

Utilização da lacunaridade na caracterização do vento em Serra Talhada-PE

Leandro R.R. Lucena¹

Depto. de Zootecnia, UAST – UFRPE, 78.060-900, Serra Talhada/PE.

Resumo. Neste trabalho caracterizamos a direção do vento na cidade de Serra Talhada-PE e aplicamos o conceito de lacunaridade nas séries temporais horárias de direção do vento na estação climatológica de Serra Talhada situada no Sertão do Pajeú, Pernambuco no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2011. Verificou-se que a direção mais predominante do vento é a sul 44,8% dos registros, enquanto que a direção menos predominante foi a oeste 2,5% dos registros. Os menores valores de lacunaridade foram atribuídos as direções com maior frequência de vento (N, SE e S), enquanto que os maiores valores foram representados pelas direções menos predominantes (SW, W e NW). O expoente beta de lacunaridade foi menor nas direções N, SE e S indicando um comportamento mais uniforme do vento nestas direções, enquanto que os maiores valores são representados pelas direções SW, W e NW indicando uma maior heterogeneidade no comportamento do vento. Estes resultados possibilitam obter informações sobre a dinâmica do vento no município de Serra Talhada e podem ser úteis no desenvolvimento e avaliação de projetos com uso de energias renováveis e assim e assim contribuir ao melhoramento da qualidade de vida da população e desenvolvimento sustentável da região.

Palavras-chave: *Lacunaridade; Direção do Vento; Sertão do Pajeú; Pernambuco.*

1. Introdução

Os ventos são formados pelos gradientes de pressão atmosférica gerando assim deslocamento massas de ar em relação à superfície terrestre, sofrendo influências também de movimento e rotação terrestre (Munhoz e Garcia, 2008;

¹leandroricardo_est@yahoo.com.br

Bueno et al., 2011). O vento é de vital importância para dinâmica do planeta, facilitando trocas de calor, de dióxido de carbono e do vapor d'água entre a atmosfera e a vegetação, sendo fundamental na agricultura por sua influência em estudos de controle à propagação de doenças, polinização de flores e práticas com quebra-vento, outro aspecto positivo é a geração de fonte de energia (Santana et al., 2008; Munhoz e Garcia, 2008; Pimenta et al., 2008).

A caracterização do regime do vento de uma região consiste no estudo da circulação atmosférica na meso e microescala uma vez que as variáveis que influenciam a circulação atmosférica se comportam de forma distinta de um local para outro, originando um regime de vento característico para cada região. A direção do vento é uma variável bastante sensível à variação no tempo e espaço, isso ocorre em função da situação geográfica, da rugosidade da superfície, do relevo, da vegetação e do clima da época do ano (Munhoz e Garcia, 2008).

Estudos sobre direção predominante do vento contribuem para inúmeras atividades tais como: instalação de quebra-ventos; instalação de indústrias; conforto térmico e aproveitamento eólico (Galvani et al., 1999). No Brasil existe um imenso potencial ainda não explorado do vento tais como: bombeamento d'água, carregamento de baterias, telecomunicações e eletrificação rural (Silva et al., 2004).

A predominância dos ventos na cidade Ituverava-SP é na direção sudeste (SE), com exceção no período de dezembro a fevereiro onde o vento sopra na região noroeste (NW) (Munhoz e Garcia, 2008). Na cidade de Maringá a direção predominante do vento é nordeste (NE) no período noturno, sudeste (SW) no período de janeiro a maio e de outubro a dezembro e ventos na direção leste (E) nos meses de julho a setembro (Galvani et al., 1999).

Silva et al. (1997) concluiu em seu estudo que a direção do vento em Pelotas-RS é leste (E) para o período compreendendo a primavera e o verão, no outono é sudeste (SE) e no inverno a direção predominante é nordeste (NE). Leite e Filho (2006) verificaram que na cidade de Ponta Grossa-PR a predominância do vento é na direção nordeste (NE).

Em Lapa-PR a direção predominante do vento ao longo do ano foi leste (E) e nordeste (NE) (Beruski et al., 2009). Bueno et al. (2011) em estudo realizado na região de Lavras, Minas Gerais observou que a direção predominante do vento a leste (E) seguida de oeste (W) nos meses de fevereiro a novembro, já nos meses de janeiro e dezembro a direção predominante se inverte oeste (W) seguida de leste (E).

Santana et al. (2008) em estudo realizado em Cuiabá, MT observou que a direção predominante do vento na primavera e no verão encontra-se no norte - nordeste (N e NE), já no outono e inverno há predominância na direção sul - sudoeste (S-SO). Alves e Silva (2011) observaram que as direções predominantes do vento no norte do Mato Grosso são sudeste (SE), sul (S) e sudoeste (SO).

Costa e Lyra (2012) verificaram três padrões do vento no estado de Alagoas, no litoral e agreste direção leste (E) e no sertão direção sudeste (SE). Silva et al. (2002) Silva et al. (2004) em seu estudo de potencial eólico em 77 localidades do Nordeste brasileiro verificou que o vento predomina na direção leste (E).

2. Objetivos

- Diante da importância da caracterização da direção do vento de uma região este estudo tem por objetivo determinar a predominância da direção do vento na cidade de Serra Talhada, Pernambuco.

3. Metodologia

3.1 Área de Estudo

A área de estudo referente ao município de Serra Talhada está situada nas coordenadas geográficas em latitude 07°59'31" sul e longitude 38°17'54" oeste e uma altitude de 429 metros (Fernandes et al., 2009). Serra Talhada apresenta uma população superior a 80 mil habitantes e uma extensão territorial de 2959 km^2 (Feitosa et al., 2010), faz fronteiras ao norte com estado da Paraíba, sul com o município de Floresta, leste com o município de Santa Cruz da Baixa Verde, Calumbi e Betânia e oeste com os municípios de São José do Belmonte, Mirandiba e Carnaubeira da Penha, Figura 1.

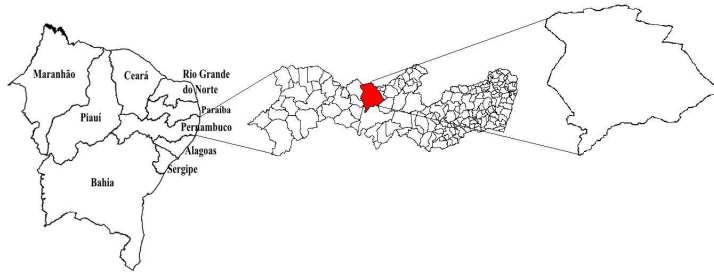


Figura 1: Distribuição espacial do município de Serra Talhada

Serra Talhada apresenta clima segundo classificação de Köppen do tipo Bsw'h', muito quente e semiárido, a temperatura média anual de 27°C e precipitação pluviométrica média de 876 mm por ano (Fernandes et al., 2009).

3.2 Dados

Foram utilizados registros horários de direção do vento observado entre janeiro de 2008 a fevereiro de 2011 na estação climatológica de Serra Talhada-PE disponibilizada no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os registros de direção do vento foram medidos através de anemógrafos universais Fuess instalados a 10 metros acima da superfície do solo. Os valores de direção do vento foram registrados por meio de anemogramas de hora em hora de acordo com os seguintes períodos 0 à 1h, 1 às 2h e assim sucessivamente até às 24 horas.

As direções predominantes do vento foram caracterizadas por meio de uma análise de frequência das observações diárias, utilizando a expressão dada pela equação (3.1).

$$f(x) = \frac{n}{N} * 100 \quad (3.1)$$

onde, $f(x)$ é a frequência de ocorrência do vento em uma determinada direção, n é o número de ocorrências de vento numa determinada direção e N é o número total de observações.

3.3 Lacunaridade

O conceito de lacunaridade foi introduzido por Mandelbrot (1982) para analisar a distribuição do tamanho de lacunas dentro de um sistema físico, A

análise lacunaridade foi originalmente desenvolvida para detecção de padrões de texturas de objetos fractais, mas pode ser generalizado para qualquer padrão espacial, incluindo aqueles com propriedades fractais e multifractais e pode ser usado tanto com os dados quantitativos quanto para dados binários e também em dimensões 1D, 2D e 3D (Plotnick et al., 1996).

Vários métodos para o cálculo da lacunaridade foram desenvolvidos com o avanço computacional (Voss, 1986; Dong, 2000; Gefen et al., 1983; Allain e Cloitre, 1991; Lin e Yang, 1986), entre eles destaca-se o algoritmo de deslizamento de caixa "gliding box" de Allain e Cloitre (Allain e Cloitre, 1991).

Este método é amplamente utilizado nos estudos de medicina, em análise de padrões de retina humana (Cheng e Huang, 2003) (Lucena e Stosic, 2014), radiografias dentárias (Yasar e Akqunlu, 2005) e imagens de tomografias computadorizadas de ossos trabeculares (Dougherty e Henebry, 2001). Na ecologia destacam-se os trabalhos de Plotnick et al. (1993) e Malhi e Cuesta (2008), na geologia pode-se destacar o estudo de Roy et al. (2010). Na área de tecnologia de alimentos (Camilo et al., 2010), no planejamento urbano (Myint e Lam, 2005).

Na climatologia podemos destacar os trabalhos Martinez et al. (2007) que caracterizou o regime pluviométrico diário da península Ibérica no período de 1950 a 1990. Lana et al. (2010) caracterizou o comportamento complexo do regime pluviométrico da Europa no período de 1950 a 2000. Estudos recentes de climatologia no Brasil vêm sendo desenvolvidos com a análise de lacunaridade onde a mesma foi aplicada para estudar o comportamento da precipitação no estado de Sergipe (Lucena et al., 2015), no estado de São Paulo (Lucena e Campos, 2014) e no Sertão de Pernambuco (Lucena, 2015), na vazão da bacia do rio Piracicaba (Lucena et al., 2014) e na temperatura do nordeste brasileiro (Lucena e Stosic, 2013).

Para caracterizar a direção do vento, a lacunaridade é uma medida da distribuição dos segmentos, definido como a sequência de horas consecutivas que o vento se encontra em uma determinada direção, e as lacunas definido como sequência de horas consecutivas que o vento não se encontra numa determinada direção. Foi utilizada a análise de lacunaridade em oito diferentes direções do vento (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). Valores grandes de lacunaridade implicam em pouca frequência do vento numa determinada direção sugerindo uma distribuição heterogenia, enquanto que pequenos valores implicam em grandes frequências do vento numa direção o que sugere uma distribuição

mais uniforme. A seguir, estão os passos para o cálculo da lacunaridade.

- Uma caixa de tamanho r é colocada na origem do banco de dados e o número s de sítios ocupados (registros do vento em uma determinada direção) é contado.
- A caixa é movida ao longo de todo o conjunto de observações, e sua massa (número dos sítios ocupados) é calculada.
- A distribuição de probabilidade de massa da caixa é dada pela equação (3.2):

$$P(s, r) = \frac{n(s, r)}{N(r)} \quad (3.2)$$

onde, $n(s, r)$ é o número de caixas de tamanho r com massa s e $N(r) = N - r + 1$ é o número total de caixas de tamanho r (N é o total de observações).

- A lacunaridade para o tamanho de caixa r é definida pela equação (3.3).

$$L(r) = \frac{M_2}{M_1^2} \quad (3.3)$$

onde,

$$M_1 = \sum_{s=1}^r s * P(s, r) \quad e \quad M_2 = \sum_{s=1}^r s^2 P(s, r)$$

são o primeiro e segundo momento da distribuição $P(s, r)$, respectivamente.

- A lacunaridade pode ser estimada segundo uma lei de potência (Martinez et al., 2007), conforme a equação (3.4).

$$L(r) = \alpha r^\beta \quad (3.4)$$

4. Resultados

Observa-se que no município de Serra Talhada o vento predomina nas direções sul (S) 44,8% dos registros, sudeste (SE) 15,4% e norte (N) 11,8%, enquanto que nas direções oeste (W) 2,5%, leste (E) 3,1% e noroeste (NW) 4,8% existe pouca presença do vento, Figura 2. Observa-se ainda que a velocidade do vento no município de Serra Talhada é inferior aos 6 m/s.

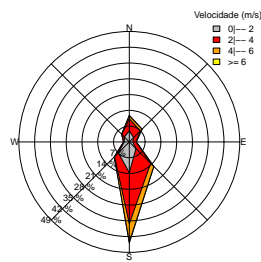


Figura 2: Rosa dos ventos do município de Serra Talhada

Verifica-se que os menores valores de lacunaridade são atribuídos para as direções do vento em que apresentaram as maiores frequências dos registros (S, SE e N) indicando um comportamento mais uniforme dos registros dos ventos na direção avaliada, enquanto que os maiores valores de lacunaridade são representados pelas direções do vento em que registraram as menores predominâncias (W,E e NW) na região indicando um comportamento mais heterogenio dos registros, Figura 3.

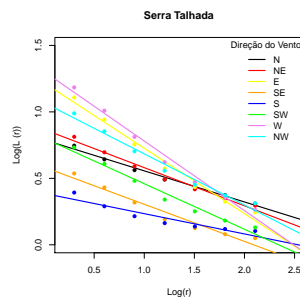


Figura 3: Lacunaridade empírica das direções do vento em relação aos diferentes períodos avaliação.

Observa-se que onde o vento é mais predominante o expoente β apresenta os menores valores (S, SE e N) indicando um comportamento mais uniforme da distribuição do vento, enquanto que os maiores valores do expoente β são referentes as direções onde existe pouca predominância do vento (W,E e NW)

indicando um comportamento heterogenio dos registros de vento, Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição de frequência da direção do vento no município de Serra Talhada.

Direção do Vento	Frequência da Direção do Vento		β
	n	%	
Norte (N)	2448	11,8	-0,23
Nordeste (NE)	1668	8,1	-0,29
Leste (E)	640	3,1	-0,49
Sudeste (SE)	3193	15,4	-0,28
Sul (S)	9288	44,8	-0,15
Sudoeste (SO)	1953	9,5	-0,34
Oeste (O)	524	2,5	-0,52
Noroeste (NO)	1001	4,8	-0,38

5. Conclusões

A direção predominante do vento no município de Serra Talhada é na direção Sul e a menos predominante é a direção Oeste. A análise de lacunaridade mostrou que nas direções onde o vento é mais predominante os valores de lacunaridade e o expoente de lacunaridade são menores indicando um comportamento mais uniforme da distribuição do vento na direção avaliada, enquanto que os maiores valores são provenientes das direções com menos registros do vento inidicando um comportamento mais heterogenio da distribuição do vento.

Estes resultados possibilitam obter informações sobre a dinâmica do vento no município de Serra Talhada e podem ser úteis no desenvolvimento e avaliação de projetos com uso de energias renováveis e assim e assim contribuir ao melhoramento da qualidade de vida da população e desenvolvimento sustentável da região.

Referências

- Allain, C. e Cloitre, M. (1991). Characterizing the lacunarity of random and deterministic fractal sets. *Physical Review A*, 44:3552–3558.

- Alves, E. D. L. e Silva, S. T. (2011). Direção e velocidade do vento em uma floresta de transição amazônia - cerrado no norte de mato grosso, brasil. *Boletim Goiano Geografia*, 31:63–74.
- Beruski, G. C., Leite, M. L., Filho, J. S. V., Adacheski, P. A., e Oliveira, A. V. (2009). Análise probabilística da velocidade média e caracterização da direção predominante do vento no município da lapa/pr. *Revista RA' E GA*, 17:65–75.
- Bueno, R. C., Carvalho, L. G., Vianello, R. L., e Marques, J. J. G. S. M. (2011). Estudo de rajadas de ventos e direções predominantes em lavras, minas gerais, por meio da distribuição gama. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:842–850.
- Camilo, O. V., Reynoso, E. B., Rodrífez, E., e Ramirez, J. A. (2010). Characterization of cane sugar crystallization using image fractal analysis. *Journal of Food Engineering*, 100:77–84.
- Cheng, S. C. e Huang, Y. M. (2003). A novel approach to diagnose diabetes based on the fractal characteristics of retinal images. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 7:163–170.
- Costa, G. B. e Lyra, R. F. F. (2012). Análise dos padrões de vento no estado de alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27:31–38.
- Dong, P. (2000). Lacunarity for spatial heterogeneity measurement in gis. *Geographic Information Sciences*, 6:20–26.
- Dougherty, G. e Henebry, G. M. (2001). Fractal signature and lacunarity in the measurement of the texture of trabecular bone in clinical ct images. *Medical Engineering & Physics*, 23:369–380.
- Feitosa, A., Fehine, J. A. L., Ferreira, C. W. S., e Araújo, M. S. B. (2010). Modelagem dinâmica de escoamento superficial influenciando a susceptibilidade à erosão dos solos num município do semi-árido de pernambuco. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 11:75–82.
- Fernandes, J. G., Freire, M. B. G. S., Cunha, J. C., Galvíncio, J. D., Correia, M. M., e Santos, P. R. (2009). Qualidade físico-química das águas utilizadas no perímetro irrigado cachoeira ii, serra talhada, pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4:27–34.

- Galvani, E., Klosowski, E. S., e Cunha, A. R. (1999). Caracterização da direção predominante do vento em maringá, pr. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 7:81–90.
- Gefen, Y., Meir, Y., Mandelbrot, B. B., e Aharony, A. (1983). Geometric implementation of hypercubic lattices with noninteger dimensionality by use of low lacunarity fractal lattices. *Physical Review Letters*, 50:145–188.
- Lana, X., Martinez, M. D., Serra, C., e Burgueno, A. (2010). Complex behaviour and predictability of the european dry spell regimes. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 17:499–512.
- Leite, M. L. e Filho, J. S. V. (2006). Avaliação da velocidade média e direção do vento em ponta grossa - prl. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 14:157–167.
- Lin, B. e Yang, Z. R. (1986). A suggested lacunarity expression for sierpinski carpets. *Journal Physics A: Mathematical and General*, 19:L49–L52.
- Lucena, L. R. R. (2015). Lacunaridade como índice de avaliação da precipitação diária no sertão do pajeú. *Biomatemática*, 25:1–12.
- Lucena, L. R. R. e Campos, A. C. P. (2014). Análise de lacunaridade da precipitação de bacias hidrográficas do estado de são paulo. *Biomatemática*, 24:1–8.
- Lucena, L. R. R. e Stosic, T. (2013). Temperatura do nordeste brasileiro via análise de lacunaridade. *Sigmae*, 2:76–80.
- Lucena, L. R. R. e Stosic, T. (2014). Utilização de lacunaridade para detecção de padrões de imagens de retinas humanas. *Revista de Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto*, 3:789–793.
- Lucena, L. R. R., Stosic, T., e Filho, M. C. (2014). Análise de lacunaridade de série temporal da vazão dos rios atibaia e jaguari. *Revista Brasileira de Biometria*, 32:609–617.
- Lucena, L. R. R., Stosic, T., e Filho, M. C. (2015). Avaliação da precipitação diária do estado de sergipe utilizando análise de lacunaridade. *Revista Brasileira de Biometria*, 33:268–276.

- Malhi, Y. e Cuesta, R. M. R. (2008). Analysis of lacunarity and scales of spatial in homogeneity of ikonos images of amazonian tropical forest canopies. *Remote Sensing of Environment*, 112:2074–2087.
- Martinez, M. D., Lana, X., no, A. B., e Serra, C. (2007). Lacunarity, predictability and predictive instability of the daily pluviometric regime in the iberian peninsula. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 14:109–121.
- Munhoz, F. C. e Garcia, A. (2008). Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de ituverava-sp. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23:30–34.
- Myint, S. W. e Lam, N. (2005). A study of lacunarity-based texture analysis approaches to improve urban image classification. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29:501–523.
- Pimenta, F., Kempton, W., e Garvine, R. (2008). Combining meteorological stations and satellite data to evaluate ofshore wind power resource of southeastern brazil. *RenewableEnergy*, 33:2375–2387.
- Plotnick, R. E., Gardner, R. H., Hargrove, W. W., Prestergaard, K., e Permuter, M. (1996). Lacunarity analysis: A general technique for the analysis of spatial patterns. *Physical Review E*, 53:5461–5468.
- Plotnick, R. E., Gardner, R. H., e O'Neill, R. V. (1993). Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape Ecology*, 8:201–211.
- Roy, A., Perfect, E., Dunne, W. M., Odling, N., e Kim, J. W. (2010). lacunarity analysis of fracture network: Evidence of scale depended clustering. *Journal of Structural Geology*, 32:1444–1449.
- Santana, F. B., Arruda, P. H. Z., Faria, J. L. B., e Nogueira, J. S. (2008). Estudo preliminar da velocidade e direção dos ventos, em cuiabá, mt, brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 16:175–180.
- Silva, B. B., Alves, J. J. A., Cavalcanti, E. P., e Dantas, R. T. (2002). Potencial eólico na direção predominante do vento no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6:431–439.
- Silva, B. B., Alves, J. J. A., Cavalcanti, E. P., e Ventura, E. D. (2004). Variabilidade espacial e temporal do potencial eólico da direção predominante do vento no nordeste do brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 19:189–202.

- Silva, J. B., Zanusso, J. F., e Silveira, D. L. M. (1997). Potencial eólico na direção predominante do vento no nordeste brasileiro estudo da velocidade e direção dos ventos em pelotas, rs. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 5:227–235.
- Voss, R. (1986). *Random Fractals: characterization and measurement, Scaling Phenomena in Disordered Systems*. Plenum, New York.
- Yasar, F. e Akqunlu, F. (2005). Fractal dimension and lacunarity of dental radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 34:261–267.