuito melhorar a qualidade nas imagens, afinar os detalhes, e aumentar o contraste. Possibilitando assim medir e analisar as características e estruturas presentes no exame, determinando detalhes finos de estruturas que são difíceis de detectar ou distinguir a olho nu [9]. O estado da arte apresenta diferentes métodos e técnicas de realce para imagens radiológicas [10-12]. Contudo, tais técnicas possuem certas incertezas quanto eficácia em algumas aplicações [11]. Estas possuem perda de informações e limitações para determinados tipos de tecidos [8,12]. Consequentemente, é de muita importância a averiguação de métodos existentes a fim de determinar o método e de maior eficácia quanto a distinção do tecido ósseo.

Finalmente, o objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação e análise de três diferentes métodos de realce para imagens de raio-X presentes na literatura, visando o aumento da discriminação do tecido ósseo espinhal. Estes três métodos foram selecionados da literatura, uma vez que apresentaram elevado índice de acurácia da segmentação do tecido ósseo [10-12].

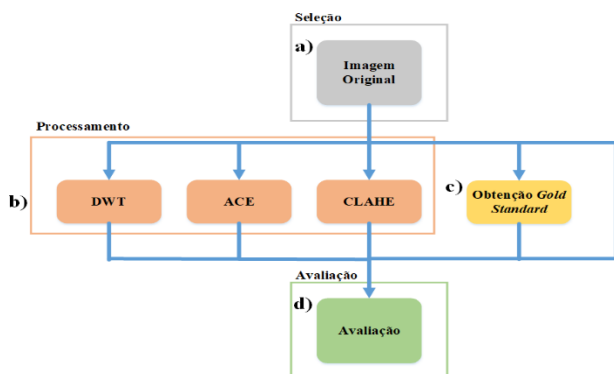
## Materiais e métodos

O trabalho proposto tem como objetivo a apresentação da aplicação, análise e comparação de três técnicas de processamento de imagens médicas para o realce do tecido ósseo com alta acurácia em imagens de radiografia. Os três métodos utilizados foram selecionados na literatura, sendo estes:

- Transformada Wavelet Discreta (DWT) [10].
- Realce de contraste adaptativo (ACE) [11].
- Histograma de Equalização Adaptativo com Contraste Limitado (CLAHE) [12].

O material usado consiste em imagens de raio-X da coluna cervical e lombar do banco de dados online da Medical Information retrieval System (Web-MIRS) [13]. Este é composto por imagens de raio-X da coluna vertebral humana [13]. Estas imagens são disponibilizadas para serem usadas para fins de pesquisa e educação. Adicionalmente foi usado computador pessoal ORO® Desktop com Intel® CORE i7, 3.5 GHz, 16 GB de RAM, Windows 8.1 Pro 64 bits, com MATLAB® (R2017a) (MathWorks, Inc., Natick, MA, USA)

A metodologia deste trabalho é dividida em 3 blocos, **seleção**, **processamento** e **avaliação** (Figura 1). No bloco referente a **seleção** (Figura 1 (a)), foram selecionadas imagens do banco de dados Web-MIRS [13], a fim de realizar o estudo, banco de dados abertos para estudo e pesquisas. Cada uma dessas imagens selecionadas passou a ser uma imagem original ( $I_O$ ). Em seguida iniciou-se a fase de **processamento** (Figura 1 (b)); nesta etapa, as imagens são realçadas por cada um dos 3 métodos da literatura avaliados nesse trabalho: DWT, ACE e CLAHE. Posteriormente, na etapa de **avaliação** (Figura 1 (d)), as imagens realçadas e suas respectivas imagens originais são avaliadas com relação a acurácia da detecção do tecido ósseo. Esta avaliação foi feita comparando as imagens realçadas e originais, após segmentação e binarização destas pelo método de *Otsu* [14], com seus respectivos Gold Standards



**Figura 1:** Diagrama simplificado da metodologia apresentada por este trabalho.

( $I_G$ ). Finalmente, com as versões binárias, foi calculado os parâmetros de acurácia em extração de área propostos por *Udupa* [15].

### *Seleção das Imagens:*

Foram utilizadas 10 imagens de raio-X, selecionadas e retiradas do banco de dados online Web-MIRS. As imagens foram divididas em dois grupos distintos:

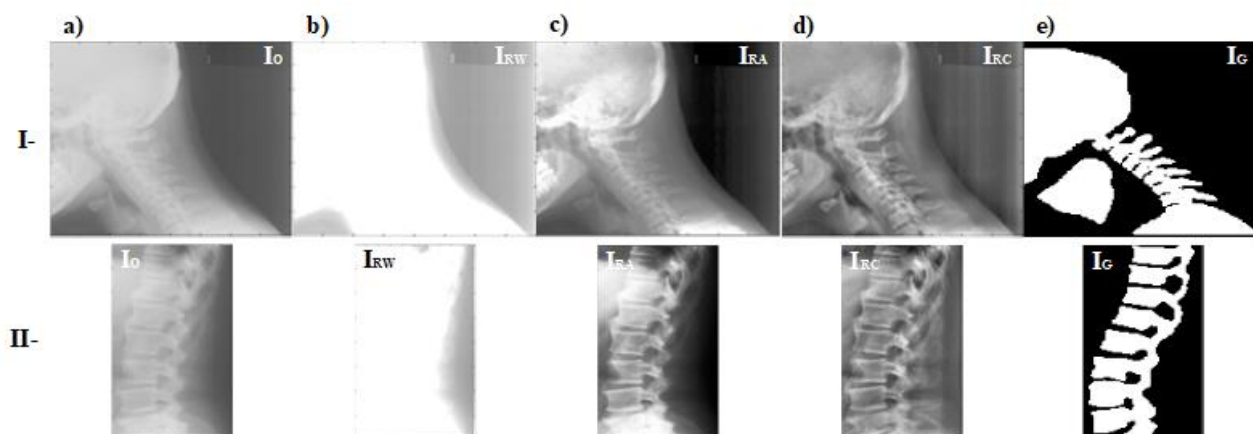
- Conjunto I: 5 imagens radiográficas da região da coluna cervical (Figura 2 (a) – I).
- Conjunto II: 5 imagens radiográficas da região da coluna lombar (Figura 2 (a) – II).

### *Transformada Wavelet Discreta (DWT):*

O objetivo fundamental da DWT é retirar os coeficientes de interesse, passando o sinal através de uma série de filtros passa baixas e altas, fornecendo coeficientes de aproximação (baixas frequências) e detalhes (altas frequências) [10]. Na utilização da DWT em uma imagem ( $I_O$ ) (Figura 2 (a)), esta é filtrada através das sequências de decomposições. A cada decomposição é produzido quatro sub-imagens: chamadas de coeficientes aproximação, e coeficientes de detalhamento (horizontais, verticais e diagonais respectivamente) [10]. O método proposto por Vidaurrazaga [10] realça a  $I_O$  a partir da combinação desta com seus coeficientes gerados por duas decomposições utilizando-se a quarta derivação da wavelet Symlet (*Symlet4*) ( $I_{RW}$ ) (Figura 2 (b)).

### *Realce de contraste adaptativo (ACE):*

Realce de contraste adaptativo refere-se à modificação dos valores de níveis de cinza em uma imagem com base em critérios que ajusta seus parâmetros. Neste, é realizada uma técnica de modificação do histograma na base de pixel a pixel, em vez de fazê-lo globalmente [11]. O método funciona usando ambas as estatísticas da imagem, locais e globais, para determinar a quantidade de ajuste de contraste necessário. Este filtro é adaptativo, baseado em estatísticas locais da imagem. Ao contrário das técnicas de modificação do histograma, que utilizam apenas parâmetros globais e resulta em transformações de níveis de cinza fixos. A imagem é processada usando o conceito de janela deslizante [11]. As estatísticas locais da imagem são encontradas considerando apenas a janela atual, e os parâmetros globais são encontrados por considerar a imagem inteira. A técnica ACE criado por Ali Abid [11] aplicada em cada  $I_O$  resulta em uma imagem com o tecido ósseo realçado ( $I_{RA}$ ) (Figura 2 (c)).



**Figura 2:** (a) Imagem Original ( $I_O$ ); (b) Imagem realçada pelo DWT ( $I_{RW}$ ); (c) Imagem realçada pelo ACE ( $I_{RA}$ ); (d) Imagem realçada pelo CLAHE ( $I_{RC}$ ); (e) Imagem *Gold Standard* ( $I_G$ ).

#### *Histograma de Equalização Adaptativo com Contraste Limitado (CLAHE):*

Um bom contraste através da modificação e ajuste da intensidade do nível de cinza pode ser alcançado através da técnica histograma de equalização adaptativo com contraste limitado. Esta técnica é inspirada pelo histograma de equalização (HE) que trabalha ajustando o contraste da imagem. A mesma melhora a aparência da imagem dimensionando o intervalo de intensidade pela redistribuição dos valores de pixel [12]. Para isto, o histograma é estendido para produzir uma maior uniformidade de distribuição. Nesta adaptação, vários histogramas são construídos, um em cada parte distinta da imagem. Finalmente, a técnica utiliza uma interpolação exponencial entre cada sub histograma, que é aplicada em  $I_O$ , resultando em uma imagem com discriminação do tecido ósseo ( $I_{RC}$ ) (Figura 2 (d)).

#### **Resultados**

##### *Avaliação:*

A avaliação deste trabalho foi realizada considerando a acurácia da detecção da região do tecido ósseo. Para isto, todas as imagens realçadas pelos três métodos e suas respectivas imagens originais foram segmentadas usando apenas Otsu[15]. Isto foi realizado para possibilitar a avaliação quantitativa dos métodos de realce. Assim, suas versões binárias podem ser comparadas com seus respectivos *Gold Standards* ( $I_G$ ) (Figura 2 (e)), segmentados manualmente. Essa comparação foi realizada a partir do cálculo da média e desvio padrão das medidas apresentadas por Udupa [15]. Estas são o “Verdadeiro Positivo” VP, “Falso Positivo” FP e “Falso Negativo” FN [15], e os índices de Overlap Dice (OD) e Overlap (OR).

Os valores das medias e desvios obtidos do VP, FN, FP, OD e OR para os conjuntos de imagens I e II após realce com os 3 métodos estão apresentados na Tabela 1.

#### **Discussão e Conclusão**

A partir dos resultados obtidos, é possível averiguar que os três métodos de realce foram reproduzidos com sucesso, possibilitando a avaliação comparativa destes. Na avaliação realizada quanto a detecção de região do tecido ósseo espinhal, é possível avaliar que o método de CLAHE apresenta destaque para ambos os conjuntos de imagens, e que apesar de um alto percentual de falso negativo (FN) e falso positivo (FP), está próximo a valores da literatura, 32,4% e 34,1% respectivamente [12]. Além disso, estes altos valores de FN e FP, devem estar correlacionados com o método escolhido para detecção da região, Otsu. Este limita a discriminação da região para comparação dos resultados, podendo ser alternativamente analisado por outras técnicas. Assim, para trabalhos futuros a segmentação por crescimento de região ou contornos ativos, poderão ser utilizadas.

A partir dos resultados obtidos, e a discussão realizada sobre os mesmos, é possível concluir que os três métodos de realce foram reproduzidos com sucesso, possibilitando a comparação sob as mesmas métricas estatísticas, algo que ainda não havia sido realizado. Além disso, a partir da avaliação da detecção da região do tecido ósseo espinhal, e com as métricas escolhidas, o método de CLAHE apresentou melhores resultados, quantitativos e qualitativos, para os dois conjuntos de imagens, seguido pelo método de ACE. Ambas as técnicas obtiveram valores superiores aos da imagem original, se mostrando como técnicas promissoras para esta aplicação.

**Tabela 1:** Resultados obtidos quanto a avaliação da detecção do tecido ósseo das imagens originais e as realçadas pelos métodos DWT, ACE e CLAHE dos conjuntos I e II.

Método	Métrica	Conjunto I					Conjunto II				
		VP(%)	FP(%)	FN(%)	OD(%)	OR(%)	VP(%)	FP(%)	FN(%)	OD(%)	OR(%)
Original	Média	92,29	44,37	1,70	81,11	68,32	78,12	60,08	21,88	65,45	48,80
	Desvio	2,05	8,98	2,05	2,80	4,040	10,01	13,91	10,01	4,47	4,90
DWT	Média	99,72	67,95	0,271	74,73	59,83	<b>92,89</b>	79,30	7,11	<b>68,37</b>	52,02
	Desvio	0,46	14,27	0,46	4,01	5,30	<b>6,55</b>	16,80	6,55	<b>3,04</b>	3,62
ACE	Média	<b>97,72</b>	<b>37,55</b>	2,27	<b>83,20</b>	<b>71,37</b>	68,44	<b>43,04</b>	31,56	64,74	<b>48,04</b>
	Desvio	<b>2,22</b>	<b>10,05</b>	2,22	<b>3,15</b>	<b>4,62</b>	5,68	<b>8,92</b>	5,68	4,65	<b>5,16</b>
CLAHE	Média	<b>94,97</b>	<b>23,47</b>	1,02	<b>83,86</b>	<b>72,51</b>	<b>81,69</b>	<b>35,77</b>	<b>18,31</b>	<b>69,019</b>	52,81
	Desvio	<b>4,77</b>	<b>8,90</b>	4,77	<b>5,00</b>	<b>7,19</b>	<b>7,31</b>	<b>9,65</b>	<b>7,31</b>	<b>3,79</b>	4,34

## Agradecimentos

**LABPIB** Laboratório de Processamento de Imagens Biomédicas do Instituto de Ciência e Tecnologia da UNIFESP (ICT-UNIFESP)

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**)

## Referências

- [1] Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus). Sistema de Informações da Saúde. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabnet/tabnet.htm>
- [2] M. B. Freitas, et al. Levantamento da distribuição de equipamentos de diagnóstico por imagem e frequência de exames radiológicos no Estado de São Paulo. *Radiologia Brasileira* vol. 38, nº 5, São Paulo. 2005.
- [3] M. M. Pinheiro, et al. O impacto da osteoporose no Brasil: dados regionais das fraturas em homens e mulheres adultos - *The Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS)*. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 2010, 113-27.
- [4] H. Zhu, et al. Preprocessing of x-ray medical image based on improved temporal recursive self-adaptive filter. 2008 9th Int. Conf. Young Comput. Sci., 2008, pp. 758–763.
- [5] S. K. Mahendran, et al. Baboo. An enhanced tibia fracture detection tool using image processing and classification fusion techniques in x-ray images. *Glob. J. Comput. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 14, 2011, pp. 22–28.
- [6] N. R. S. Parveen and M. M. Sathik. Enhancement

- of bone fracture images by equalization methods. in 2009 International Conference on Computer Technology and Development, 2009, pp. 391–394
- [7] R. Ramani, et al. The preprocessing techniques for breast cancer detection in mammography images. *Int. J. Image, Graph. Signal Process*, 2013, pp. 47–54.
- [8] M. S. V Sokashe. Computer assisted method for cervical vertebrae segmentation from x-ray images. *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 2, no. 11, 2013, pp. 4387–4389.
- [9] V. Agarwal. Analysis of Histogram Equalization in image preprocessing. *BIOINFO Human- Comput. Interact.*, vol. 1, no. 1, 2011, pp. 4–7.
- [10] M. Vidaurrazaga, et al. Contrast Enhancement with Wavelet Transform in Radiological Images” in the proceedings of EMBS International Conference, Chicago, Illinois, July 23-28, 2000, pp. 1760-1763
- [11] A. D. Abid, et al. Hybrid Contrast Enhancement For X-ray Images -Wahieb Univ. of AL-Mustansiriya, College of Science, Physics Dept, 2009.
- [12] I. A. M. Ikhsan et al. An analysis of X-ray image enhancement methods for vertebral bone segmentation. in IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing and its Application (CSPA), 2014, 208-211
- [13] C. Yuchou, et al. CBIR of spine x-ray images on intervertebral disc space and shape profiles. in ComputerBased Medical Systems, 2008. CBMS '08. 21st IEEE International Symposium on, 2008, pp. 224–229.
- [14] Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans Syst Man Cybern C Appl Rev* 1979;9:62–66.
- [15] Udupa JK, et al. A Framework for Evaluating Image Segmentation Algorithms. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2006; 30(2):75- 87