

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO PARA PROJETO NA REGIÃO DE CASCAVEL-PR

MIGUEL MUNEMORI J.¹; Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel - PR
REINALDO P. RICIERI²; Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel - PR
YURI FERRUZZI³; Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel - PR
SAMUEL N. M. SOUZA⁴; Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel - PR
ESTOR GNOATTO⁵. Centro Federal de Educação Tecnologia. Medianeira - PR

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo analisar o perfil vertical da velocidade do vento para o município de Cascavel, estado do Paraná, Brasil (Latitude 24° 53'S, Longitude 53° 23'O e altitude de 682 m). Os dados experimentais foram cedidos pelo IAPAR (Instituto Agrônomico do Paraná), os quais foram coletados na Estação Meteorológica, localizada na Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. – COODETEC, Cascavel -PR e com período compreendido entre 1976 a 1998. Mediante os dados meteorológicos disponíveis determinou-se a velocidade média do vento para 3 níveis de planos de referência. Verificou-se que o perfil da velocidade média do vento para região de Cascavel apresenta valores bem específicos para cada plano de referência e com um desvio padrão médio a 10 m do solo de 0,54 m/s.

Palavras-chave: dados meteorológicos, níveis de plano, IAPAR.

1 INTRODUÇÃO

O estudo do vento na construção civil é de fundamental importância para projetos estruturais de grandes estruturas, bem como na área de transmissão área de energia elétrica e sinais telefônicos.

Os acidentes em edificações provocam grandes prejuízos, pois com a construção de silos armazenadores, galpões e abrigos cada vez maiores para atenderem a grande escalada produtiva que se iniciou no oeste do Paraná.

Conforme BLESSMANN (2001), a maioria dos acidentes, ocasionados por ventos, ocorre em construções leves, principalmente de grandes vãos livres, tais como hangares,

¹ Engº de Infraestrutura aeronáutica, Mestrando em Engenharia Agrícola - Área de Energia. UNIOESTE – Rua Jandaia 4666, CEP 87501-970 caixa postal 226 Umuarama - PR. (044) 9967 60 88, e-mail: munemori@unioeste.br.

² Dr. Agronomia, Professor Titular, Mestrado Engenharia Agrícola - UNIOESTE - Cascavel, PR. (045) 91058914 e-mail: reinaldo@fag.edu.br

³ Engº Eletricista, Mestrando em Engenharia Agrícola - Área de Energia. UNIOESTE - Umuarama - PR. (044) 9967 23 85, e-mail: yuri@unioeste.br

⁴ Prof. Dr. em Planejamento Energético, Mestrado em Engenharia Agrícola - Área de Energia. UNIOESTE – Cascavel - PR. (045) 324 7922, e-mail: ssouza@unioeste.br

⁵ Engº Agrícola, Professor CEFET- PR - Medianeira, Mestrando em Engenharia Agrícola - Área de Energia. UNIOESTE - Medianeira - PR. (045) 91074470 e-mail: estor@unioeste.com.br

pavilhões de feiras e de exposições, pavilhões industriais, oficinas, grandes mercados, depósitos de cereais, armazéns portuários, estações ferroviárias, garagens, sedes de clubes sociais, cobertura de estádios e hipódromos, ginásios cobertos, cinemas, teatros, igrejas, pavilhões para fins agrícolas e pecuários, etc...

Assim os prejuízos causados pelo vento, isoladamente, não representam muito para as edificações. Mas somados, os prejuízos a propriedade e a infra-estrutura tem-se um valor apreciável.

Este trabalho tem como objetivo, analisar o perfil vertical da velocidade média do vento para a região de Cascavel. Os resultados obtidos poderão auxiliar, na determinação dos ventos característicos para dimensionamento de estruturas conforme a norma NBR-6123.

O trabalho fundamenta-se em resultados estimados pela lei potencial do vento com auxílio da Tabela de HARRIS (1986) e os dados da velocidade média do vento foram fornecidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e foram obtidos na estação meteorológica localizada no COODETEC/CASCADEL-PR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de Cascavel, situada a 682 m de altitude, latitude 24° 53'S e longitude 53° 23' O, na região oeste do estado do Paraná. O clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico, verões quentes (temperatura média superior a 22° C) com tendência de concentração de chuvas, invernos com geadas pouco frequentes (temperatura médias inferior a 18° C), sem estação seca definida (COMPANHIA DE INFORMÁTICA DO PARANÁ – CELEPAR, 1999).

Os dados experimentais foram cedidos pelo IAPAR, e foram coletados na sua estação meteorológica, localizada na COODETEC/ Cascavel/PR e compreendido no período de tempo de 1976 a 1998. Desta série de dados calculamos o perfil vertical da velocidade média em três níveis de referência visto que a coleta é feita a 10 m de altura.

O método baseia-se na lei potencial de Prandtl para determinar a variação da velocidade do vento com a altura.

Conforme BLESSMANN (1995), há diversas expressões teóricas deduzidas para determinar a lei da variação da velocidade média do vento com a altura, mas as mais corretas baseiam-se, como a de Prandtl, nos efeitos do intercâmbio de quantidade de movimento em uma camada limite turbulenta, aplicando ao problema meteorológico os estudos feitos na teoria das camadas limites. Essas soluções diferem entre si pelas hipóteses admitidas para o intercâmbio de quantidade de movimento. Entretanto, uma boa concordância com os dados experimentais pode ser obtida por uma lei de potência dada por:

$$V_m(z) = V_m(10) \cdot (z / 10)^P \quad (1)$$

Sendo: $V_m(z)$ - Velocidade média estimada para altura z em metros do nível do solo.

V_m (10) - Velocidade média obtida experimentalmente a altura de 10 metros do solo.

P - Parâmetro de rugosidade do solo.

Os parâmetros de rugosidade foram obtidos pela Tabela 1 de HARRIS (1986) e considerando para o nível de 0,5 m do solo, o efeito sobre as plantações e aplicação de agrotóxicos.

Para o nível de referência de 2,0 m consideram os efeitos sobre as edificações rurais e para o nível de referência de 50,0 metros considerou os efeitos sobre as edificações urbanas e para cálculo de potencial eólico.

Tabela 1 - Parâmetros de rugosidade

DESCRIÇÃO DO TERRENO	P
Terreno relativamente plano ou levemente ondulado, campos com plantações, cercas vivas baixas e poucas árvores.	0,16
Terreno com diversas cercas vivas altas, algumas edificações rurais, casas e árvores.	0,20

FONTE: Tabela 1. HARRIS (1986).

NOTA: o expoente P é válido para uma altura entre 0 e 300 m.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

A literatura sobre ação dos ventos na engenharia contempla vários trabalhos realizados com o objetivo de selecionar os melhores métodos de estimativa do perfil vertical da velocidade média do vento para diferentes regiões do Brasil.

Pela Tabela 2, verifica-se que os meses de maior média foram julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Sendo que os meses de menores velocidades médias foram janeiro, fevereiro e março.

Verifica-se, pela Tabela 3 que para o plano de referência de 50 metros do solo apresenta uma média mensal de 1,13 m/s acima da altura de coleta.

Verifica-se que devido a lei de Prandt teremos a proporcionalidade dos resultados obtidos para os valores a 10 m estendidos para os demais níveis de referência devido ser consequência de uma lei de potência.

Tabela 2 - Velocidade média do vento no período (m/s).

ANO	MÊS											
	jan	fev	mar	abr	mai	Jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1976	3,76	3,57	3,54	3,6	3,22	3,79	4,53	4,3	3,44	4,77	4,2	3,96
1977	--	--	3,22	3,83	3,49	3,85	4,47	4,17	3,84	4,48	4,42	3,81
1978	3,76	3,73	3,29	3,63	3,67	3,89	4,05	4,34	4,28	4,12	4,24	3,5
1979	3,41	3,74	3,24	3,72	3,56	3,54	3,97	3,86	4,5	4,25	4,13	3,83
1980	3,32	3,5	3,03	4,06	3,68	4,17	4,35	4,05	4,63	4,41	4,04	3,53
1981	3,49	3,34	3,26	3,67	3,38	3,45	4,02	3,59	4,14	3,63	3,31	3,57
1982	3,46	3,41	3,21	3,52	3,58	3,21	3,49	3,67	3,67	4,02	3,79	3,4
1983	3,23	3,6	--	3,45	3,93	3,52	3,6	4,23	4,36	--	--	--
1984	3,12	3,35	3,51	3,72	3,28	3,26	3,95	4,21	3,63	3,74	3,58	3,22
1985	3,09	3,02	2,86	3,42	3,19	3,58	4,07	3,71	3,97	3,49	3,46	2,97
1986	2,99	3,06	2,98	3,32	3,22	3,11	3,13	3,09	3,72	3,58	3,95	2,83
1987	2,69	3,41	2,77	3,28	3,38	2,89	3,71	3,73	3,86	3,38	3,21	2,86
1988	2,56	2,92	2,21	2,95	2,63	2,83	3,51	3,1	3,59	3,9	3,47	2,74
1989	3,02	2,49	2,41	2,63	2,62	2,4	3,14	3,69	4,49	5,31	4,62	4,61
1990	4,21	3,36	3,86	4,62	4,16	4,09	4,4	4,67	5,21	4,83	4,92	4,39
1991	3,65	3	3,14	3,52	4,1	4,75	5,21	4,93	4,63	5,33	4,48	3,91
1992	3,1	3,82	3,72	3,95	4,65	5,4	4,86	4,46	4,08	4,26	4,9	3,94
1993	3,36	3,62	3,35	3,84	4,95	4,84	4,35	4,03	4,17	4,75	4,57	4,49
1994	3,61	3,42	3,41	4,24	4	4,51	5,55	4,74	5,21	4,94	4,73	4,21
1995	3,52	3,17	3,52	4,4	3,28	4,6	5,03	5	5,49	4,79	4,41	3,18
1996	3,57	3,91	3,75	4,67	3,21	3,85	3,99	4,72	4,2	4,68	4,7	3,58
1997	3,85	3,92	3,55	4,1	4,54	5,23	4,6	4,67	4,41	6	4,99	4,32
1998	3,85	3,97	3,66	4,36	4,04	4,37	4,45	3,99	4,96	4,59	4,06	3,56
Vm	3,39	3,42	3,24	3,76	3,64	3,87	4,19	4,12	4,28	4,42	4,19	3,60
D.P.	0,39	0,37	0,42	0,50	0,59	0,79	0,62	0,53	0,56	0,67	0,54	0,55

NOTA: Vm - Velocidade Média no período; D. P. - Desvio padrão

Tabela 3 - Velocidade média do vento na altura de coleta (m/s).

Meses	Altura de coleta	Altura de referência	Altura de referência	Altura de referência
	10,0 m	0,3 m	2,0 m	50,0 m
Janeiro	3,39	1,93	2,45	4,38
Fevereiro	3,42	1,95	2,48	4,42
Março	3,24	1,85	2,35	4,20
Abril	3,76	2,14	2,72	4,86
Mai	3,64	2,07	2,63	4,71
Junho	3,87	2,21	2,80	5,01
Julho	4,19	2,39	3,03	5,42
Agosto	4,12	2,35	2,99	5,34
Setembro	4,28	2,44	3,10	5,53
Outubro	4,42	2,52	3,20	5,71
Novembro	4,19	2,39	3,03	5,42
Dezembro	3,65	2,08	2,64	4,72

Verifica-se, também, que as velocidades médias apresentam um desvio padrão médio de 0,54 m/s para o período de coleta. Portanto dando uma base técnica para possíveis estimativas do vento característico.

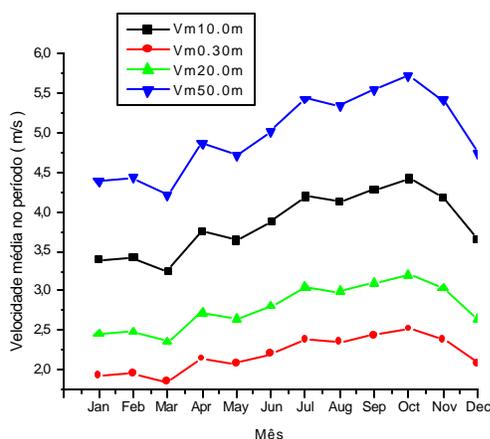


Gráfico 1 - Variação mensal da velocidade vertical do vento (m/s).

Verifica-se pelo Gráfico 1 que o perfil vertical das velocidades médias mensais no período apresentam as mesmas variações ao longo dos meses e que os meses de maior variação são os de julho, agosto, setembro, outubro e novembro.

Assim, as dimensões dos turbilhões tanto na direção horizontal como na direção vertical, são maiores nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro. As rajadas de maior velocidade que são de curta duração estarão compreendidas nestes meses de maior velocidade média.

Verifica-se também pelo Gráfico 1 que o vento é fortemente influenciado pela rugosidade (natural e artificial) da região que foi coletado, constituindo-se uma camada limite, na qual a velocidade média do vento cresce desde zero (junto ao terreno) até a velocidade gradiente, no limite superior desta camada limite.

Verifica-se que o intervalo de tempo usado na determinação da velocidade média influi na variação média desta com a altura.

Como o intervalo de tempo foi de 24 horas (vento acumulado), verificamos uma pequena variação na velocidade média e que provocará uma menor variação das rajadas.

Sendo que para a engenharia estrutural é de interesse conhecer a velocidade do vento e as flutuações em torno desta média. E as flutuações instantâneas em torno desta média são designadas por rajadas.

Sendo que estas flutuações têm sua origem tanto na agitação (turbulência) do escoamento médio causada pela rugosidade natural e artificial da superfície terrestre como nos processos de convecção causados por gradientes térmicos. E quanto às flutuações aleatórias da orientação da velocidade instantâneas com respeito à velocidade média do vento são responsáveis por vibrações da estrutura na direção perpendicular à direção do escoamento médio. As solicitações resultantes na direção perpendicular à direção do vento podem ser calculadas a partir das forças efetivas na direção do vento predominante e com fator de correção determinada pela norma NBR-6123.

4 CONCLUSÕES

Mediante aos valores calculados observa-se que os valores médios da velocidade do vento, no plano de referência a 10 metros do solo, apresentam condições de menor intensidade nos meses de janeiro, fevereiro, março e maio.

Sendo a maior média no mês de outubro com valor de 4,42 m/s e portando o mês com maiores rajadas para a região de Cascavel.

Conclui-se que para dimensionamento de grandes estruturas, as velocidades de cálculo podem ser obtidas pelos registros obtidos pelo IAPAR, e que o fator de rajada para 10 m do solo permite passar da velocidade básica (média horária) para as velocidades de cálculo para altura de até 50 metros.

Verifica-se também que os desvios padrões médios para os planos de referência apresentam uma média de 0,54 m/s e, portanto tendo uma variação favorável para dimensionamento de grandes estruturas para região de Cascavel.

E sendo que para cálculo de rajadas com duração de cinco segundos temos que trabalhar com os resultados obtidos para ventos a 50 metros do solo, pois estaremos a favor da segurança. Ou registrar velocidades médias com intervalo de tempo menores.

Conclui-se também que os meses de julho, agosto, setembro e outubro apresentam as maiores médias mensais para todos níveis de referência e que são os meses onde teremos um maior esforço do vento sobre as edificações na região de Cascavel. Sendo, portanto os meses

de construções de grandes estruturas onde se deve preocupar com os contraventamentos durante a execução.

Para as edificações provisórias, a preocupação nestes meses, deve-se se quanto à ancoragem das estruturas verticais bem como nos cabos de tensionamento as fundações. Isto é fato preocupante para instalações de parques de diversões, circos e tendas de lazer.

Sugere que estabeleça um estudo das rajadas neste período de coleta para obter uma estimativa das épocas onde são mais prováveis os acidentes nas construções de Cascavel.

Sugere também um estudo acerca de coletas de dados dos ventos, entre órgãos do governo e instituições de ensino, específico para dimensionamento de estruturas de edificações que estarão sob ações dos ventos. São exemplos destas edificações: os aeroportos, torres de linhas de transmissão, antenas para telefonia móvel, centros de convenções, silos de armazenagem e bem como coberturas de postos e ginásios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná, Área de Ecofisiologia, pelo fornecimento dos dados para a realização deste trabalho. Em particular a Célio César Giacomini, Edmirson Barrozino e ao Doutor Paulo Henrique Caramori, pela atenção dispensada.

REFERÊNCIAS

BLESSMANN, J. **Acidentes causados pelo vento** Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 2001.

HARRIS, R.I. **Longer turbulence length scales**. Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, v.24, n.1, 1986, p.61-68.

COMPANHIA DE INFORMÁTICA DO PARANÁ – CELEPAR. **Municípios do Paraná – Dados gerais**. In:<http://celepar6.pr.gov.br/municipios/dadosger.asp?codigo=0285955>>. Acesso em: 03 mar. 2003.

BLESSMANN, J. **Vento na engenharia estrutural**. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6123 – **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, edição 1988.