



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros **Caracterização da velocidade dos ventos em Santa Rosa, RS¹**



Silvane Isabel Brand²; Sidinei Zwick Radons³; Arno Bernardo Heldwein⁴

¹ Parte do Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia da primeira autora

² Eng. Agrôn., Acad. de Mestrado, PPGEA/UFSM, Santa Maria – RS, silvanebrand@yahoo.com.br.

³ Eng. Agrôn., Prof. Adjunto, *Campus* Cerro Largo, UFFS, Cerro Largo – RS, radons@uffs.edu.br.

⁴ Eng. Agrôn., Prof. Titular, Depto. de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria – RS, heldweinab@smail.ufsm.br.

RESUMO: Este estudo teve como objetivo identificar as velocidades médias diurna e noturna dos ventos nos diferentes meses do ano e a frequência de ocorrência de ventos de diferentes velocidades em Santa Rosa, RS. O estudo foi realizado com dados registrados em escala horária, à 10 metros de altura, na estação meteorológica automática pertencente INMET, localizada no mesmo município, do período de junho de 2010 a maio de 2014. Com estes dados, fez-se análise da frequência com que dada velocidade ocorreu, classificando-as em intervalos de 1 m s^{-1} , iniciando em 0 a 1 m s^{-1} até 9,1 a 10 m s^{-1} e, por fim, maior que 10 m s^{-1} . Também foram estudadas as velocidades médias diurna e noturna do vento, separadas nos diferentes meses do ano. Observa-se que a velocidade média do vento foi maior no período diurno em comparação ao noturno, tendência que é esperada e explica-se pelas diferenças no saldo de radiação entre diferentes pontos da superfície, originando diferenças de pressão. O mês que apresentou a maior velocidade média do vento diurna foi outubro com $2,2 \text{ m s}^{-1}$ e noturna foi novembro com $1,40 \text{ m s}^{-1}$. Já a menor média tanto diurna como noturna foi registrada no mês de junho (diurna = $1,48 \text{ m s}^{-1}$ e noturna = $0,86 \text{ m s}^{-1}$). A faixa de velocidade do vento com maior frequência de ocorrência (45%) é de até 1 m s^{-1} . Nas demais faixas velocidade do vento, de 1 a 2, 2 a 3, 3 a 4, 4 a 5 e 5 a 6 m s^{-1} estes valores diminuem, respectivamente, para, 26%, 18%, 9%, 4% e 1%. Não ocorreram velocidades médias nos intervalos acima destes valores.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de frequência, INMET, estação meteorológica automática

Wind speed characterization in Santa Rosa, RS

ABSTRACT: This study aimed to identify the daytime and night average wind speeds in different months of the year and the frequency of occurrence of different wind speeds in Santa Rosa, RS. The study was conducted with data recorded on hourly scale, at 10 meters high, on the automatic weather station belonging to INMET, located in this municipality, in the period from June 2010 to May 2014. With this data was made frequency analysis that given speed occurs, classifying them at 1 m s^{-1} intervals, starting from 0 to 1 m s^{-1} to 9.1 to 10 m s^{-1} , and finally, greater than 10 m s^{-1} . We also studied average wind speeds at daytime and nighttime, separated in different months of the year. It was observed that the average wind speed was higher during the daytime compared to nighttime, a trend that is expected and can be explained by differences in radiation balance between different points on surface, resulting in pressure differences. The month with the highest average wind speed both daytime as nighttime was October (daytime = 2.2 m s^{-1} and nighttime = 1.40 m s^{-1}), and the lowest average was recorded at June (daytime = 1.48 m s^{-1} and nighttime = 0.86 m s^{-1}). The wind speed range with the highest frequency of occurrence (45%) is 0 to 1 m s^{-1} . In other wind speed ranges from 1 to 2, 2.1 to 3, 3.1 to 4, 4.1 to 5, 5.1 to 6 m s^{-1} these values decrease, respectively, for 26%, 18%, 9%, 4% and 1%. There were no average wind speeds in the ranges above these values.

KEYWORDS: Frequency analysis, INMET, automatic weather station



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



INTRODUÇÃO

O vento é uma variável meteorológica de grande importância, pois interfere em diversos meios, tanto agrícolas quanto urbanos. No que tange ao meio agrícola, este interfere na aplicação de defensivos, polinização, disseminação de doenças, instalação de quebra-ventos, evapotranspiração, entre outros fatores. No entanto, ainda é uma variável meteorológica pouco estudada (MUNHOZ; GARCIA, 2008).

Segundo Camargo (2002), no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, os principais ventos que sopram são os provenientes dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico, intermitentes deslocamentos de massas polares e depressões barométricas da Argentina. O primeiro se caracteriza por ser um vento de leste-nordeste. Já o segundo apresenta-se com predomínio de direção sul, sendo a chegada de uma frente fria precedida de vento de direção norte-nordeste e, após, o vento miniano de direção sudoeste com velocidades que, por vezes, excedem os 10 m s^{-1} . O terceiro associa-se ao primeiro e intensifica a direção leste-nordeste com vento de velocidade entre $5,5$ e $6,5 \text{ m s}^{-1}$, podendo alcançar velocidades de até 7 m s^{-1} , o equivalente a $25,2 \text{ km h}^{-1}$, em condição de relevo de baixa rugosidade como o da campanha gaúcha.

Na agricultura, em particular, o vento é um elemento meteorológico de grande influência. Em sistemas de irrigação, por exemplo, o vento é uma variável muito importante, pois este irá interferir no manejo da irrigação e também na quantidade de água a ser utilizada. Como pode ser observado na equação de Penman-Monteith (MONTEITH, 1981), a velocidade do vento é um dos fatores que irão contribuir para uma maior demanda de água pela planta. Também o vento irá interferir no horário da irrigação, que deverá ser ajustado levando em consideração o regime dos ventos predominante em dada época para minimizar as perdas (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2007).

Em virtude dos poucos estudos sobre o vento, em particular em nossa região, e devido a importância que esta variável desempenha tanto nas atividades agrícolas como urbanas, neste estudo buscou-se caracterizá-la para que então possa servir de base para práticas agrícolas e urbanas em que isto se faz necessário. Também pode servir de base para possíveis projetos de energia renováveis.

Diante do exposto, este estudo objetivou: (i) determinar a velocidade e direção do vento predominantes no município de Santa Rosa; (ii) determinar a direção predominante do vento nos meses do ano; (iii) determinar a velocidade do vento predominante nos meses do ano; (iv) definir o mês que apresenta a maior velocidade do vento; (v) identificar o mês que apresenta menor velocidade do vento; (vi) definir os padrões de vento diurno e noturno.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com os dados da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Santa Rosa (RS), Brasil. Esta estação localiza-se à latitude $27^{\circ}53'25,77''\text{S}$ e longitude $54^{\circ}28'48,06''\text{O}$, a 274 metros de altitude em relação ao nível médio dos mares. O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida (MORENO, 1961).

De acordo com as Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990, na cidade de Santo Ângelo, localizada a aproximadamente 60 km da cidade de Santa Rosa, a velocidade média o vento raramente ultrapassa os $1,5 \text{ m s}^{-1}$. O mês que mostra-se com menor velocidade do vento é abril e o maior é outubro, não apresentando um comportamento de crescimento claro do mês de menor para o de maior velocidade. No que se refere a direção do vento, o que podemos observar nas Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990, é que não apresenta direção predominante. As comparações foram realizadas com a cidade de Santo Ângelo em virtude da cidade em estudo, Santa Rosa, não possuir normais climatológicas oficiais, devido a não haver estação meteorológica em funcionamento por um período

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

suficiente. Atualmente a cidade de Santo Ângelo não possui mais estação meteorológica em funcionamento.

O banco de dados das de velocidade e direção utilizado foi o da estação meteorológica automática do INMET, estando disponível por um período de 90 dias para download de maneira gratuita pelo site do INMET, no ícone das Estações Meteorológica Automática (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>). A coleta dos dados foi sistemática durante o período de junho/2010 a maio/2014, perfazendo um banco de dados de 4 anos.

Os dados da estação meteorológica automática apresentam registros horários, sendo que as falhas foram desconsideradas, ou seja, os dias em que não ocorreram os registros de hora em hora não tendo, portanto, as 24 registros, ou então falhas devido a problemas técnicos, para que possa se ter um melhor entendimento do comportamento do vento durante um dia.

Após foi realizada a divisão dos dados em períodos do dia (noturnos e diurnos), nos meses e anos, bem como a análise da direção predominante do vento nos meses e no ano. Para fazer a divisão no que se refere ao período do dia, o período diurno foram do intervalo das 6 h às 18 h e o período noturno foi considerado das 19 h às 5 h do horário de Brasília, conforme (PEÑA; GHISI; PEREIRA, 2008).

Os dados que caracterizam a direção nas estações meteorológicas são registrados em graus que vão de 0° a 360°. A partir destes foram definidas as direções N, NE, E, SE, S, SO, O ou NO, isto é, a cada 45° corresponde a uma direção (SILVA, ALVES; CAVALCANTI, 2002). Assim, foi efetuada, com os dados coletados, uma análise sobre que direção predomina em cada horário, e assim, foi possível caracterizar a direção do vento predominante no período diurno e noturno, nos meses e no ano.

Com relação a velocidade do vento, os dados da estação meteorológica automática são expressos em $m s^{-1}$. Com estes dados fez-se análises sobre a frequência com que dada velocidade ocorre seguindo a classificação por classes de vento de acordo com Gabriel Filho et al. (2011), sendo divididos em intervalos de $1 m s^{-1}$, iniciando em 0 a $1 m s^{-1}$ até 9,1 a $10 m s^{-1}$ e, por fim, velocidades de mais de $10 m s^{-1}$. Também foram estudadas as velocidades médias do vento nos horários, diurnos e noturnos, nos diferentes meses do ano, tal com realizado por Munhoz e Garcia (2008).

Após a separação dos dados nos meses e no ano e também nos diferentes períodos do dia, calculou-se a média das leituras para mostrar o comportamento da velocidade do vento em cada um dos períodos. A demonstração dos dados foi realizada através da média e da frequência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os meses do ano a direção do vento mais frequentemente foi leste, seguido de sudeste (Tabela 1). Estas direções somadas ocorrem em média em 53% dos horários durante o ano, sendo que em no mês de outubro chegamos a perfazer 61% das observações, enquanto que em dezembro somam 47% dos registros. Esta resposta já era esperada, uma vez que Camargo (2002) expõe que neste estado os principais ventos que sopram são os provenientes dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico.

Tabela 1. Frequência média da direção do vento no decorrer dos meses do ano.

Direção	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)	Média (%)
N	8	10	8	11	10	9	8	7	5	8	11	9	9
NE	10	10	11	10	14	15	12	14	10	11	12	11	12
L	29	30	31	30	36	33	34	33	38	29	28	26	32
SE	22	20	22	21	17	17	23	22	23	22	22	21	21
S	8	8	10	9	6	8	9	10	9	11	9	9	9
SO	6	7	7	7	6	8	8	7	7	10	7	7	7
O	7	7	5	6	5	6	3	4	4	5	6	7	5
NO	9	9	6	7	5	4	4	3	3	4	6	8	6

A terceira direção mais observada foi a nordeste. Esta direção oscilou entre 10% e 15% durante todos os meses do ano. As direções N (9%), S (9%), SO (7%), NO (6%) e O (5%) foram as menos observadas, não tendo frequência maior que 11% em nenhum dos meses do ano e sendo observadas em apenas 3% dos momentos em alguns meses (Tabela 1). Estudo realizado por Machado (1950) relata resultados semelhantes, em que a direção do vento que apresenta predomínio é nordeste, leste e sudeste.

Com relação a normal climatológica de 1961-1990, se observa que, para a cidade de Santo Ângelo localizada a aproximadamente, 60 km da estação meteorológica do estudo, a direção do vento não apresenta um padrão, sendo que se caracteriza como vento calmo, ou seja, não ocorre nenhuma direção predominante. Este resultado difere do que foi encontrado neste estudo, quando se observa que a direção do vento apresenta um predomínio, na maior parte do ano, de leste, sudeste e nordeste.

Com relação a frequência de ocorrência do vento de acordo com o turno, podemos observar que estes diferem um do outro. No período diurno a direção do vento apresenta uma maior variabilidade do padrão do vento, com maior frequência de ocorrência de vento leste, maior que 24%, embora a direção sudeste, norte e nordeste apresentem também frequência de ocorrência próxima a 15% cada uma. Já no período noturno, se observa um padrão mais claro de direção do vento, em que predomina a direção leste e sudeste, com frequência de 41%, sendo que a direção sudeste apresentou 28% de frequência de ocorrência. Este comportamento deriva da instabilidade térmica observada durante o dia, que faz com que formem-se pequenas células convectivas, o que influencia localmente a direção do vento.

A maior frequência de ocorrência da direção do vento, nos períodos diurno e noturno, observadas neste estudo são nas direções leste, sudeste e nordeste, corroborando ao encontrado por Machado (1950) no Rio Grande do Sul. Embora a direção sul também aconteça no período noturno em maior frequência, ao passo que no período diurno ocorra vento na direção norte em maiores frequências.

Na Figura 1, está representado o comportamento da velocidade média do vento de acordo com o turno de ocorrência, diurno e noturno, no decorrer dos meses do ano. Pode-se visualizar claramente que a velocidade média do vento é maior no período diurno em comparação ao noturno. O mês que apresenta a maior velocidade do vento tanto diurna quanto noturna é outubro, e o menor é o mês de junho. Parece haver um comportamento de cíclico do mês de menor velocidade até o de maior e após estes valores começam a decair até chegar novamente no mês de menor velocidade. Este comportamento acompanha, em parte, o comportamento da temperatura média anual.

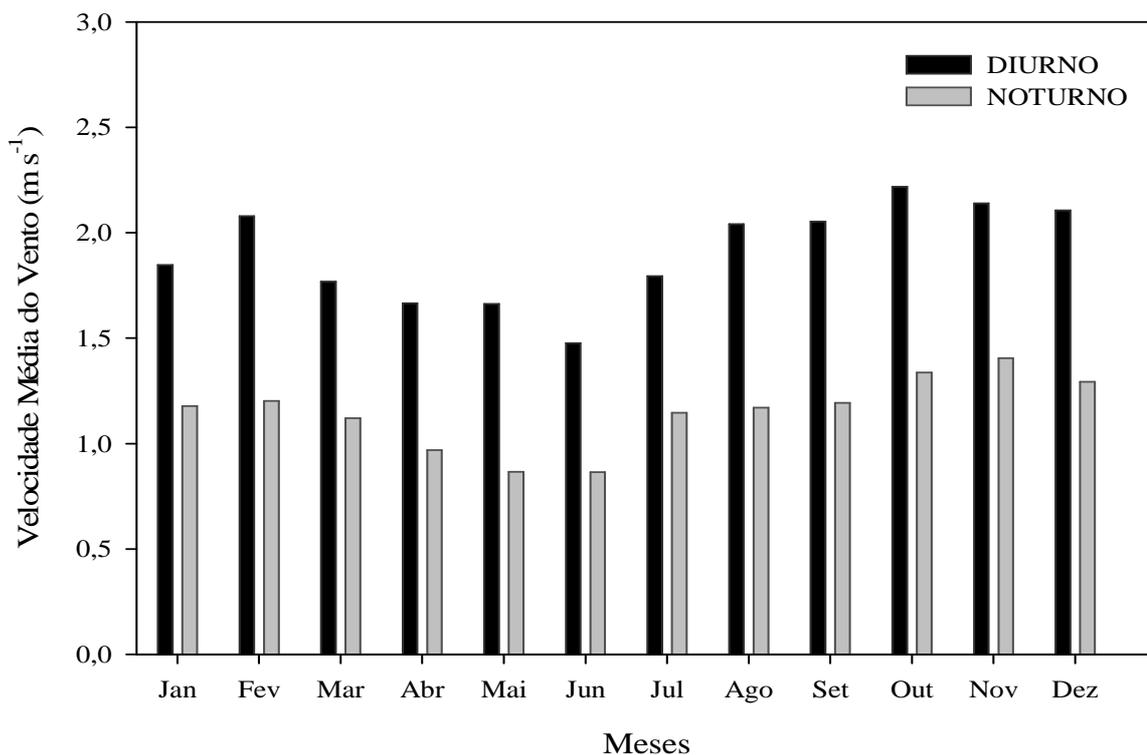


Figura 1. Velocidade média do vento por turno, diurno e noturno, nos meses do ano a 10 metros de altura.

A maior velocidade do vento diurna em relação a noturna se deve ao padrão de circulação do ar, sendo que durante o dia o ar se aquece e ascende e, então, um ar mais frio entra no local deste ar que ascendeu, fazendo com que ocorra uma movimentação horizontal (MARIN et al., 2008). Assim, durante o dia o aquecimento é maior e, portanto, a velocidade deste vento é maior que a do período noturno.

De acordo com a normal climatológica de 1961-1990, podemos perceber que para a cidade de Santo Ângelo as velocidades do vento no decorrer dos meses são menores em relação à Santa Rosa. Também o mês que apresenta menor velocidade do vento difere, sendo que nas normais é o mês de abril e neste estudo é o mês de junho. O mês com maior velocidade do vento nas normais climatológicas é outubro, o que concorda com os resultados encontrados neste estudo.

Quanto a frequência da velocidade do vento quanto a sua ocorrência, em intervalos de 1 m s^{-1} , se observa que a maior frequência, próximo a 45%, ocorre na faixa da velocidade do vento de até 1 m s^{-1} . Nas demais velocidades do vento de 2, 3, 4, 5 e 6 m s^{-1} estes valores decaem respectivamente para, 26%, 18%, 9%, 4% e 1%, sendo que não se observa uma frequência relativa de ocorrência da velocidade do vento nos demais intervalos, ou seja, acima de 6 m s^{-1} .

CONCLUSÕES

De acordo com os dados conclui-se que a direção do vento varia no decorrer do ano, mas as direções que ocorrem com maior frequência são a de leste, sudeste e nordeste, nesta ordem. Em todos os meses do ano, e por consequência na média anual, a direção mais frequente é a leste. Esta direção predomina tanto no período diurno quanto no noturno, com maior frequência relativa no período noturno.

Em relação a frequência relativa de ocorrência da velocidade do vento, em mais da metade do tempo predominam ventos de até 1 m s^{-1} ou 2 m s^{-1} . A velocidade do vento mais frequente foi a de até 1 m s^{-1} enquanto que velocidades médias acima de 6 m s^{-1} não foram registradas no período de observação.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

A velocidade dos ventos de acordo com o turno de ocorrência apresenta variação, sendo que a maior velocidade observada no período diurno. O mês com maior velocidade dos ventos, tanto no período diurno quanto no noturno é outubro, sendo que a menor velocidade é observada no mês de abril.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, O.A. **Atlas Eólico**: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Sec. Energia Minas e Comunicações, 2002. Disp.em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=28&cod_conteudo=7130>. Acesso em: 04 Abr. 2014. 70 p.
- GABRIEL FILHO, L.R.A. et al. 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.
- MACHADO, F.P. **Contribuição ao clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950.91p.
- MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. Solo, água, clima, planta e suas interações com a irrigação. In: _____. **Irrigação - Princípios e Métodos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007. p. 40-97.
- MARIN, F.R.; ASSAD, E.D.; PILAU, F.G. Vento. In: _____. **Clima e Ambiente**: Introdução a climatologia para ciências ambientais. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. p.85-96.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and surface temperature. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, London. v.107, p.1-27, 1981.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia. 1961. p. 61.
- 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, n. 1, p. 30-34, 2008.
- PEDRO JUNIOR, M.J. et al. Efeito do uso de quebra-ventos na produtividade da Videira ‘Niagara Rosada’. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 75-79, 1998.
- PEÑA, C.C.; GHISI, E.; PEREIRA, C.D. Comparação entre Necessidade e Disponibilidade de Vento e Radiação Solar para Fins de Análise Bioclimática de Edificações em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 87-101, 2008.
- SILVA, B.B.; ALVES, J.J.A.; CAVALCANTI, E.P. Caracterização do potencial eólico da direção predominante do vento no estado da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz de Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2002. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-3059cc0af5f6ffd6e04169d08d75bc2e.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2014.
- TOMASINI, J. Padrão de variabilidade do vento à superfície, em Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil: implicações ambientais. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação). UNIVATES, 2011, 58 p.