

Utilização de lacunaridade para detecção de padrões de imagens de retinas humanas

Leandro Ricardo Rodrigues de Lucena¹

Tatijana Stosic¹

1 Introdução

O conceito de lacunaridade foi introduzido por Mandelbrot em 1982 (MANDELBROT, 1982), como uma medida que avalia a distribuição de tamanhos de lacunas de um objeto fractal. Objetos fractais que apresentam grandes valores de lacunaridade são objetos heterogêneos, enquanto que objetos com lacunaridades menores são homogêneos (maior uniformidade de sua distribuição) (GEFEN, et al. 1983).

Vários métodos para o cálculo da lacunaridade foram desenvolvidos com o avanço computacional, entre eles destaca-se o algoritmo de deslizamento de caixa “gliding box” de Allain e Cloitre (ALLAIN & CLOITRE, 1991).

Este método é amplamente utilizado nos estudos de medicina. YASAR & AKQUNLU (2005) utilizaram a lacunaridade para avaliar padrões em radiografias dentárias, já DOUGHERTY & HENEBRY (2001) detectaram padrões em imagens de tomografias computadorizadas de imagens de ossos trabeculares via análise de lacunaridade.

Diante da importância de se avaliar padrões em imagens medica, este trabalho objetiva o uso da análise de lacunaridade bidimensional como medida para comparação de imagens de retinas humanas saudáveis e doentes.

2 Material e métodos

2.1 Dados

A amostra é composta de 20 imagens de tamanho 256X256 pixel, sendo 10 imagens de retinas saudáveis e 10 imagens de retinas doentes disponibilizada pelo departamento de retina da Fundação Altino Ventura-FAV, Recife-PE, como ilustra a figura 1. Todas as imagens foram convertidas para escala de cinza através do software Image J versão 1.47, gerando assim uma matriz quadrada de dimensão 256, onde os elementos da matriz são os valores do pixel correspondente a cada célula.

¹ DEINFO – UFRPE/PE. e-mail: leandroricardo_est@yahoo.com.br

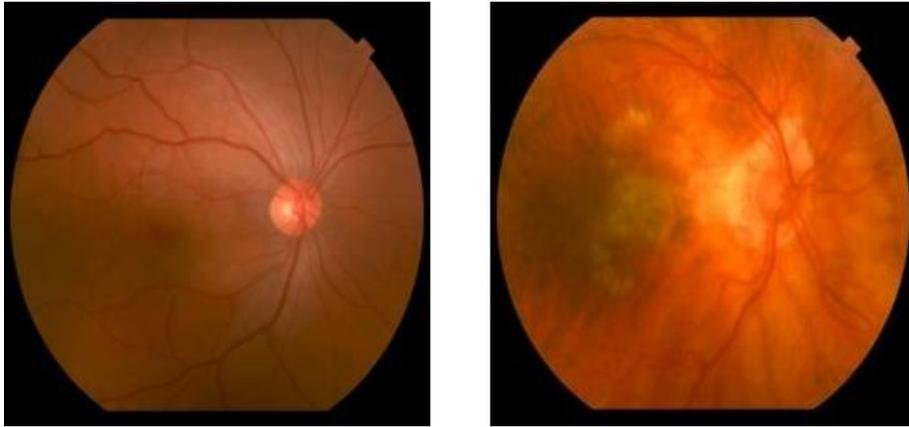


Figura 1. Imagens de retinas saudável (lado direito) e doente (lado esquerdo).

2.2 Análise de Lacunaridade 2D

Procedimentos para o calculo da lacunaridade 2D (ALLAIN & CLOITRE, 1991):

- i) Uma caixa de tamanho $r \times r$ é colocada na origem de uma matriz de informação $N \times N$ e o número s de sítios ocupados diferentes acima de um limiar é contado (para este estudo serão utilizados como limiares os tons de cinza de 50 e 100 pixels).
- ii) A caixa é movida ao longo de todo o conjunto de observações e sua massa é calculada.
- iii) Este processo é repetido para todo o conjunto de observações, obtendo a distribuição de frequência da massa da caixa $n(s,r)$, e correspondentemente a distribuição de probabilidade $P(s,r) = n(s,r)/N(r)$, onde $N(r) = (N - r + 1)^2$ é o número total de caixas de tamanho $r \times r$ e N é a dimensão da matriz.
- iv) A lacunaridade para o tamanho de caixa $r \times r$ é definida por:

$$L(r) = M_2 / [M_1]^2 \quad (2.1)$$

onde, $M_1 = \sum_{s=0}^{r^2} sP(s,r)$ e $M_2 = \sum_{s=0}^{r^2} s^2P(s,r)$ são o primeiro e o segundo momento da distribuição de $P(s,r)$, respectivamente.

- v) A lacunaridade segue uma lei de potência

$$L(r) = \alpha r^\beta \quad (2.2)$$

O expoente β pode ser estimado como coeficiente angular da reta $\log L(r)$ versus $\log r$.

Para verificar padrões de lacunaridade entre as imagens de retinas saudáveis e nos casos patológicos foi utilizada a análise de agrupamento pelo método de Ward (JOHNSON, 1992).

3 Resultados e discussões

Os resultados da análise de lacunaridade das imagens da retina são mostrados nas Figuras 2 e 3. Encontramos que para todos os tamanhos de caixa, em relação ao limiar de 50 e 100 pixels, os valores de lacunaridade das imagens de retinas saudáveis foram maiores do que os casos patológicos, ou seja, a distribuição dos pixels das imagens de retinas patológicas é mais homogênea do que as imagens de retinas saudáveis.

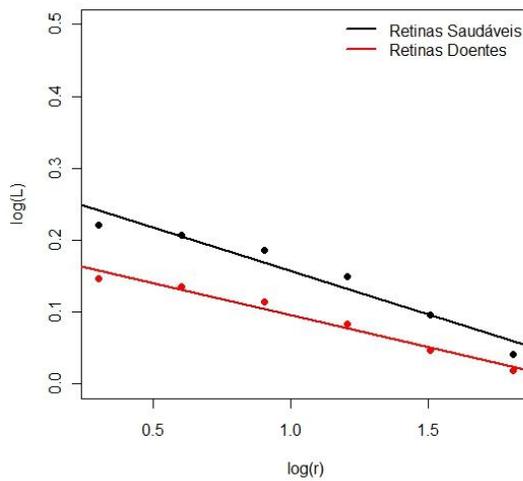


Figura 2. Lacunaridade empírica $L(r)$ em função do tamanho de caixa das imagens de retinas saudáveis e doentes em relação ao limiar de 50 pixels.

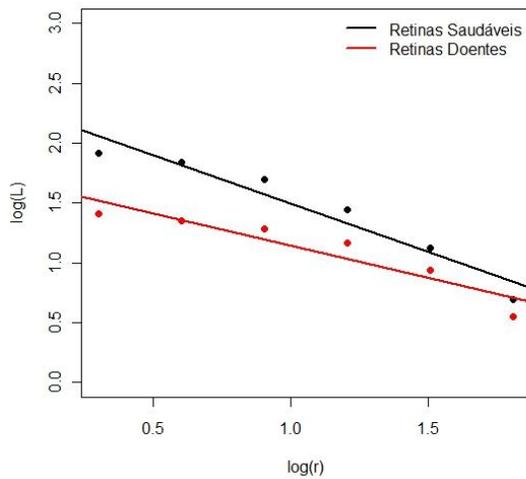


Figura 3. Lacunaridade empírica $L(r)$ em função do tamanho de caixa das imagens de retinas saudáveis e doentes em relação ao limiar de 100 pixels.

Na análise de agrupamento utilizando o método de Ward ao nível de 50 pixels verifica-se a formação de dois grupos de imagens, um grupo formado pelas imagens de 1 a 8, e outro pelas imagens de 9 a 20, Figura 4. As imagens de retinas ao limiar de 100 pixels também é possível observar a formação de dois grupos de imagens, o primeiro grupo composto pelas imagens (1,2,3,7,8,9,15), enquanto que o segundo grupo é composto das demais imagens, Figura 5. A taxa de acerto quando no agrupamento para as imagens ao nível de 50 pixels foi de 90%, enquanto que ao limiar de 100 pixels a taxa foi de 75%.

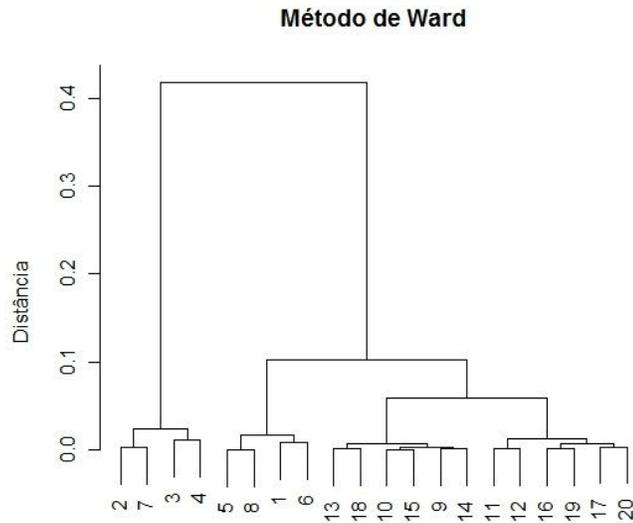


Figura 4. Agrupamento de Ward utilizando o expoente β de lacunaridade para um nível de 50 pixels (1-10 imagens de retinas saudáveis; 11 -20 retinas doentes).

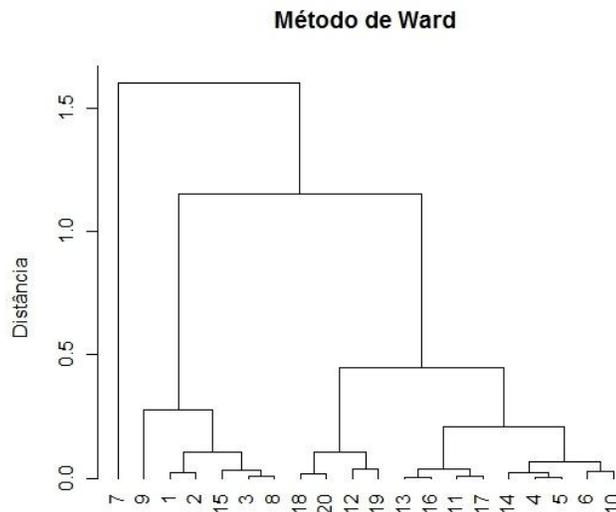


Figura 5. Agrupamento de Ward utilizando o expoente β de lacunaridade para um nível de 100 pixels (1-10 imagens de retinas saudáveis; 11 -20 retinas doentes).

4 Conclusão

As imagens de retinas doentes apresentaram valores de lacunaridades menores que as imagens de retinas saudáveis para os dois limiares em estudo. Observou-se que o expoente β de lacunaridade foi menor para as retinas doentes.

Através da análise de agrupamento observou-se a formação de dois grupos de imagens onde a taxa de acerto foi de 90% para o limiar de 50 pixels e 75% para o limiar de 100 pixels.

Estes resultados mostram o potencial de aplicação de análise de lacunaridade para diferenciar entre os estados saudáveis e patológicos da retina humana.

5 Bibliografia

ALLAIN, C.; CLOITRE, M. Characterizing the lacunarity of random and deterministic fractal sets. **Physical Review A**, v.44, p.3552-3558, 1991.

DOUGHERTY, G.; HENEBRY, G. M. Fractal signature and lacunarity in the measurement of the texture of trabecular bone in clinical CT images. **Medical Engineering & Physics**, v.23, p.369-380, 2001.

GEFEN, Y.; MEIR, Y.; AHARONY, A. Geometric implementation of hypercubic lattice with non-integer dimensionality by use of low lacunarity fractal lattices. **Physical Review Letters**, v.50, p.145-188, 1983.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, (1992).

MANDELBROT, B. B. **The Fractal Geometry of Nature**. W. H. Freeman, New York, 1982.

YASAR, F.; AKQUNLU, F. Fractal dimension and lacunarity of dental radiographs. **Dentomaxillofacial Radiology**, v.34, p.261-267, 2005.