



DIREÇÃO PREDOMINANTE, VELOCIDADE DO VENTO E SUAS FREQUÊNCIAS DE OCORRÊNCIA EM DOURADOS-MS

Robson Leal da Silva¹ & Marcelo Mendes Vieira²

RESUMO: O aproveitamento da energia eólica tem sido objeto de intensas atividades de pesquisa e desenvolvimento. Um potencial ainda pouco explorado é em instalações de pequeno e médio porte, a exemplo das características eólicas da região Centro-Oeste do Brasil. Conhecer o regime de vento e as condições predominantes em cada local é importante para uma melhor estimativa do potencial eólico regional. O objetivo do trabalho foi determinar a direção predominante e intensidade da velocidade do vento (médias e principais frequências de ocorrência), bem como seu comportamento sazonal na região do município de Dourados-MS. A metodologia considera os dados registrados a cada hora, por estação meteorológica semiautomática localizada no campus da UFGD (latitude 22°11'S, longitude 54°55'O e altitude de 454 m), com anemômetro instalado a 2 m acima do nível do solo, e série histórica no período 2005-2009. Análise das médias diárias e mensais foi equacionada, bem como para obtenção das frequências de ocorrência (absoluta e relativa) para direção (intervalos de 15°) e velocidade (intervalos de 0,5 m.s⁻¹). A partir dos resultados obtidos, destacam-se as seguintes conclusões: a) A direção do vento predominante é Nordeste (NE); b) No mês de janeiro, a velocidade média diária do vento é (1,4±0,2) m.s⁻¹, e no período anual a velocidade média diária é (2,0±0,5) m.s⁻¹; c) A representação de médias diárias mantém as características originais do fenômeno (o que não ocorre com médias mensais), que é o comportamento estatístico típico das distribuições de Weibull e Rayleigh encontradas na literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Energia eólica; Potencial eólico; Energias renováveis; Energia na agricultura; Turbinas eólicas.

PREVAILING DIRECTION, WIND SPEED AND ITS OCCURRENCE FREQUENCY IN DOURADOS-MS

ABSTRACT: The use of wind energy has been the subject of intense research development and activities. It is a potential energy source still unexplored in small and medium-sized facilities, example of wind characteristics of Brazil's Central-West region. To know the wind regime and the prevailing conditions in each location is important for a better estimate of the regional wind power potential. The objective of this work was to determine the predominant direction and intensity of wind speed (medium-sized and major frequencies of occurrence), as well as its seasonal behavior in the municipality of Dourados-MS. The methodology considers the data recorded every hour by a semi-automatic weather station located on UFGD campus (latitude 22° 11' S, longitude 54° 55' e altitude of 454 m), with an anemometer installed at 2 m above ground level, and historical series in the period 2005-2009. Analysis of daily and monthly average were addressed, as well as the frequencies of occurrence (absolute and relative), direction (15° intervals) and speed (0.5 m.s⁻¹ intervals) obtained. The following conclusions are highlighted: a) the predominant wind direction is North-East (NE); b) in January, the wind average speed is 1.4 ± 0.2 m.s⁻¹, and the wind annual average daily speed is 2.0 ± 0.5 m.s⁻¹; c) the daily average maintains the original characteristics of the phenomenon (which does not occur to monthly averages), which is represented by the typical statistical behavior of the Weibull and Rayleigh distributions found in the literature.

KEYWORDS: Wind energy; Wind power potential; Renewable energies; Energy in agriculture; Wind turbines.

¹ Eng. Mecânico e Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Professor Associado e Pesquisador na UFGD / FAEN (Engenharia Mecânica e Engenharia de Energia), Dourados-MS. E-mail: riealsilva@hotmail.com; robsonsilva@ufgd.edu.br

² Eng. Mecânico e Doutor em Engenharia Mecânica, Professor Associado e Pesquisador na UFMT/ICAT (Engenharia Mecânica), Rondonópolis-MT. E-mail: mmdendes@ymail.com; mmendes@ufmt.br

1 INTRODUÇÃO

É notável a procura por fontes renováveis de energia, considerando o crescente aumento nacional e mundial da demanda por energia obtida de maneira sustentável. A garantia de independência política e econômica para o desenvolvimento de um país é fortemente influenciada não apenas pela quantidade de energia disponível, mas também pela diversidade e sustentabilidade de sua matriz energética. Quanto maior o número de fontes de

energia disponíveis para uso, menor será o risco de escassez e o descontrole de preços. Considerando o exposto, torna-se importante avaliar o potencial para aproveitamento de fontes renováveis de energia, sendo a energia eólica é uma delas e de grande interesse no Brasil, a qual pode complementar a matriz energética atualmente concentrada na energia hidráulica (hidroelétrica) para fornecimento de eletricidade.

As regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil são espaços geográficos com pouca pesquisa registrada na literatura técnico-científica do potencial para aproveitamento de energia eólica e solar. Mesmo que estes potenciais aproveitamentos sejam para equipamentos de pequeno e médio portes (LEAL DA SILVA; LUIZ DA SILVA, 2016), diferente das regiões litorâneas onde predomina o interesse em aproveitamento de médio e grande portes da energia eólica e solar.

Gabriel Filho et al. (2013) apresentam para as cinco regiões brasileiras, dados referentes à quantidade potencial de energia eólica e quantidade de residências rurais sem energia elétrica. Na região Centro-Oeste e Norte o potencial eólico é, respectivamente, 3,1 GW e 12,8 GW, com forte correlação às quantidades de residências rurais sem acesso à eletricidade, 15 mil e 110 mil, respectivamente. Importante salientar que tais quantidades tomam como referência uma base de dados eólicos globais do Brasil, e não bases regionais ou locais que poderiam ampliar ainda mais o potencial eólico real.

Conhecer quais são as condições predominantes em cada local é importante para uma melhor estimativa do potencial eólico local e características regionais específicas para este fenômeno. A direção predominante do vento é essencial em diversas atividades (GALVANI et al., 1999), tais como: a) Instalação de quebra ventos, para proteção; b) Instalação de indústrias, evitando dispersão de poluentes atmosféricos em áreas residenciais e aspectos de gestão ambiental (PIMENTEL et al., 2014); c) Conforto térmico, para construção civil; d) Aproveitamento de energia eólica, com direção e velocidade média em diferentes frequências (ou intervalos de tempo); e) Agricultura e irrigação, considerando o efeito do vento na evapotranspiração ou mesmo como agente polinizador.

Avaliação das características locais para direção e velocidade do vento foram realizados em outras regiões do Brasil. Como exemplo na região Sul, o município de Pelotas-RS com velocidade média a 7 m acima do nível do solo é de 2,59-4,08 m.s⁻¹ e direção Nordeste é a predominante (SILVA et al., 1997), sendo a mesma direção predominante em Ponta Grossa-PR (LEITE; VIRGENS FILHO, 2006), cuja velocidade média é superior a 3,09 m.s⁻¹ (anemômetro a 2 m de altura do solo). Na região Sudeste, Botucatu-SP com direção predominante entre Nordeste e Leste, e Ituverava-SP vindos do Sudeste, respectivamente com velocidades médias 2,20 m.s⁻¹ e 1,25-2,20 m.s⁻¹, ambos a 2 m acima do solo (MARTINS, 1993; MUNHOZ; GARCIA, 2008; GABRIEL FILHO et al., 2011). Na região Nordeste

(SILVA et al., 2002; SILVA et al., 2004), predomina a direção Leste, com representação adequada de frequências da velocidade do vento pela distribuição de Weibull. Na região Centro-Oeste, o município de Tangará da Serra-MT teve suas características relatadas (DALLACORT et al., 2010), indicando predominância de ventos na direção Nordeste e Norte, com velocidade média anual de 1,30-2,20 m.s⁻¹ a 10 m do solo. Souza e Granja (1997) relatam para estações meteorológicas INMET com direções predominantes Leste e Norte em Campo Grande-MS, e direção Nordeste para Dourados-MS, com velocidades médias diárias de 4,94 e 4,11 m.s⁻¹, respectivamente, a 10 m acima do solo.

Ressalta-se que a disponibilidade de energia eólica é tipicamente mais intensa nas estações da primavera e inverno, quando o regime de ventos é mais intenso e constante. No entanto, a velocidade média (m.s⁻¹) não é um parâmetro representativo para estimativas da energia eólica ($J = W.h$) efetivamente disponível na conversão da energia cinética do vento em energia elétrica (SIQUEIRA; SERAPHIM, 2007). Para a estimativa adequada do potencial eólico de um determinado local ou região, é necessário verificar as diferentes distribuições estatísticas teóricas de probabilidade de velocidade e identificar aquela que melhor se ajusta. Ou seja, trata-se de um processo complexo, e entre as diversas relatadas na literatura tem-se a distribuição de Weibull, Log-Normal e Beta (SANSIGOLO, 2005), além da distribuição de Rayleigh e outras.

Mesmo em condições ambiente relativamente calmas, existe movimento significativo do ar (GADIAN et al., 2004). Estes autores também relatam o uso da função de Weibull para descrever o comportamento da distribuição ou campo de velocidades do vento relativamente baixas (~2 m.s⁻¹) que são tipicamente registradas no ambiente urbano, mas são importantes para estudos de ventilação natural em edificações e dispersão de poluentes no ar (mecânica dos fluidos e aerodinâmica ambiental).

Utilizar simulação computacional, via CFD – *Computational Fluid Dynamics*, para avaliar o potencial eólico é uma das possibilidades interessante para terrenos de topografia complexa (RADÚNZ; PAULA; PETRY, 2016). Outra opção para análise do regime de ventos, quando estações meteorológicas dedicadas não for uma opção, é utilizar as de aeroportos (RATTO; NICO, 2012).

Do exposto, o objetivo deste trabalho é determinar a direção predominante e intensidade da velocidade do vento (médias e principais frequências de ocorrência), bem como seu comportamento sazonal na região do município de Dourados-MS. Os resultados podem subsidiar a prospecção para aproveitamento de energias renováveis (energia eólica) em áreas rurais e urbanas na micro-região.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Estação meteorológica e clima local

Os dados brutos foram obtidos dos registros de estação meteorológica semiautomática, localizada no campus II da UFGD (Dourados-MS). As informações registradas no local incluem: medidas horárias (médias do período) e diários (máxima, mínima e média simples das 24 medidas horárias) para temperatura ($^{\circ}\text{C}$); umidade relativa (UR, %); precipitação total e evapotranspiração (mm, de água); radiação solar incidente e global ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$); velocidade ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) e direção do vento ($0\text{-}360^{\circ}$ ou graus).

As coordenadas geográficas do local são: latitude $22^{\circ} 11' \text{S}$, longitude $54^{\circ} 55' \text{O}$ e altitude de 454 m em relação ao nível do mar. A classificação climática do município de Dourados, segundo Köppen é Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos), com temperaturas inferiores a 18°C (Junho-Julho, mês mais frio,) e superiores a 22°C (Janeiro, mês mais quente) e precipitação de verão dez vezes ou mais superior à de julho (FIETZ; FISCH, 2008).

Existem diversos usos na agricultura para os dados coletados por meio de estações meteorológicas (CARLESSO et al., 2007), havendo benefício principalmente nas atividades que dependem direta ou indiretamente das condições ambientais tipicamente oscilantes ou não previsíveis com a antecedência necessária. Sendo assim, a velocidade do vento é tipicamente uma variável aleatória do ponto de vista estatístico, e que possui variabilidade sazonal (estações do ano), mensal, diária e até mesmo muitas vezes, variabilidade horária nos valores médios de uma determinada série histórica (LEITE; VIRGENS FILHO, 2011).

Instrumentos de medição

Os resultados deste trabalho utilizaram velocidade média horária e direção do vento, referentes à série histórica do mês de Janeiro (2005-2009) e um ano completo (2009, 01/Janerio a 31/Dezembro), sendo 24 registros diários e 8760 medidas anuais. O anemômetro da estação meteorológica está posicionado a 2 m acima do nível do solo.

Os instrumentos de medição que compõe a estação meteorológica são da empresa Campbell Scientific. O instrumento de medição utilizado para as medições instantâneas (apenas a média horária é gravada), de velocidade e direção do vento é o modelo de três conchas. Na Figura 1 temos a estação meteorológica e, na Figura 2, o anemômetro com respectivos sensores para medição da velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) e direção do vento ($^{\circ}$, graus).



Figura 1 – Estação meteorológica no campus da UFGD. Fonte: autores (2009).

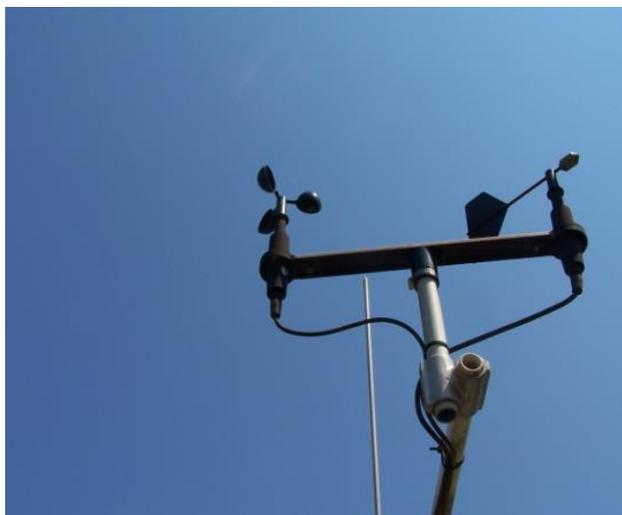


Figura 2 – Anemômetro, com o sensor de velocidade (modelo de três conchas) e o sensor de direção (leme). Fonte: autores (2009).

Procedimentos de cálculo e equações

A velocidade instantânea (ex: 1 medida por minuto) é medida pelo anemômetro, porém fica registrado na memória do sistema de aquisição de dados (do inglês, “data logger”) apenas a velocidade média horária.

Sendo assim, a velocidade média diária e média mensal são calculadas com base nas Eqs. (1) e (2), respectivamente. Estes valores serão apresentados como resultados ilustrativos de que valores médios para a velocidade do vento não são representativos para este tipo de fenômeno físico.

$$v_{m-D} = \sum_{i=1}^{i=24} \frac{v_{h,i}}{n1} \quad (1)$$

$$v_{m-M} = \sum_{j=1}^{j=30} \frac{v_{m-D,j}}{n2} \quad (2)$$

$$S_{v_{m-M}} = \sqrt{\frac{(v_{m-D} - v_{m-M})^2}{n3}} \quad (3)$$

Onde: n1 é a quantidade de horas no dia, n2 é a quantidade de dias no mês e n3 é a quantidade de medidas realizadas para fins do cálculo estatístico do desvio padrão. E ainda, v_h é a velocidade horária (m/s) registrada (dados brutos), v_{m-D} é a velocidade média diária ($m.s^{-1}$), v_{m-M} , é a velocidade média mensal ($m.s^{-1}$) e $S_{v_{m-M}}$ é o desvio padrão estatístico entre ambas.

Para a determinação da direção do vento predominante no local, consideraram-se apenas médias diárias como representativas (D_{m-D} , ° ou graus), conforme Eq. (4). A partir do valor registrado pelo anemômetro (D_h , ° ou graus), foram estabelecidos como critério a divisão de 360° em 24 intervalos (ou classes) de 15° cada um.

$$D_{m-D} = \sum_{i=1}^{i=24} \frac{D_{h,i}}{n1} \quad (4)$$

Todas as equações apresentadas têm embasamento no cálculo em médias estatísticas e ajuste de curvas experimentais (GUIMARÃES, 2001), as quais foram adequadas ao conjunto de dados brutos obtidos na aquisição registrada pela estação meteorológica. Adicionalmente, ressalta-se que o uso de séries temporais não é adequado para determinação do potencial eólico, visto que o domínio da frequência (e não do tempo) é requerido para o processo estocástico que precisa ser modelado e quantificação (comportamento da velocidade e direção do vento).

Classes e frequências de ocorrência

A partir dos cálculos realizados, bem como dos registros horários do anemômetro, estes valores foram tabulados para determinação da frequência absoluta (quantidade total de eventos em determinado intervalo) e relativa (%), relação entre quantidade de ocorrências no intervalo e quantidade total em todos os intervalos). Ou seja, determinou-se Frequências Relativas Horárias e Diárias (FRH e FRD) a partir de Frequências Absolutas Horárias e Diárias (FAH e FAD).

Para a direção do vento, foi estabelecido como critério a divisão de 360° em 24 intervalos (ou classes) de 15° cada um, tendo 0° como referência para o Norte geográfico. As maiores frequências relativas dentre todos os intervalos indicarão à direção predominante do vento.

Para a velocidade do vento, utilizou-se a faixa total entre 0 e 7 $m.s^{-1}$, visto não haver nenhum valor registrado superior a 7 $m.s^{-1}$ com o anemômetro a 2 m de altura. Assim, dividiu-o em 14 intervalos (ou classes) de 0,5 $m.s^{-1}$ cada um: 0,0-0,5 $m.s^{-1}$; 0,5-1,0 $m.s^{-1}$; ...até 6,5-7,0 $m.s^{-1}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para identificação da direção predominante, tem-se a Figura 3 apresentada a seguir. Nesta, a visualização no padrão rosa dos ventos ou “radar”, refere-se ao mês de janeiro de 2009. Percebe-se que existem duas direções que predominam, quais sejam, Norte (N) e Nordeste (NE). Estas também são as direções relatadas na literatura, para a região Centro-Oeste, no município de Tangará da Serra-MT (DALLACORT et al., 2010).

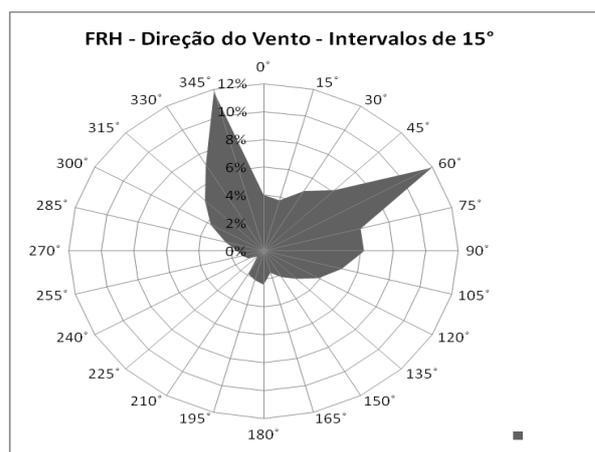


Figura 3 – FRH para a direção do vento no mês de Janeiro de 2009 (31 dias).

Na Figura 4, os resultados para direção do vento durante o ano de 2009 são agrupados em quatro trimestres representativos das estações do ano. Neste conjunto de resultados, embora várias direções preferenciais se intercalem ao longo dos meses, as direções predominantes é no intervalo de 45°-60°, ou seja, direção Nordeste (NE). As diferenças entre os trimestres é justificada pelo comportamento sazonal devido à rotação terrestre e diferentes estações climáticas do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera), uma vez que a dinâmica das correntes de ar atmosférico são influenciadas pela radiação solar (aquecimento do ar).

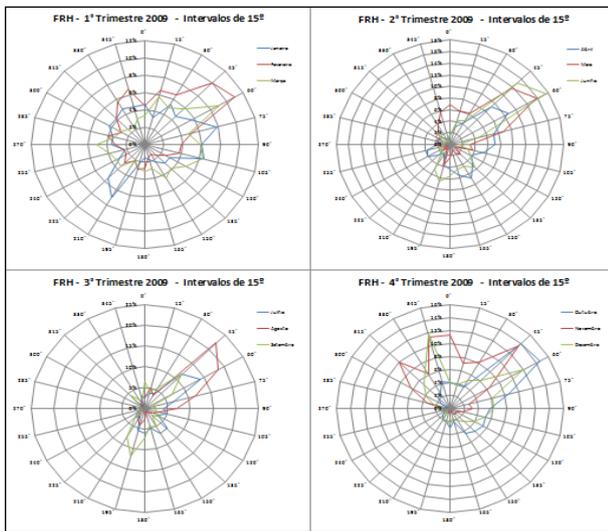


Figura 4 – FRH para a direção do vento ao longo do ano de 2009 (Janeiro a Dezembro).

A Figura 5 apresenta os resultados referentes ao mês de janeiro de 2008 (n1 = 31), para v_{m-D} ($m.s^{-1}$), obtido conforme Eq. (1). Os valores máximos e mínimos são respectivamente $2,2 m.s^{-1}$ (dia 18 e 27) e $0,8 m.s^{-1}$ (dia 07 e 08), enquanto que o valor médio e respectivo desvio padrão resultam em $v_{m-D} = (1,5 \pm 0,4) m.s^{-1}$. Percebe-se que somente um polinômio de elevado grau de ajuste é capaz de minimamente representar as médias diárias.

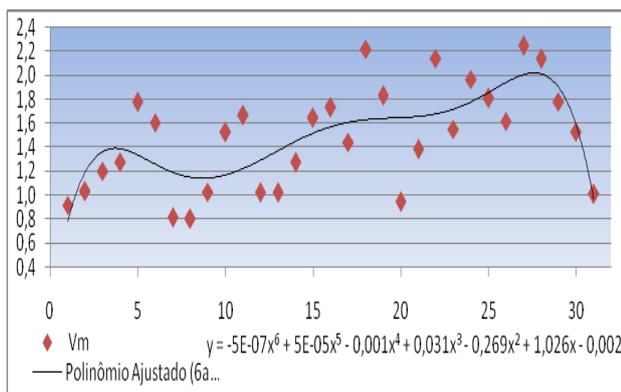


Figura 5 – Comportamento das velocidades médias diárias (Janeiro/2008).

Para coordenadas aproximadas de latitude e longitude na região de Dourados-MS, o atlas do potencial eólico brasileiro (AMARANTE et al., 2001) indica valores de velocidade entre $3,0$ e $5,0 m.s^{-1}$, porém considerando a instalação do anemômetro numa altura de $50 m$ acima do solo (altura usual para instalação de turbinas eólicas de grande porte, também chamados de aerogeradores).

Na Figura 6, evidenciam-se os valores máximos de velocidade horária registrada pelo anemômetro, no mês de Janeiro entre 2005 e 2009. Observa-se que neste

período a média resultante é $2,6 m.s^{-1}$ e o valor máximo ocorreu em 2009, com cerca de $3,5 m.s^{-1}$ a $2 m$ de altura do solo.

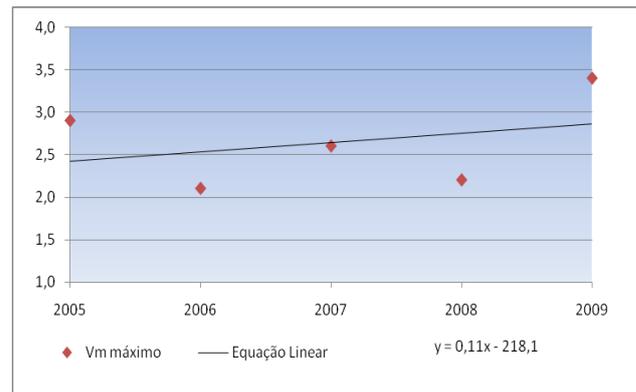


Figura 6 – Intensidade das velocidades horárias máximas registradas em Janeiro (2005-2009).

Na Figura 7, conforme Eq. (2) a v_{m-M} ($m.s^{-1}$) referente ao mês de janeiro, no período 2005-2009 é apresentada. Neste período de 5 anos, o seu valor médio é $(1,4 \pm 0,2) m.s^{-1}$. Os resultados demonstram que este fenômeno, velocidade dos ventos locais, além de ser sazonal ao longo do dia e do mês, também o é ao longo dos anos. Ou seja, representações de médias simples e similares, são referência precária para eventuais aplicações visando aproveitamento da energia eólica como fonte renovável.

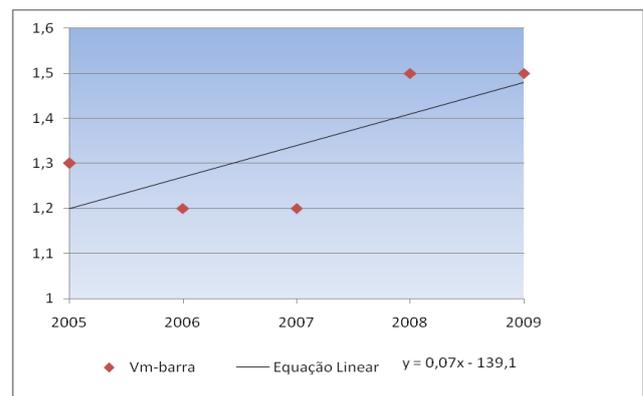


Figura 7 – Comportamento das velocidades médias mensais em Janeiro (2005-2009).

Na Tabela 1, tem-se os resultados para as frequências de ocorrência (absoluta e relativa) para v_h registradas no mês de janeiro de 2009. A faixa compreendida para $1,000 - 1,500 m.s^{-1}$ é onde acontece a maior frequência de ocorrências (22,4%). De maneira análoga, porém para v_{m-D} , a Tabela 2 apresenta os resultados para as frequências de ocorrência (absoluta e relativa) no mês de janeiro de 2009. Novamente, a faixa compreendida para

1,000 – 1,500 m.s⁻¹ é onde acontece a maior frequência de ocorrências (48,4%).

Tabela 1 – FAH, FRH, FAD e FRD para velocidade do vento, intervalos de 0,5 m/s (Janeiro/2009).

Intervalos (m.s ⁻¹)	FAH	FRH (%)	FAD	FRD (%)
0,0 – 0,5	123	16,5	0	0,0
0,5 – 1,0	136	18,3	6	19,4
1,0 – 1,5	167	22,4	15	48,4
1,5 – 2,0	137	18,4	5	16,1
2,0 – 2,5	86	11,6	1	3,2
2,5 – 3,0	33	4,4	1	3,2
3,0 – 3,5	17	2,3	3	9,7
3,5 – 4,0	14	1,9	0	0,0
4,0 – 4,5	10	1,3	0	0,0
4,5 – 5,0	4	0,5	0	0,0
5,0 – 5,5	11	1,5	0	0,0
5,5 – 6,0	2	0,3	0	0,0
6,0 – 6,5	4	0,5	0	0,0
6,5 – 7,0	0	0,0	0	0,0
Total	744	100%	31	100%

A Figura 8 apresenta os histogramas para FAH, FRH, FAD e FRD. Para as médias diárias (v_{m-D}), a quase totalidade das ocorrências, cerca de 84% é localizada em apenas 3 classes (0,5 a 2,0 m.s⁻¹) de um total de 14 classes possíveis entre 0,0-7,0 m.s⁻¹. Além disso, fica evidente que a distribuição muda de padrão entre FAD e FRD, além de seu padrão visual não seguir nenhum modelo estatístico reconhecível. No entanto, para v_h, existe um padrão e ele se mantém o mesmo, tanto para FAH quanto para FRH. Nas mesmas três classes, tem-se cerca de 59% contrastando os 84% anteriormente mencionados.

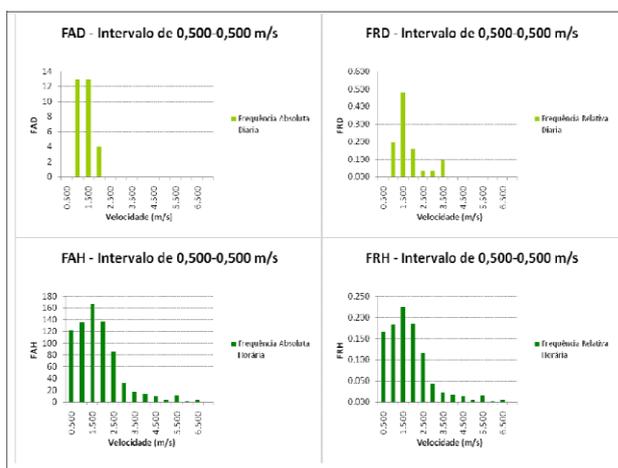


Figura 8 – Histogramas para velocidades do vento (v_h e v_{m-D}) em Janeiro de 2009.

Na Figura 9, tem-se os resultados agrupados em trimestres (ou estações do ano) para todos os meses do ano em 2009, para intervalos de classe de 0,5 m.s⁻¹. No período como um todo, a velocidade média é (2,0±0,5) m.s⁻¹, lembrando que tratam-se de resultados para 2 m acima do nível do solo. O 4º trimestre ou Primavera (Out/Nov/Dez) é o período que apresenta tendência mais uniforme para a distribuição de velocidade em um maior número de intervalos. As velocidades mais elevadas, próximas a 7 m.s⁻¹ foram observadas no 3º trimestre ou Inverno (Jul/Ago/Set).

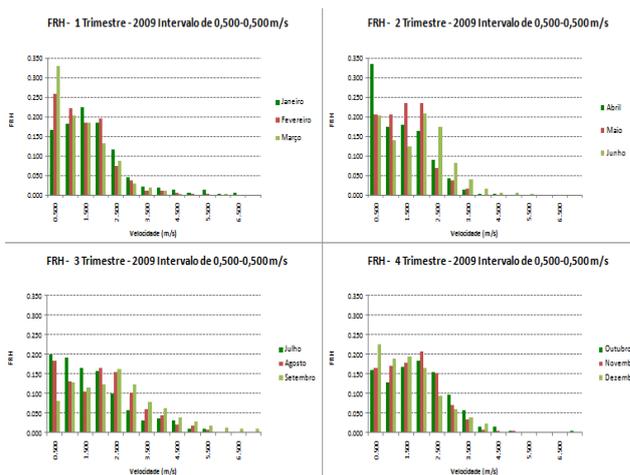


Figura 9 – Histogramas para velocidades do vento (v_h e v_{m-D}) em todos os meses de 2009 (trimestres típicos das estações do ano).

A ordem de grandeza dos resultados obtidos para Dourados-MS são equivalentes àqueles em Tangará da Serra-MT (DALLACORT et al., 2010), que alcançaram velocidade média anual de 1,30-2,20 m.s⁻¹ (10 m do solo); e direção predominante NE é consistente com direções NO e NE no segundo local. De maneira similar,

em Botucatu-SP e Ituverava-SP (locais também afastados da costa litorânea), possuem valores consistentes para velocidades médias de $2,20 \text{ m.s}^{-1}$ e $1,25\text{-}2,20 \text{ m.s}^{-1}$, ambos a 2 m acima do solo (MARTINS, 1993; MUNHOZ; GARCIA, 2008; GABRIEL FILHO et al., 2011).

Velocidades médias bem superiores são encontradas tipicamente na região Nordeste e na costa litorânea e alturas do solo elevadas. Valores superiores a 8 m.s^{-1} são registrados nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, porém em torres anemométricas com 80 m de altura (CARNEIRO; CARVALHO, 2015). Em Alagoas com torres a 30 m de altura (COSTA; LYRA, 2012), tem-se velocidades médias mensais, respectivamente para Agreste, Sertão e Litoral, de $7,1 \pm 1,2 \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$, $6,8 \pm 0,9 \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$ e $5,3 \pm 0,8 \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$.

4 CONCLUSÕES

Destacam-se as seguintes conclusões:

- A direção do vento predominante é Nordeste (NE);
- No mês de janeiro, a velocidade média diária do vento é $(1,4 \pm 0,2) \text{ m.s}^{-1}$, e no período anual a velocidade média diária é $(2,0 \pm 0,5) \text{ m.s}^{-1}$;
- A representação de médias diárias mantém as características originais do fenômeno (o que não ocorre com médias mensais), que é o comportamento estatístico típico das distribuições de Weibull e Rayleigh encontradas na literatura.

5 AGRADECIMENTO

À FUNDECT – MS, via Chamada/Edital 09/2008 – Universal (Processo No. 23/200.199/2009; No. Fundect: 0122/09; No. SIAFEM: 015443), projeto de pesquisa intitulado “Avaliação do Potencial para Aproveitamento de Energia Solar e Eólica na Região da Grande Dourados”. À FCA pelo acesso aos dados brutos (2008-2009) registrados na estação meteorológica do campus. Às bolsas IC/ITI, via CNPq e UFGD/PROPP, em resultados preliminares analisados por alunos de graduação em Engenharia de Energia.

6 REFERÊNCIAS

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M; ZACK, J.; DE SÁ, A. L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia; Eletrobrás, 2001.

CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; HELDEWEIN, A. B. **Usos e benefícios da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura**, Santa Maria: Editora UFSM, 2007. 170 p.

CARNEIRO, T. C.; CARVALHO, P. C. M. Caracterização de potencial eólico: estudo de caso para Maracanaú (CE), Petrolina (PE) e Parnaíba (PI). **Revista Brasileira de Energia Solar**, Recife, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2015.

COSTA, G. B.; LYRA, R. F. F. Análise dos padrões de vento no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 27, n. 1, p. 31-38, 2012.

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**, São José dos Campos, v. 25, n. 3, p. 359-364, 2010.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p.

GABRIEL FILHO, L. R. A.; CREMASCO, C. P.; SERAPHIM, O. J.; CANEPPELE, F. L. Caracterização analítica e geométrica da metodologia geral de determinação de distribuições de Weibull para o regime eólico e suas aplicações. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 56-66, jan./fev. 2011.

GABRIEL FILHO, L. R. A.; SATO, K. Y.; CREMASCO, C. P.; PUTTI, F. F.; SERAPHIM, O. J. The feasibility of using wind energy for rural populations lacking electric power in Brazil. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 3, p. 150-154, jul./set. 2013.

GADIAN, A.; DEWSBURY, J.; FEATHERSTONE, F.; LEVERMORE, J.; MORRIS, K.; SANDERS, C. Directional persistence of low wind speed observations. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, Amsterdã, v. 92, p. 1061-1074, 2004.

GALVANI, E; KLOSOWSKI, E. S; CUNHA, A. R., MARTINS, D. Caracterização da direção predominante do vento em Maringá, PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 81-90, 1999.

GUIMARÃES, P. S. **Ajuste de curvas experimentais**. Santa Maria: Editora UFSM, 2001. 230 p.

LEAL DA SILVA, R.; LUIZ DA SILVA, D. Avaliação preliminar do aproveitamento de energia eólica no município de Vilhena-RO. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, v. 5, n. 4, p. 466-480. 2016.

LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Avaliação da velocidade média e direção predominante do vento em Ponta Grossa-PR. **Revista Brasileira de**

Agrometeorologia, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 157-167, 2006.

LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Ajuste de modelos de distribuição de probabilidade a éries horárias de velocidade do vento para o município de Ponta Grossa, estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 447-455, 2011.

MARTINS, D. O. O comportamento dos ventos na região de Botucatu-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais**. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola / CEPLAC, 1993. v. 2, p. 815-825.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 1, p. 30-34, 2008.

PIMENTEL, L. C. G.; MARTON, E.; SILVA, M. S.; JOURDAN, P. Caracterização do regime de vento em superfície na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 121-132, abr./jun. 2014.

RATTO, G.; NICO, A. Preliminary Wind analysis regarding different speed ranges in the city of La Plata, Argentina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 27, n. 3, p. 281-290, 2012.

RADÜNZ, W. C.; PAULA, A. V.; PETRY, A. P. Avaliação do potencial eólico de uma região com topografia complexa através de dinâmica dos fluidos computacional. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Recife, v. 7, n. 1, p. 24-31, 2016.

SANSIGOLO, C. A. Distribuição de probabilidade de velocidade e potencia do vento. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 20, n. 2, p. 207-214, 2005.

SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; AZEVEDO, F. G. B. DE; CAVALCANTI, E. P.; DANTAS, R., T. Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, set./dez. 2002.

SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P.; VENTURA, E. D. Variabilidade espacial e temporal do potencial eólico da direção predominante do vento no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 19, n. 2, p.189-202, 2004.

SILVA, J. B.; ZANUSSO, J. T.; SILVEIRA, D. L. M.; SCHONS, R. L.; LARROZA, E. G. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997.

SIQUEIRA, J. A. C.; SERAPHIM, O. J. Comportamento da energia solar e eólica em um sistema híbrido de pequeno porte para energização rural. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 38-50, abr./jun. 2007.

SOUZA, A.; GRANJA, S. C. Estimativa dos parâmetros “c” e “k” do modelo de Weibull e da direção dos ventos para Campo Grande e Dourados/MS, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 109-114, 199

Destacam-se as seguintes conclusões:

a) A direção do vento predominante é Nordeste (NE);

b) No mês de janeiro, a velocidade média diária do vento é $(1,4\pm 0,2)$ m.s⁻¹, e no período anual a velocidade média diária é $(2,0\pm 0,5)$ m.s⁻¹;

c) A representação de médias diárias mantém as características originais do fenômeno (o que não ocorre com médias mensais), que é o comportamento estatístico típico das distribuições de Weibull e Rayleigh encontradas na literatura.