

AVALIAÇÃO DE DADOS HORÁRIOS DE VENTO PARA PONTA GROSSA-PR. I – VELOCIDADE MÉDIA

VIRGENS FILHO J.S.¹, COELHO A.N.², PINHEIRO A.A.², LEITE M.L.³

¹ Matemático, Prof. Adjunto, Laboratório INFOAGRO/Departamento de Informática, Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Ponta Grossa - PR, Brasil. Fone: (0 xx 42) 3220-3727, jvirgens@uepg.br. ² Acadêmico de Engenharia de Computação - UEPG, Ponta Grossa - PR, Brasil, ³ Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto - Departamento de Biologia Geral - UEPG, Ponta Grossa - PR, Brasil.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição de frequência da velocidade média horária do vento para Ponta Grossa-PR, bem como os modelos probabilísticos mais adequados para representar a distribuição dos dados. Utilizando séries horárias de vento, elaboraram-se gráficos com o intuito de descrever a velocidade média horária do vento. Por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, as distribuições de probabilidade Beta e Gama foram apontadas como as que melhor representam o regime horário dos ventos ao longo do ano para a localidade avaliada. A distribuição de Weibull não se apresentou como uma alternativa viável, como preconizavam estudos anteriores, para dados na escala diária.

PALAVRAS-CHAVE: vento, distribuição de probabilidade, estatística climatológica.

EVALUATION OF HOURLY WIND DATA FOR PONTA GROSSA-PR. I - AVERAGE SPEED

ABSTRACT: This work had as objective to evaluate the distribution of the frequency of the hourly average speed of wind for Ponta Grossa-PR, as well as the more appropriate probabilistic models to represent the distribution of these data. Using hourly series of wind, graphs were elaborated with the intention of describing the hourly average speed of the wind. Through the test of adherence of Kolmogorov-Smirnov, the distributions of probability Beta and Gama were pointed as the ones that best represent the hourly regime of the winds along the year to the appraised locality. The distribution of Weibull didn't come as a viable alternative as it was found by other previous studies for data in the daily scale.

KEY-WORDS: wind, distribution of probability, climatological statistics.

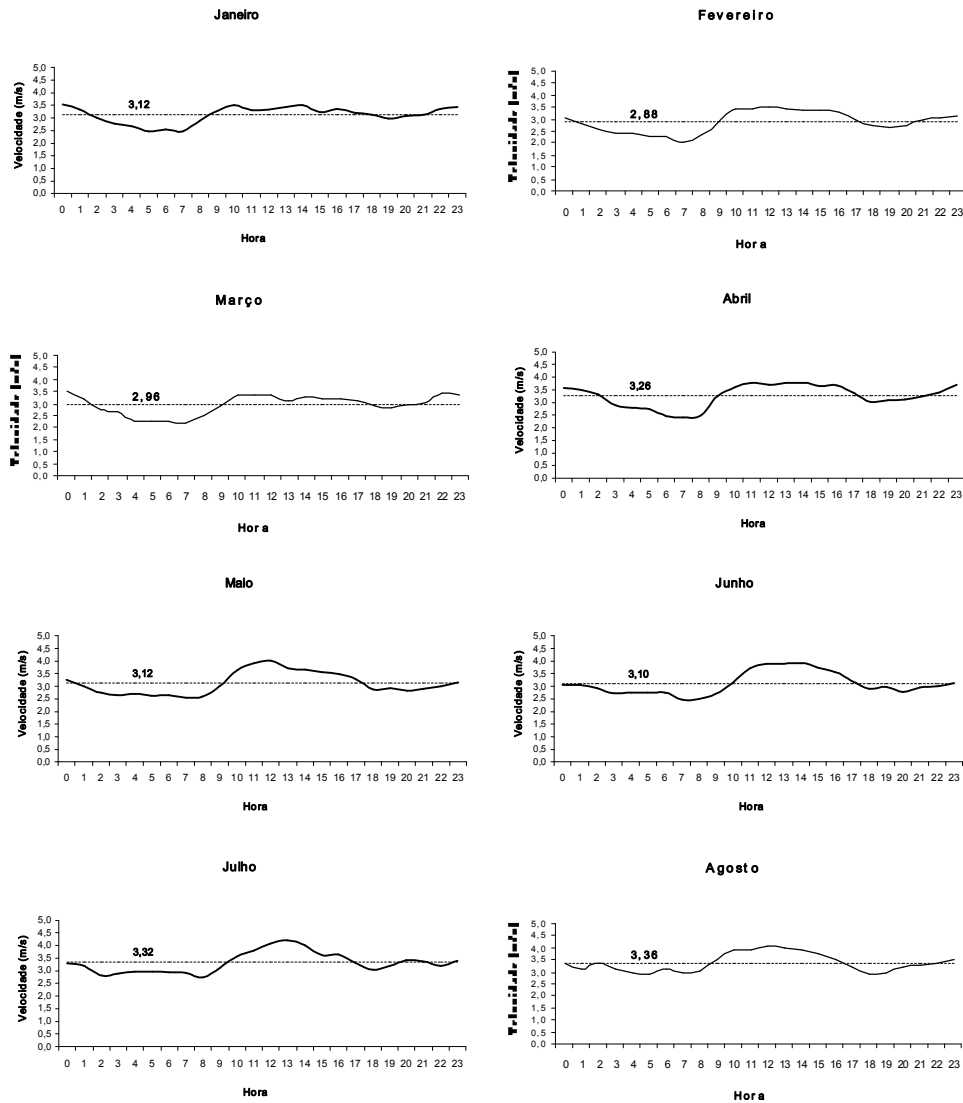
INTRODUÇÃO: Nos últimos anos várias pesquisas têm se dedicado ao desenvolvimento de técnicas para a determinação do aproveitamento da energia proporcionada pelo vento em um determinado local com vistas à sua aplicação tecnológica em vários setores da atividade humana, inclusive na agricultura. Sendo a velocidade do vento uma variável aleatória, é importante salientar a ocorrência de variabilidade sazonal, mensal, diária e até mesmo horária nos valores médios estimados dentro de uma série de anos. VAREJÃO-SILVA (2001) salienta que a velocidade do vento à superfície terrestre varia bastante com o tempo e se caracteriza por intensas oscilações cuja rapidez e amplitude estão relacionadas com o estado

de agitação do ar, que constitui a turbulência. Essa inevitável variação que ocorre neste evento meteorológico justifica a utilização de uma análise mais criteriosa para estimativa dos valores a serem assumidos como constantes para uma determinada região, análise esta relacionada à distribuição de frequência dos valores estimados (SAAD & SCALLOPI, 1988). Diante disso, é evidente que se torna difícil prever o comportamento do vento em uma dada hora do dia, uma vez que, o mesmo apresenta em curtos intervalos de tempo uma conduta aparentemente caótica. Porém, devido ao grande avanço tecnológico em sensoriamento eletrônico, que atualmente, serve diversas áreas tecnológicas, inclusive a instrumentação meteorológica, é possível por meio de estações automáticas registrar até por minuto todas as componentes desta variável, objeto deste trabalho. Considerando-se que a distribuição de Weibull, vem sendo utilizada a muito tempo em inúmeros estudos destinados a análise de velocidade do vento com base nos dados diários, é de se esperar que sua aplicação à séries horárias também possa descrever seu comportamento no que se refere à forma de distribuição das velocidades médias horárias. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição de frequência da velocidade média horária de vento para Ponta Grossa-PR, bem como os modelos probabilísticos mais adequados para representar a distribuição dos dados.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no laboratório INFOAGRO da Universidade Estadual de Ponta Grossa, onde foram utilizados dados horários de vento para Ponta Grossa, referentes ao período de 1998 à 2004, obtidos junto à Estação Meteorológica Automática do SIMEPAR, situada no Parque Estadual de Vila Velha, com coordenadas geográficas de 25°13' de latitude Sul 50°01' de longitude Oeste e 880 metros de altitude, cujo sensor se encontra a 10 metros de altura. Os dados foram organizados em tabelas de frequência, conforme procedimentos em ASSIS et al. (1996), por hora e mês, totalizando 288 tabelas. Por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) ao nível de significância de 5% de probabilidade, que segundo COSTA NETO (1977) é o mais adequado para testar diferenças entre distribuições de frequências empíricas e distribuições de frequência teóricas, foram avaliados os modelos das distribuições de probabilidade Normal (Norm), Gama (Gama), Beta (Beta), Weibull (Weib) e Rayleigh (Rayl), os quais são descritos e conhecidos na literatura na modelagem de dados de velocidade de vento. Foram elaborados gráficos de tendência mensal da velocidade média horária bem como o resumo dos resultados do teste K-S apontando as distribuições de probabilidades mais adequadas por hora e mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Analisando-se os gráficos da Figura 1, pode-se notar algumas tendências do comportamento do vento durante os meses do ano. Sob esse aspecto, observou-se que as menores velocidades do vento no dia ocorrem entre 5 e 7 horas, quando atingem aproximadamente em média 2,5 m/s. Já as maiores velocidades são notadas entre 10 e 16 horas atingindo valores médios de até 4 m/s. A partir das 17 horas, há uma alteração no comportamento da velocidade média dos ventos sendo que, os valores decrescem gradativamente até as 21 horas, quando voltam a crescer até as 23 horas e novamente decrescem até as 6 horas, fechando dessa maneira, o ciclo do comportamento diário dos ventos. Os meses onde aparecem as maiores intensidades são setembro, outubro e novembro com valores médios na ordem de 3,53 , 3,82 e 3,77 m/s. Em contrapartida as menores velocidades são registradas nos meses de fevereiro e março onde os valores médios são de 2,88 e 2,96 m/s, resultados que concordam com os trabalhos de WAGNER et al. (1989) e LEITE & VIRGENS FILHO (2006), quando trabalharam com valores diários para a mesma localidade. Em relação aos modelos probabilísticos que melhor se ajustam aos dados horários de vento, na Tabela 1 são apresentados por hora e mês os resultados do teste K-S para a

velocidade horária do vento em Ponta Grossa-PR. Observa-se que na maioria das horas e meses do ano, houve uma melhor aderência para as distribuições Beta e Gama, ficando a distribuição de Weibull como uma terceira opção. A distribuição de Rayleigh se ajustou aos dados em poucas ocasiões, sendo que a distribuição Normal, obteve boa aderência apenas em uma única ocasião (hora 12 do mês de janeiro). É interessante observar que para este aspecto foram encontrados alguns padrões na hora do dia para os ajustes. Por exemplo, entre 20 horas e 2 horas da manhã a Distribuição Beta se apresenta como melhor opção.



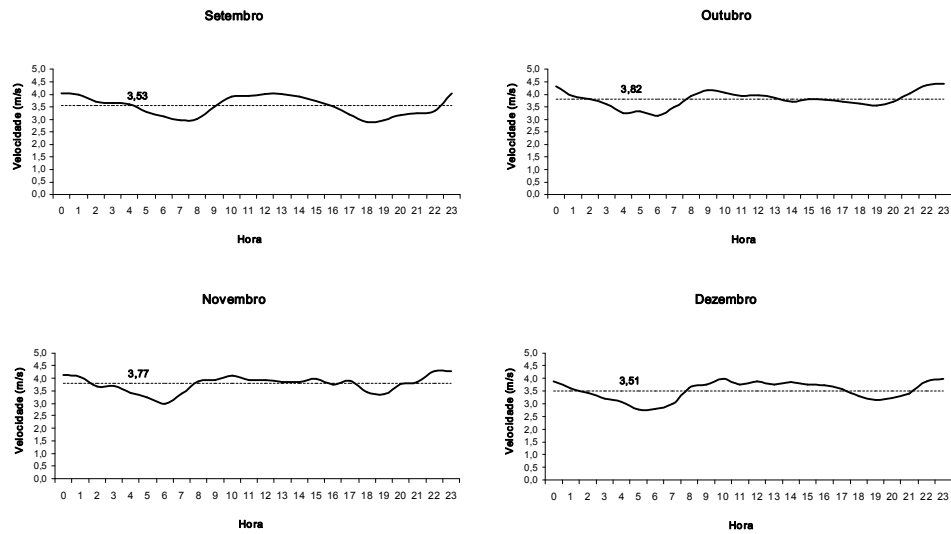


Figura1 – Gráficos da velocidade média horária do vento nos meses do ano. Entre 3 e 8 horas a distribuição de Weibull, se ajustou melhor aos dados. Entre 9 e 19 horas o modelo da distribuição Gama se comportou mais adequadamente a distribuição empírica dos dados. De uma maneira geral os resultados encontrados se assemelham em parte com o trabalho de LEITE & VIRGENS FILHO (2006), que apontaram a distribuição Beta como melhor modelo, para dados de velocidade média diária quando comparada com as distribuições de Weibull e Rayleigh para a localidade de Ponta Grossa-PR.

Tabela 1 – Resultados do teste K-S em função da hora do dia e dos meses do ano.

Hora/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	Beta	Beta	Beta	Weib	Weib	Beta	Beta	Weib	Beta	Beta	Beta	Beta
1	Beta	Weib	Beta	Beta	Weib	Beta	Beta	Beta	Beta	Gama	Beta	Beta
2	Gama	Beta	Weib	Gama	Weib	Weib	Beta	Beta	Beta	Gama	Gama	Weib
3	Beta	Weib	Gama	Weib	Weib	Weib	Weib	Weib	Gama	Gama	Gama	Weib
4	Gama	Gama	Weib	Weib	Weib	Beta	Weib	Weib	Gama	Gama	Beta	Weib
5	Weib	Weib	Beta	Gama	Weib	Weib	Weib	Weib	Gama	Weib	Weib	Weib
6	Gama	Weib	Beta	Weib	Weib	Weib	Weib	Weib	Weib	Gama	Weib	Gama
7	Gama	Beta	Weib	Weib	Weib	Weib	Weib	Gama	Gama	Beta	Beta	Weib
8	Gama	Beta	Beta	Weib	Weib	Weib	Weib	Weib	Weib	Gama	Beta	Gama
9	Gama	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Weib	Weib	Beta
10	Gama	Beta	Rayl	Gama	Rayl	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Gama	Rayl
11	Rayl	Rayl	Gama	Gama	Gama	Gama	Beta	Gama	Beta	Rayl	Gama	Gama
12	Norm	Gama	Rayl	Beta	Gama	Rayl	Gama	Beta	Beta	Beta	Rayl	Gama
13	Rayl	Rayl	Gama	Weib	Beta	Gama	Rayl	Rayl	Rayl	Rayl	Beta	Gama
14	Gama	Rayl	Rayl	Gama	Rayl	Gama	Beta	Beta	Beta	Rayl	Gama	Gama
15	Rayl	Gama	Weib	Gama	Gama	Beta	Rayl	Gama	Gama	Gama	Rayl	Gama
16	Rayl	Gama	Gama	Beta	Gama	Beta	Gama	Gama	Gama	Beta	Gama	Gama
17	Rayl	Gama	Gama	Gama	Gama	Gama	Rayl	Rayl	Rayl	Rayl	Gama	Rayl
18	Gama	Beta	Gama	Gama	Gama	Gama	Gama	Rayl	Rayl	Weib	Gama	Beta
19	Gama	Gama	Weib	Gama	Gama	Rayl	Rayl	Beta	Beta	Gama	Rayl	Gama
20	Gama	Beta	Beta	Beta	Rayl	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta
21	Gama	Beta	Weib	Gama	Weib	Beta	Weib	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta
22	Weib	Weib	Beta	Gama	Weib	Weib	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Gama
23	Gama	Gama	Gama	Beta	Weib	Weib	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Gama

CONCLUSÕES: A velocidade horária do vento se comporta de forma diferente em termos de valores médios dependendo da hora do dia, mesmo apresentando um padrão para todos os meses do ano. Embora não tenha sido definida uma única distribuição para ajustar dados horários de velocidade média do vento para Ponta Grossa-PR, as distribuições Gama e Beta foram as que se adequaram melhor segundo a análise estatística. Além disso, o estudo mostrou que, ao contrário de vários estudos realizados com dados diários de velocidade do vento, a distribuição de probabilidade Weibull não se apresentou como melhor opção para descrever o comportamento do vento para todas as horas do dia em Ponta Grossa-PR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. Aplicações de estatística à climatologia. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161p.

COSTA NETO, P.L. Estatística. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264p.

LEITE, M.L.; VIRGENS FILHO, J.S. Avaliação da velocidade média e direção predominante do vento em Ponta Grossa – PR. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba, vol.14, n.2, p.157-167, ago.2006.

SAAD, J.C.C.; SCALLOPI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988. p.1037-1052,

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. Brasília: INEMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. 532p.

WAGNER, C.S.; BERNARDES, L.R.M.; CORREA A.R.; BORROZINO, E. Velocidade e direção predominante dos ventos no Estado do Paraná. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1989. 56 p. (Boletim técnico 26).