

UTILIZANDO BOX-COUNTING PARA CALCULAR A DIMENSÃO FRACTAL DE NÓDULOS MAMÁRIOS

E. S. G. Junior*, F. B. S. Oliveira e * P. E. Ambrósio*

*Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, Ilhéus, Brasil

e-mail: esgjuni@uesc.br

Resumo: O câncer de mama é a doença que mais provoca mortes em mulheres. Uma das formas de diminuir esse índice é a detecção da doença em seu estágio inicial. Quanto mais rápido for diagnosticado o carcinoma, maiores serão as chances de cura sem graves consequências. A mamografia é considerada a forma mais eficiente de diagnosticar o nódulo na mama. Porém, devido a alguns fatores, nem sempre é possível tirar conclusões precisas através do exame. No intuito de minimizar equívocos na análise e auxiliar os especialistas, cada vez mais são utilizadas técnicas computacionais que contribuem para a melhora do diagnóstico. A semelhança entre Fractais e os nódulos sugere que o cálculo da dimensão fractal pode ser utilizado como uma forma de classificação de nódulos. Através dos resultados obtidos nesse trabalho, concluímos que a análise fractal do contorno de massa das imagens selecionadas, combinada com outros métodos, pode vir a ser uma forma eficiente de interpretação de mamografias.

Palavras-chave: Fractal, dimensão fractal, câncer de mama, processamento de imagem.

Abstract: Breast cancer is the illness that more provokes deaths in women. One of the forms to diminish this index is the detection of the disease in its initial period, since the chances of cure are greater if the disease is detected earlier. Currently, mammography have been one of the most versatile methods for the early detection of breast cancer. However, due to neither different factors, nor always it is possible to take off accurate conclusions through the examination. In intention to minimize mistakes in the analysis and to assist the specialists, each time more have been used computational techniques that contribute for the improvement to diagnosis. The similarity between Fractals and the nodules suggest that the fractal analysis can be used for the detection and classification of masses. Through the results gotten in this work, we conclude that the fractal analysis of the contour of mass of the selected images have been an efficient form of mammograms classification.

Keywords: Fractal, fractal dimension, breast cancer, image processing.

Introdução

Avanços computacionais têm contribuído cada vez mais para o melhor entendimento em diversas áreas do

conhecimento. Na saúde, por exemplo, esses avanços vêm permitindo que decisões sejam tomadas de forma cada vez mais rápida e com menor índice de erros, o que em muitos casos pode ser imprescindível, por se tratar da vida de pessoas. O setor de saúde tem sido constantemente alvo de preocupação e de investimentos por parte de vários órgãos nacionais e internacionais. O principal objetivo desses investimentos é, além de prevenir doenças, tornar cada vez mais rápido e confiável o diagnóstico médico e permitir a detecção precoce das mais diversas enfermidades, principalmente as que têm melhores chances de cura quando diagnosticadas em seu estágio inicial, como o câncer.

O câncer é uma das doenças que mais provocam morte em todo o planeta. Apesar dos avanços medicinais, tanto no tratamento como no diagnóstico, a quantidade de casos da doença tem crescido a cada ano [1]. Entre os tipos de carcinoma mais letais destacam-se os de pulmão, estômago, fígado, cólon e mama [1], sendo o último o principal responsável pela morte de mulheres. Uma forma de diminuir os elevados casos de mortes em decorrência do câncer mamário é, segundo [2,3], a detecção da doença em seus estágios iniciais. Quanto mais cedo for diagnosticado o carcinoma, maiores serão as chances de cura, e menores os riscos de mutilações e outras complicações provocadas pela doença. Portanto, existe grande comoção em debater medidas que possibilitem o diagnóstico precoce [4], como a aplicação de técnicas computacionais no diagnóstico auxiliado por computador (CAD).

A mamografia é considerada o método mais eficiente para detectar o câncer de mama [5] e é responsável por significativa redução nos casos de morte. Especialistas realizam análises nas imagens obtidas através desse exame, buscando identificar e classificar tumores. Os tumores benignos têm geralmente bordas suaves e arredondadas, bem definidas e de baixa densidade, enquanto os tumores malignos apresentam frequentemente bordas mal definidas e contornos irregulares, quase sempre com presença de espículas, exibindo forma semelhante às formas encontradas em fractais [6].

Fractais são formas que possuem dimensão fracionada, não obedecendo à geometria Euclidiana tradicional, onde os objetos possuem dimensões inteiras [7,8]. O termo é derivado do latim *fractus*, e foi utilizado pela primeira vez pelo matemático francês Benoit Mandelbrot, por volta dos anos 70. Dentre as maneiras de calcular a dimensão fractal, podemos

destacar a técnica de *box-counting*. O objetivo deste trabalho é aplicar o método *box-counting* em um conjunto de mamografias pré-selecionadas, buscando diferenciar, através da dimensão fractal, os tumores malignos dos tumores benignos.

Materiais e métodos

A técnica de *box-counting* [9] (contagem de caixa), consiste em criar uma grade de malha de tamanho U sobre a figura fractal, fazendo a contagem do número N de caixas que cobrem a figura. A cada etapa a malha é refinada, diminuindo o tamanho das caixas U e aumentando a quantidade N de caixas que cobrem a figura. A dimensão fractal é calculada estabelecendo uma relação entre o número de caixas necessárias para cobrir a imagem à medida que a malha é refinada [8,10]. Com base nessa contagem de N e U a cada etapa, podemos criar uma relação entre $\log(N(U)) \times \log(1/U)$ e definir a dimensão de *box-counting* através da seguinte fórmula:

$$FD = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\log(N_{n+1}(U)) - \log(N_n(U)))}{\log(\frac{1}{U_{n+1}}) - \log(\frac{1}{U_n})} \quad (1)$$

Onde FD é a dimensão fractal a ser calculada; $N_{n+1}(U)$ e $N_n(U)$ são as quantidades de caixas da malha que cobre a imagem em dois instantes diferentes; $1/U_{n+1}$ e $1/U_n$ são a relação entre o tamanho inicial total da malha e o tamanho das caixas em dois instantes distintos.

O método de *box-counting* utilizado neste trabalho, para realização dos cálculos de dimensão fractal, foi implementado pelos autores deste trabalho, utilizando-se da ferramenta computacional MATLAB R2012b, versão 8.0.0.783.

As imagens de mamografias utilizadas neste trabalho fazem parte do banco de dados aberto mini-MIAS de mamogramas, obtidas através de [11]. Essas imagens estão no formato PGM, em escala de cinza, contendo imagens de 8bits de contraste e com tamanho de 1024 x 1024 pixels. Cada imagem do banco de dados possui uma coordenada (x, y), indicando o centro do tumor, e um raio, indicando o seu tamanho para facilitar a identificação da área de interesse, zona onde o nódulo se encontra.

Ao todo foram utilizadas 32 mamografias, divididas, conforme o seu diagnóstico, em dois grupos: mamografias com anomalias benignas, contendo 16 imagens, e mamografias com anomalias malignas, contendo 16 imagens. As imagens que não apresentavam boa visualização precisaram passar por um processo de equalização, com balanceamento dos tons de cinza e ajuste de contraste, facilitando a identificação das regiões de interesse.

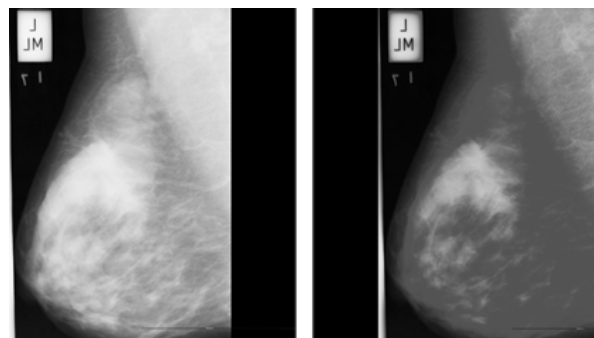


Figura 1: Mamografia original (MIAS) e mamografia equalizada.

Após o processo de equalização, a região de interesse será identificada levando em consideração os parâmetros fornecidos por [11]. Em seguida, a imagem equalizada será segmentada, utilizando-se de um *thresholding* variável, encontrado manualmente para cada imagem utilizada neste trabalho, devido às suas diferentes características de contraste.

O limiar para a segmentação foi encontrado levando em consideração a região de interesse definida nos parâmetros da mamografia. Como as imagens já haviam sido analisadas previamente por um especialista, a região de interesse de cada imagem estava bem determinada, portanto o nódulo identificável. Com base nesses parâmetros o limiar foi selecionado manualmente de forma que a região do nódulo não ultrapassasse a área da região de interesse conhecida.

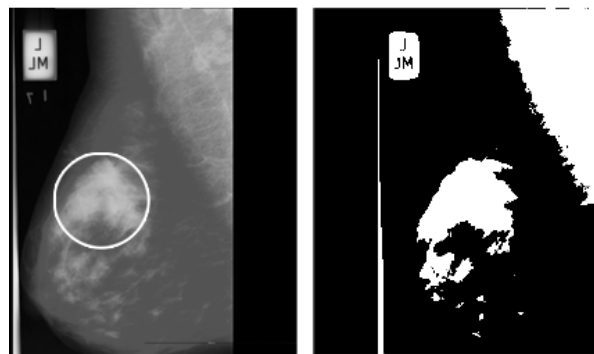


Figura 2: Identificação da área onde se encontra o tumor e segmentação da imagem

Como pode ser visto na Figura 2, a segmentação da imagem, além de identificar o tumor, também destacou regiões que não fazem parte da área que interessa, como a identificação da paciente e o músculo peitoral. Para a realização do cálculo da dimensão fractal essas áreas foram descartadas manualmente, de acordo com as coordenadas fornecidas na base de dados para a imagem escolhida, restando apenas a região em que a lesão está presente.

Neste estudo foi utilizada a técnica de *box-counting* para a quantificação dos nódulos. Foram analisadas apenas as bordas e contornos da região de interesse na

imagem binária, sem preocupação com a textura ou densidade da massa.

Segundo a literatura [4,6] existem casos em que tumores benignos podem ser confundidos com tumores malignos, devido a sua estrutura e as fibras presentes na mama. O contrário também pode ocorrer, dependendo da densidade do seio da paciente. Para esse estudo foram selecionadas mamografias com diagnóstico conhecido previamente, sem margem para ambiguidade.

Resultados

A Tabela 1 contém a dimensão fractal do contorno dos nódulos observados nas mamografias selecionadas.

Tabela 1: Identificador da Imagem (ID) e Dimensão Fractal (DF) de Nódulos Benignos e Malignos

Nódulos Benignos		Nódulos Malignos	
ID	DF	ID	DF
mdb002	1.27413	mdb148	1.71505
mdb005	1.51553	mdb178	1.98069
mdb010	1.39715	mdb186	1.95125
mdb012	1.49815	mdb202	1.97205
mdb015	1.62464	mdb209	1.96023
mdb019	1.55709	mdb213	1.97675
mdb021	1.56164	mdb231	1.98501
mdb025	1.69565	mdb241	1.97501
mdb059	1.51145	mdb249	1.98117
mdb069	1.86831	mdb256	1.96425
mdb080	1.664	mdb264	1.91694
mdb083	1.30403	mdb265	1.92731
mdb097	1.27792	mdb267	1.95731
mdb132_1	1.63365	mdb270	1.99247
mdb132_2	1.95112	mdb271	1.94784
mdb142	1.65967	mdb274	1.95365

Discussão

Podemos verificar que geralmente nódulos benignos possuem menor dimensão fractal do que nódulos malignos, como é ratificado na Tabela 1, para as imagens escolhidas, o que corresponde com o observado na literatura [12].

Observando a Tabela 1 é possível notar que a maioria (87,5%) das mamografias diagnosticadas como nódulos benignos têm valores de dimensão inferior a 1.69. Por outro lado, a maioria dos nódulos malignos (93,75%) foram quantificados com valor acima de 1.92.

Através desse estudo, obtivemos dois casos de falso positivo (mdb069 e mdb132_2), e um caso de falso negativo (mdb148).

Por meio da literatura, é sabido que classificações equivocadas são bastante comuns, principalmente quando é levado em consideração apenas o contorno do nódulo para o cálculo da sua dimensão, como é o caso desse estudo. Além disso, foi observado que em outros estudos, como em [13] os valores são geralmente mais baixos do que os que são apresentados na Tabela 1. Esse

fator indica que possivelmente, tanto a limiarização, como o algoritmo de *box-counting* implementados neste estudo necessitam ainda de ajustes.

Conclusão

O câncer de mama é uma doença letal e em muitos casos difícil de ser diagnosticada. Dada a importância de ser identificada em estágio inicial é imprescindível a utilização de métodos que permitam maior confiabilidade na interpretação dos exames mamários. O objetivo desse trabalho foi utilizar a análise fractal para quantificar, e consequentemente fornecer um parâmetro a mais para auxílio na identificação de nódulos malignos e benignos, baseando-se apenas na borda dos nódulos.

Este trabalho é uma pequena contribuição para a análise de mamografias, e sua classificação por meio do cálculo de dimensão fractal fornece um dado a mais para apoiar a interpretação do especialista acerca do estado clínico da mama.

Através desse estudo, foi possível verificar que, para o conjunto de imagens escolhido, foi possível quantificar os nódulos, tanto malignos, como benignos. Porém melhorias precisam ser feitas, no sentido de tornar a aplicação do método deste estudo o mais automática possível, principalmente no processo de segmentação da imagem e na determinação da região de interesse.

O método de *box-counting* utilizado nesse estudo, se mostrou uma possível alternativa para auxiliar na interpretação de mamografia, porém ainda é necessária a experimentação de outros métodos de cálculo para que possamos obter parâmetros que nos permitam comparar qual a melhor forma para auxiliar o diagnóstico. Além disso, a utilização de uma base de dados mais completa de imagens, com 12bits ou mais de contraste e alta resolução espacial, como em [14] e [15], já integram o conjunto de metas a serem realizadas em trabalhos futuros.

Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio da CAPES e da UESC.

Referências

- [1] WHO – Câncer. [cited 2013 Nov 30]; <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/index.html>.
- [2] WHO –Are the number of cancer cases increasing or decreasing in the world?. 2008. [cited 2013 Aug 20]; <http://www.who.int/features/qa/15/en/index.html>.
- [3] INCA – Instituto Nacional do Câncer. Ministério da Saúde. O que é o câncer? [cited 2013 Oct 29]; http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322.
- [4] Sclowitz ML, Menezes AMB, Gigante DP, Tessaro S. Condutas na prevenção secundária do câncer de

- mama e fatores associados. *Revista Saúde Pública* 2005; 39(3):340-9.
- [5] FDA - Safety Communication: Breast Cancer Screening - Thermography is Not an Alternative to Mammography. U S Food and Drug Administration. [cited 2013 Jul 10]; <http://www.fda.gov/MedicalDevices/Safety/AlertsandNotices/ucm257259.htm>
- [6] Raguso G, Ancona A, Chieppa L, L'abbate S, Pepe ML, Mangieri F, De Palo M, Rangayyan RM. Application of Fractal Analysis to Mammography. 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS. Aug 31 - Sep 4; Buenos Aires, Argentina. 2010.
- [7] Napolitano A, Ungania S, Cannata V. Fractal Dimension Estimation Methods for Biomedical Images. *MATLAB - A fundamental Tool for Scientific Computing and Engineering Applications*, vol.3; 2012.
- [8] Silva MM, Souza WA. Dimensão Fractal. *REMat - Revista Eletrônica de Matemática*, nº2. 2010.
- [9] Voss RF. Random fractals: Characterisation and measurement, in *Scaling Phenomena in Disordered Systems*, edited by R. Pynn and A. Skjeltorp. Plenum Press, New York. 1985.
- [10] Addison PS. *Fractals and Chaos*, CRC Press, 256p; 2002.
- [11] Suckling J, et al. MIAS - The Mammographic Image Analysis Society Digital Mammogram Database. *Exerpta Medica. International Congress Series* 1069 pp375-378 [internet]. 1994. [cited 2014 Jun 12]; <http://peipa.essex.ac.uk/info/mias.html>.
- [12] Crisan DA, Dobrescu R, Planinsic P. Mammographic Lesions Discrimination Based on Fractal Dimension as an Indicator. *Systems, Signals and Image Processing*. 2007. pp 74-77.
- [13] Dobrescu R, Ichim L, Crisan D. Diagnosis of breast cancer from mammograms by using fractal measures. *International Journal of Medicine Imaging*. 2013. 1(2): 32-38. [cited 2013 Oct 30]; <http://www.sicencepublishinggroup.com/j/ijmi>.
- [14] HEATH M, et al. The digital database for screening mammography. [cited 2014 Aug 29]; http://nd.edu/~kwb/HeathEtAlIWDM_2000.pdf
- [15] MATHEUS BRN, SCHIABEL H. Online Mammographic Images Database for Development and Comparison of CAD Schemes. *Journal of Digital Imaging*, v. 24, n.3. p. 500-506. 2011.