

CARACTERIZAÇÃO DA VELOCIDADE E DIREÇÃO PREDOMINANTE DOS VENTOS NO LITORAL DO NORDESTE PARAENSE

SPEED AND PREDOMINANT WINDING DIRECTION CHARACTERIZATION IN THE NORTHEAST PARAENSE

CARACTERIZACIÓN DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN PREDOMINANTE DE LOS VENTOS EN EL LITORAL DEL NORDESTE PARAENSE

Ana Karla dos Santos Pontes¹
Gustavo Francesco de Morais Dias²
Adriano Marlisom Leão de Sousa³

Resumo: Buscando o entendimento do clima da região do litoral do nordeste paraense, o presente trabalho analisou a variabilidade dos padrões de velocidade e direção do vento na cidade de Salinópolis-PA. Notou-se que os valores mais elevados de velocidade do vento ocorreram no ano de 2010 sendo que a velocidade máxima do vento foi de 3,8m/s, obtida no período entre 10:00 e 16:00. Em 2011, os valores obtidos foram mais baixos, com a velocidade do vento máxima de 3 m/s. Em relação à distribuição de frequência da direção do vento foi observado um padrão, com ventos predominantemente na direção Nordeste.

Palavras-chave: Variabilidade meteorológica. Padrões de vento. Velocidade do vento. Direção do vento.

Abstract: Searching for the climate understanding in the northeastern coast region of Pará, the present study analyzed a variability of the wind speed and wind direction patterns in the city of Salinópolis-PA. It was noticed that the higher values of wind speed occurred in 2010, which the maximum speed wind equals 3.8m/s during the period from 10:00am to 4:00pm. The year 2011 the values obtained was lower, which the wind speed reached a maximum of 3m/s. Regarding the frequency distribution of the wind direction, it was observed a pattern with predominantly winds of Northeast direction.

Keywords: Meteorological variability. Wind patterns. Wind speed. Wind direction.

Resumen: En el presente trabajo se analizó la variabilidad de los patrones de velocidad y dirección del viento en la ciudad de Salinópolis-PA. Se observó que los valores más altos de velocidad del viento ocurrieron en el año 2010 siendo que la velocidad máxima del viento fue de 3,8m / s, obtenida en el período entre 10:00 y 16:00. En 2011, los valores obtenidos fueron más bajos, con la velocidad del viento máxima de 3 m / s. En relación a la distribución de frecuencia de la dirección del viento se observó un patrón, con vientos predominantemente en la dirección Nordeste.

Palabras-clave: Variabilidad meteorológica. Estándares de viento. Velocidad del viento. Dirección del viento.

Envio 16/05/2017

Revisão 23/05/2017

Acéite 28/10/20178

¹ Engenheira Ambiental e de Energias Renováveis. Mestranda em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. E-mail: anakarlapontes@hotmail.com.

² Engenheiro Ambiental e de Energias Renováveis. Mestrando em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Pará – UFPA. E-mail: gustavo_dias01@hotmail.com.

³ Dr. Professor de Meteorologia e Climatologia. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. E-mail: marlisoms@yahoo.com.br.

Introdução

O litoral do Nordeste Paraense corresponde a uma área litorânea que até meados do século XX era constituída apenas por povoados pequenos de pescadores artesanais. Porém, com o passar do tempo em reflexo à evolução social, foi modificado o espaço urbano e a forma de ocupação da área (Almeida, 2015). A análise de dados climáticos nessa região se faz necessária com o intuito de nortear futuras ações na região, levando em conta as anomalias que geralmente ocorrem nas variáveis ambientais em regiões litorâneas, as quais são potencializadas com as mudanças climáticas. A área em estudo possui grande importância social, econômica e ambiental, sendo esta vital na manutenção da biodiversidade, clima e condições hidrológicas da região, bem como no estoque terrestre de carbono (Houghton et al., 2000; Laurance et al., 2001).

O vento, dentre muitas definições, pode ser conceituado como sendo o ar em movimento. Este deslocamento do ar atmosférico se deve às diferenças de pressão atmosférica, entre duas regiões distintas (força do gradiente de pressão), influenciadas por efeitos locais, seja por rugosidade da superfície ou pela orografia do local. O que gera estas diferenças bárias é a distribuição diferencial da radiação solar pelo globo e outros fatores, tais como, continentalidade, altitude e latitude, que influenciam diretamente os processos de aquecimento das massas de ar atmosférico. Os ventos se deslocam das altas para as baixas pressões, sofrem influências também da rotação da terra, da força de Coriolis e da força centrífuga ao seu movimento, bem como, da interação com a superfície terrestre representada pelo atrito (Munhoz; Garcia, 2008).

A intensidade e a direção dos ventos são determinadas pela variação espacial e temporal do balanço de energia na superfície terrestre, causando variações no campo de pressão atmosférica. A direção dos ventos é resultante da composição das forças atuantes (gradiente de pressão, atrito, força de Coriolis), mas o relevo predominante na região também interfere na direção, próximo à superfície (Pereira et al., 2002).

Estudos sobre a variabilidade dos ventos indicam que a velocidade e a direção variam conforme o local, clima e estação do ano. Silva et al. (1997) realizaram estudos sobre a direção e velocidade dos ventos em Pelotas-RS e concluíram que a direção predominante dos ventos

varia com a estação do ano; na primavera e no verão a direção predominante é leste (E), no outono a direção predominante é sudeste (SE); no inverno a predominância é de nordeste (NE). Santanna et al. (2008), com base em análises estatísticas, concluíram que, em Cuiabá-MT, a primavera é a estação com os ventos mais intensos, enquanto o outono apresenta ventos menos intensos.

A variabilidade sazonal e intra-regional das variáveis meteorológicas no Litoral Atlântico da Amazônia tem sido analisada durante vários anos, com dados mensais, diários e até horários coletados na torre de Cuiarana. O estudo realizado por Germano et al. (2017) revelou que, durante o dia, a temperatura no continente é maior do que na água, enquanto à noite observa-se o oposto. No lado quente há uma baixa pressão, com o fluxo de ar vindo do lado frio; este ar que vem para o lado quente sobe e retorna para o lado mais frio, gerando assim uma circulação local (Germano et al., 2017).

É importante salientar que nas últimas décadas vem crescendo, cada vez mais, o interesse do homem pelos assuntos relativos às áreas de manguezal do mundo e os estudos sobre o vento mencionados acima foram realizados em áreas que se encontram próximas a manguezais. Portanto, as informações sobre os ventos nesta região podem indicar possíveis modificações ambientais na área.

Logo, os estudos sobre os ventos na região serão de grande relevância socioambiental, pois poderão identificar modificações no meio ambiente que possivelmente possam prejudicar a população da região. Dessa forma, esses dados serão importantes para a tomada de decisões governamentais locais e regionais.

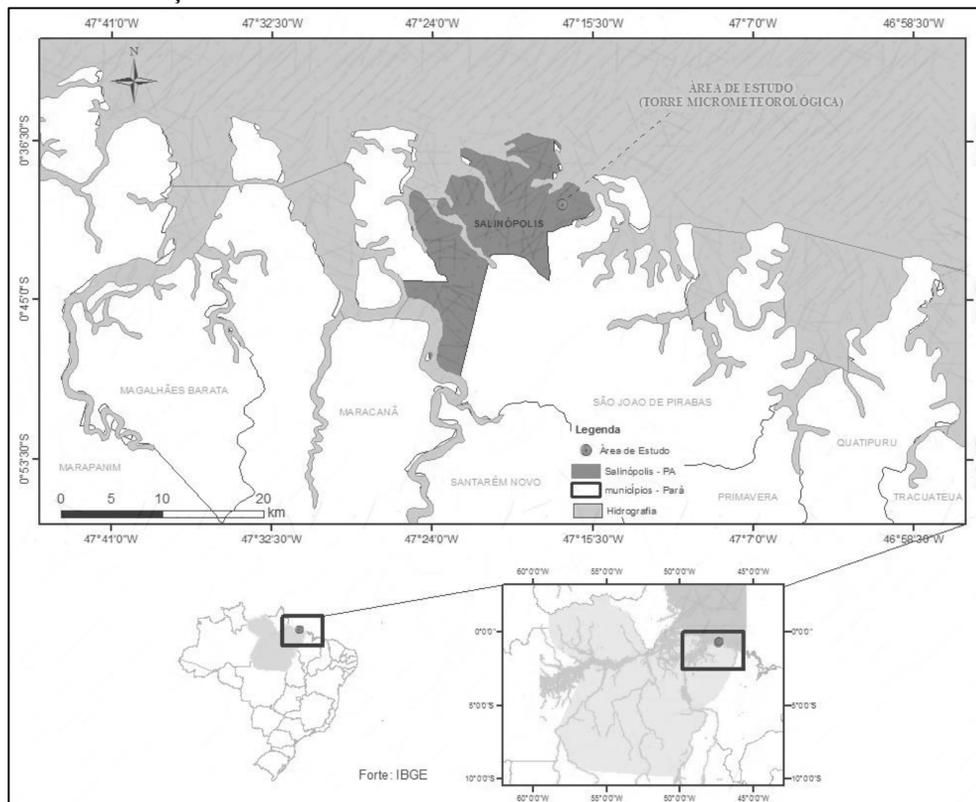
Diante do exposto, este estudo teve como objetivo caracterizar a velocidade e direção predominante dos ventos em pomar de mangueiras no município de Salinópolis, Pará, a fim de se gerarem novos conhecimentos necessários à compreensão do meio ambiente local.

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins, localizado no Sítio Experimental de Cuiarana (00°39'50,50"S, 47°17'4,10"O), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Salinópolis, Pará (Figura 1). O tipo climático predominante na região é Aw conforme classificação de Köppen, com reduzida

amplitude térmica e precipitação média anual de 2.100 mm, sendo que 90% dessa pluviosidade é distribuída entre os meses de janeiro a junho.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Castro et al. (2017).

O pomar possui área total de 25 hectares, sendo que destes, uma parcela de um hectare foi delimitada para o estudo onde foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica com 10 m de altura, respeitando “fetch” superior a razão 1:100 na direção predominante do vento, para evitar que os efeitos advectivos interferissem nas medidas realizadas no pomar (Gavilan; Berengena, 2007).

A velocidade e direção dos ventos foram mensuradas por um anemômetro (Marine 05106, Young) instalado a 10 m acima do dossel, estando conectado a um datalogger (CR10X, Campbell Scientific), realizando leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos. Os dados foram coletados no período de setembro de 2010 a dezembro de 2014.

A velocidade média dos ventos foi calculada, enquanto que as rajadas de vento foram obtidas de forma instantânea pelo sistema automático de coleta de dados (datalogger). A direção

predominante do vento foi definida por análise de frequência das observações a cada 10 minutos para obtenção dos dados diários em cada mês do ano, conforme a Equação 1.

$$f(x) = n/N * 100 \quad (1)$$

Em que: $f(x)$ é a frequência de ocorrência do vento em determinada direção (x); n é o número de ocorrências do vento em determinada direção; N é o número total de observações. A direção dos ventos foi especificada conforme metodologia proposta por Dallacort et al. (2010).

Para determinar as velocidades médias diurnas e noturnas foi definido que o período de 06:00 às 17:50 h corresponde ao dia e entre às 18:00 e 24:00h e 00:10 às 05:50h do mesmo dia corresponde à noite. Foi realizada a análise estatística descritiva dos dados.

De posse dos dados coletados a cada 10 minutos, foram feitas médias horárias, diárias e mensais a fim de analisar o padrão e o comportamento dos dados de velocidade do vento ao longo do tempo. Já para os dados de direção do vento foi realizada a média mensal e análise da frequência de ocorrência para dada direção, podendo esta ser a Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul e assim por diante, para dado período do ano, podendo este ser chuvoso ou seco. Utilizando essa série de dados foi realizada a organização destes em planilha eletrônica, bem como foi realizada a análise estatística, utilizando as ferramentas disponíveis no programa e, após este procedimento, foi possível obterem-se gráficos com os resultados encontrados.

É importante ressaltar que esses dados começaram a ser coletados em setembro do ano 2010, por isso as lacunas verificadas em alguns gráficos referem-se aos dados não coletados do início deste ano. Atribui-se à falta de dados a ocorrência de médias mais altas obtidas nesse período.

Resultados e Discussão

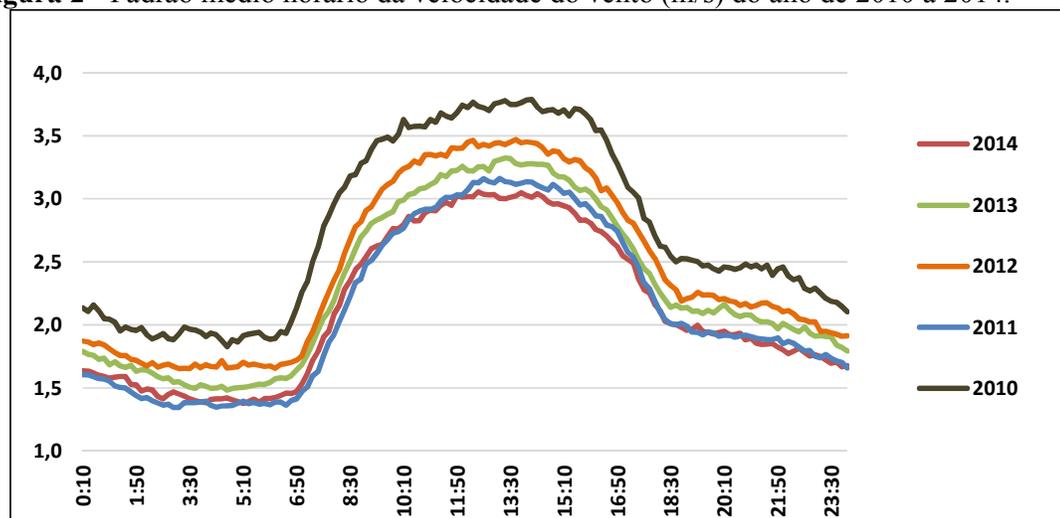
Abaixo encontram-se os gráficos referentes aos padrões da velocidade do vento, sendo estes horários, diários e mensais, bem como os gráficos de radar que demonstram a direção do vento de acordo com os períodos secos e chuvosos dos anos em estudo.

Na Figura 2, observa-se o padrão médio horário da velocidade do vento entre 2010 e 2014. Nota-se que no ano de 2010 foram obtidos maiores valores quando comparados com os obtidos nos anos seguintes. A velocidade máxima do vento no ano de 2010 foi de 3,8 m/s durante o período de 10:00 às 16:00. No entanto, como foi citado anteriormente, a carência de

dados pode ter resultado em médias altas. Os dados obtidos no ano de 2011 se destacaram dos obtidos nos outros anos estudados, apresentando médias muito baixas. A velocidade máxima do vento nesse ano foi de 3 m/s, no horário entre 10:00 e 16:00. Observa-se, porém, que os valores obtidos no ano de 2012 se aproximam dos valores médios obtidos em 2010, mais elevados que nos demais anos, atingindo velocidades de até 3,5 m/s, podendo então o ano de 2012 ser considerado o ano que apresentou maiores valores de velocidade do vento em escala horária da série, já que este possui dados ao longo de todos os períodos do ano.

Observa-se também a presença do ciclo diurno da velocidade do vento, com o aumento desta no período de 08:30 até as 16:30. Esse aumento pode ser explicado pelo aquecimento do solo que também aquece o ar, fazendo com que este ascenda e seja ocupado por ar mais frio, o que gera um gradiente térmico que, por conseguinte, gera um gradiente de pressão, originando o deslocamento da zona de maior pressão para a de menor pressão. Durante o período da noite esse evento não acontece por conta da diminuição desse gradiente (Munhoz; Garcia, 2008).

Figura 2 - Padrão médio horário da velocidade do vento (m/s) do ano de 2010 a 2014.

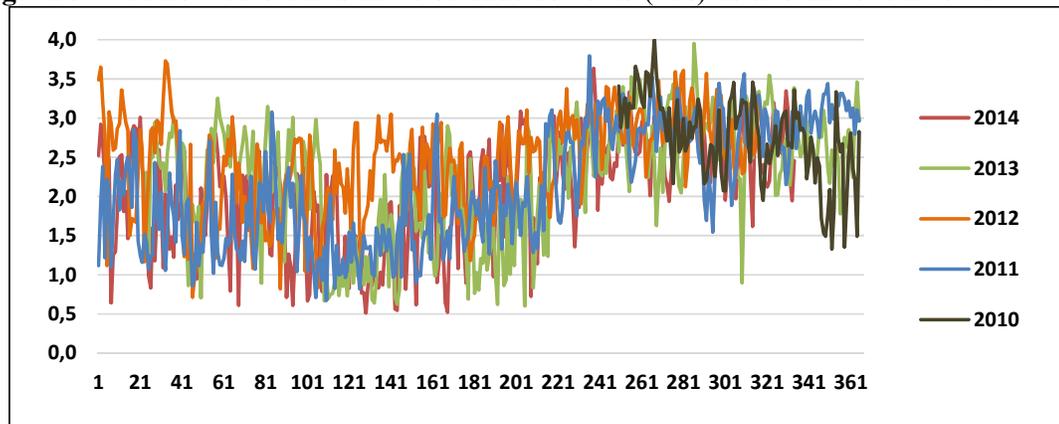


Fonte: Os autores.

Quanto ao padrão médio diário da velocidade do vento (Figura 3), observam-se valores médios pouco variáveis durante o período estudado. Entretanto, a média dos valores obtidos no ano de 2010 é maior que a dos demais anos, talvez por conta da carência de dados que pode ter manipulado o resultado com em médias altas conforme mencionado anteriormente. Assim como se observou para a velocidade máxima do vento, o padrão médio diário da velocidade do vento foi maior no ano de 2012. Também foi possível perceber variação dos valores de

velocidade do vento durante os períodos chuvoso e seco – o primeiro apresentou valores mais baixos, com a velocidade variando entre 0,5 e 2,2 m/s, enquanto o segundo apresentou velocidades mais altas, entre 2,6 e 3,3m/s.

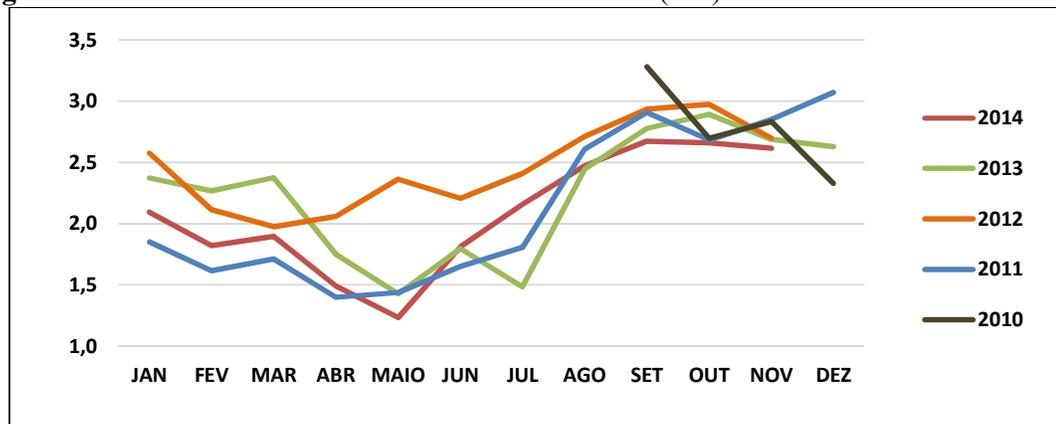
Figura 3 - Padrão médio diário da velocidade do vento (m/s) do ano de 2010 a 2014.



Fonte: Os autores.

Por fim, na análise do gráfico do padrão médio mensal da velocidade do vento (Figura 4), observa-se média da velocidade do vento mais elevada no ano 2010, principalmente no mês de setembro. No ano de 2012 os valores continuam mais elevados que nos outros anos, com destaque para o mês de maio, que apresentou a média da velocidade do vento mais elevada em comparação aos outros anos. Com a análise do gráfico se nota o padrão que os dados seguem ao longo do ano, no qual os meses de dezembro a maio correspondem ao período chuvoso, e os meses de junho a novembro correspondem ao período seco.

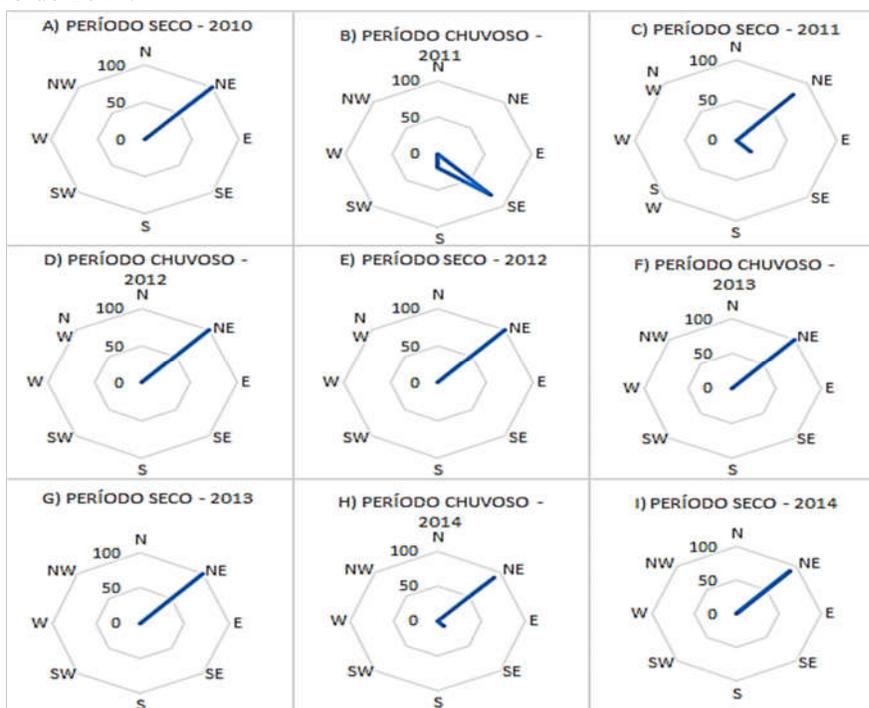
Figura 4 - Padrão médio mensal da velocidade do vento (m/s) do ano de 2010 a 2014.



Fonte: Os autores.

A análise da distribuição da frequência (%) da direção do vento (Figura 5) indica que há, basicamente, o mesmo padrão de direção do vento, sendo a direção Nordeste a mais frequente, tanto no período seco como no chuvoso.

Figura 5 - Frequência da direção do vento durante o período: A) Seco do ano de 2010. B) Chuvoso do ano de 2011. C) Seco do ano de 2011. D) Chuvoso do ano de 2012. E) Seco do ano de 2012. F) Chuvoso do ano de 2013. G) Seco do ano de 2013. H) Chuvoso do ano de 2014. I) Seco do ano de 2014.



Fonte: Os autores.

Porém, no gráfico ano de 2011 ocorreu uma mudança significativa na direção do vento, principalmente no período chuvoso, sendo predominante a direção Sudeste. Tal tendência foi observada também, com menor intensidade, no período seco. Uma possível explicação para essa brusca mudança na direção do vento é a ocorrência do evento La Niña no ano de 2011 (Noaa, 2017), que além de suas anomalias favorecem a ocorrência de uma estação chuvosa, influenciam e intensificam os ventos alísios do Atlântico Tropical, mudando os padrões de vento a nível mundial (Inpe, 2017).

Em 2010, 2012 e 2013, 100% das determinações de direção dos ventos estavam a Nordeste, nos dois períodos do ano. Em 2014, no período chuvoso, 10% dos ventos tiveram direção Sudeste, enquanto 90% tiveram direção Nordeste.

Essas diferenças sazonais que ocorreram tanto na velocidade quanto na direção do vento estão diretamente ligadas à intensificação da alta pressão subtropical do Atlântico Sul (Baptista, 2003).

Conclusão

A partir dos resultados apresentados conclui-se que a velocidade do vento seguiu o padrão esperado. Quanto ao padrão diário da velocidade do vento, observam-se variações atribuídas ao gradiente de pressão gerado pelo aquecimento do solo e do ar. A variação dos padrões diários e mensais da velocidade do vento demonstrou haver distinção entre os períodos chuvosos e secos.

Assim como nos gráficos de velocidade do vento, nos gráficos de distribuição de frequência da direção do vento é possível observar um padrão que apresenta ventos predominantemente a Nordeste, porém com uma variação significativa no ano de 2011, possivelmente explicada pela ocorrência do evento La Niña.

Referências

ALMEIDA, A. F. Amazônia atlântica: mudanças e impactos nas praias oceânicas paraenses. In: Vieira, I. C. G.; JARDIM, M. A. G.; ROCHA, E. J. P. **Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais**. Belém: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi/Embrapa Amazônia Oriental, 2015. cap.14, p. 337-356.

BAPTISTA, M. C. **Uma análise do campo de vento de superfície sobre o Oceano Atlântico Tropical e Sul usando dados do escaterômetro do ERS**. MSc thesis, INPE, São José dos Campos, Brazil. 2003.

CASTRO, W. C.; RODRIGUES, J. C.; SOUSA, A. M. L. Necessidade térmica de mangueiras no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.1, p. 1116 - 1126, 2017.

DALLACORT, R.; MOREIRA, P. S. P.; INOUE, M. H.; SILVA, D. J.; CARVALHO, I. F.; SANTOS, C. Wind speed and direction characterization in Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.3, p. 359-364, 2010.

GAVILAN, P.; BERENGENA, J. Accuracy of the Bowen ratio-energy balance method for measuring latent heat flux in a semiarid advective environment. **Irrigation Science**, v.25, n.2, p. 127-140, 2007.

GERMANO, M. F.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; COSTA, G. B.; SOUTO, J. I. O.; REBELO, M. T. C. SOUSA, A. M. L. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. **Atmospheric science letters**, v. 18, p. 67-75, 2017.

HOUGHTON, R. A.; SKOLE, D. L.; NOBRE, C. A.; HACKLER, J. L.; LAWRENCE, K. T.; CHOMENTOWSKI, W. R. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, v. 403, p.301-304, 2000.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Fenômeno El Niño Atua Com Atividade Moderada No Oceano Pacífico Equatorial**. Brasil: INPE, 2017. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

LAURANCE, W. F.; COCHRANE, M. A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P. M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGEL, S.; FERNANDES, T. The future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, p.438-439, 2001.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, p. 30-34, 2008.

NOAA-Nacional Oceanic and Atmospheric Administration. Historical El Nino/ La Nina episodes (1950-present). Maryland, United States of America: NOAA, 2017. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 11 abr 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Porto Alegre: Agropecuária, 2002.

SANTANA, F. B.; ARRUDA, P. H. Z.; FARIA, J. L. B.; NOGUEIRA, J. S. Estudo preliminar da velocidade e direção dos ventos, em Cuiabá, MT, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.16, n.2, p. 175-180, 2008.

SILVA, J. B.; ZANUSSO, J. F.; SILVEIRA, D. L. M. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.2, p. 227-235, 1997.