

ESTUDO DE REGIÕES PROPÍCIAS AO APROVEITAMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO
ESTADO DE SÃO PAULO. I. RESULTADOS PRELIMINARES DE TRÊS LOCALIDADES

CLOVIS ALBERTO VOLPE¹, CLEMENTINA DE LURDES FULACHI DELLA LIBERA¹,
EUCLIDES BRAGA MALHEIROS¹, ROMISIO GERALDO BOUHID ANDRÉ¹, TETSUO NISHIMURA¹

RESUMO - Este estudo tem como objetivos determinar as regiões e épocas pro-
pícias ao aproveitamento da energia eólica no Estado de São Paulo, utilizan-
do-se observações de velocidade e direção do vento no período de 1979-1983.
Foram selecionadas 35 estações meteorológicas do Estado de São Paulo que
possuem anemôgrafos com sensores a 10 m de altura. São apresentadas as cur-
vas de duração da velocidade do vento, o produto $v^3.t$ (diretamente propor-
cional à energia disponível) e a potência por unidade de área para diversas
classes de velocidade do vento para as localidades de Campos do Jordão, Vo-
tuporanga e Ibitinga. São, também, apresentadas as distribuições de frequên-
cia de ocorrências de oito direções do vento para a localidade de Votuporan-
ga.

SITES OF POWER WIND IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL.

I. PRELIMINARY RESULTS FOR THREE LOCATIONS

ABSTRACT - This work deals to choose where and when the power wind can be
used as an unergy source in the State of São Paulo, Brazil. The used data
are direction and speed wind measurement at 10 m high, obtained in 35 mete-
orological stations with 5 years recorder from 1979 to 1983. The wind speed
duration curves, available energy ($v^3.t$), power by unit area for different
range of wind speed were showed for three locations, namely: Campos do Jor-
dão, Votuporanga e Ibitinga. Frequencies distribution for the eights direc-
tion were showed for Votuporanga.

¹Professores do Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP. 14870 - Jaboticabal - SP.

INTRODUÇÃO

O sucesso da energia eólica para fins agrícolas depende fundamentalmente da escolha do local para a instalação do aeromotor. Essa escolha se baseia na estimativa do potencial energético eólico feita com base nos dados de velocidade média do vento, obtidos através de anemógrafos (MIALHE, 1980).

Um levantamento do potencial eólico que possibilitasse conhecer parâmetros que levassem à utilização dessa energia a nível de propriedade rural seria extremamente útil.

Segundo CEBALLOS *et alii* (1982), as principais limitações ao se tentar estimar o potencial eólico de uma determinada região são: o potencial eólico depende de situações sinóticas regionais, da topografia e da localização das estações onde são efetuadas as medidas; normalmente a velocidade do vento é determinada somente em horários sinóticos (3 horários), não havendo padronização da altura do sensor e são escassas as séries temporais com frequência e duração suficientes.

Para o Estado de São Paulo não se tem conhecimentos da realização de levantamentos do potencial eólico utilizando-se de dados de velocidade média horária do vento. A determinação do potencial energético eólico do Estado de São Paulo estaria nortada pelas seguintes hipóteses: a) o Estado de São Paulo apresenta potencial eólico que deve ser conhecido e aproveitado; b) existem regiões do Estado de São Paulo que são propícias ao aproveitamento da energia eólica; c) os níveis de maior valor energético variam de região para região em função da época do ano.

A direção do vento é outro aspecto importante que deve ser considerado, não em relação à energia eólica, mas sim quanto às fontes poluidoras do ar. A determinação da direção predominante do vento, assim como do seu desvio-padrão é importante quando se pretende utilizar modelos simulados para estudos da qualidade do ar. Por isso, é fundamental que esses parâmetros sejam calculados, usando-se os métodos que apresentam maior acurácia (TURNER, 1986).

Dessa maneira, pretende-se neste trabalho apresentar os resultados preliminares de três localidades do Estado de São Paulo, quanto ao potencial eólico, quanto às curvas de duração da velocidade do vento e quanto à frequência da direção do vento.

MATERIAL E MÉTODOS

Estão sendo utilizados anemogramas de 35 estações meteorológicas do Estado de São Paulo, pertencentes ao DAEE, INEMET e IAC (Tabela 1 e Figura 1). Os dados são retirados desses anemogramas (valores horários de duração e velocidade) cujos sensores estão a 10 m de altura. O período escolhido foi de 1979/1983.

A determinação do potencial energético eólico de cada localidade abrange as seguintes etapas:

- a) tabulação da velocidade média horária do vento, de hora em hora, resultando em 8760 dados/ano;
- b) tabulação dos dados distribuídos em frequência da velocidade do vento, para intervalos de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$, a partir de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$;
- c) cálculo do número de horas, durante o ano, em que cada velocidade média, dentro do intervalo estabelecido, manteve-se igual ou maior ao nível considerado;
- d) cálculo do produto $v^3 \cdot t$ (este produto é diretamente proporcional à energia mecânica disponível na instalação eólica);
- e) determinação da velocidade nominal;
- f) curvas de duração da velocidade do vento;
- g) cálculo da potência por unidade de área, para cada velocidade média, dentro do intervalo considerado.

A potência por unidade de área foi determinada pela expressão (PUTNAM, 1949):

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3,$$

sendo P a potência (kW), A a área projetada para o cata-vento (m^2); ρ a densidade do ar ($1,29 \text{ kg.m}^{-3}$) e v a velocidade do vento (m.s^{-1}). Desse modo uma constante de proporcionalidade adimensional é introduzida para se ter os dados de potência em kW/m^2 (MIALHE, 1980).

$$\frac{P}{A} = 0,0064 \cdot v^3.$$

Foi determinada a distribuição em porcentagem de ocorrência do vento para oito direções.

TABELA 1 - Localidades do Estado de São Paulo que serão utilizadas para a determinação do potencial eólico.

| Local | Lat. (S) | Long. (W) | Alt. (m) | Fonte |
|-------------------------|---------------------|---------------------|----------|--------|
| 01- Votuporanga | 20 ^o 25' | 49 ^o 59' | 503 | DAEE |
| 02- Catanduva | 21 ^o 08' | 48 ^o 58' | 536 | INEMET |
| 03- Ribeirão Preto | 21 ^o 11' | 47 ^o 43' | 621 | IAC |
| 04- Jaboticabal | 21 ^o 15' | 48 ^o 18' | 595 | INEMET |
| 05- Pradópolis | 21 ^o 22' | 48 ^o 04' | 526 | DAEE |
| 06- Graminha | 21 ^o 34' | 48 ^o 37' | 868 | DAEE |
| 07- Limoeiro | 21 ^o 37' | 47 ^o 00' | 578 | DAEE |
| 08- Ibitinga | 21 ^o 45' | 49 ^o 00' | 413 | DAEE |
| 09- São Carlos | 22 ^o 01' | 47 ^o 54' | 856 | INEMET |
| 10- Bariri | 22 ^o 06' | 48 ^o 45' | 445 | DAEE |
| 11- Presidente Prudente | 22 ^o 07' | 51 ^o 23' | 436 | INEMET |
| 12- Jaú | 22 ^o 17' | 48 ^o 33' | 580 | INEMET |
| 13- Campininha | 22 ^o 18' | 47 ^o 11' | 600 | DAEE |
| 14- Barra Bonita | 22 ^o 30' | 48 ^o 34' | 456 | DAEE |
| 15- Limeira | 22 ^o 31' | 47 ^o 25' | 689 | IAC |
| 16- Assis | 22 ^o 39' | 50 ^o 25' | 350 | INEMET |
| 17- Piracicaba | 22 ^o 43' | 47 ^o 38' | 574 | IAC |
| 18- Campos do Jordão | 22 ^o 44' | 45 ^o 35' | 1600 | DAEE |
| 19- Botucatu | 22 ^o 52' | 48 ^o 27' | 825 | DAEE |
| 20- Campinas | 22 ^o 54' | 47 ^o 05' | 706 | IAC |
| 21- Salto Grande | 22 ^o 54' | 50 ^o 00' | 418 | DAEE |
| 22- Pindamonhangaba | 22 ^o 55' | 45 ^o 30' | 565 | DAEE |
| 23- Tremembé | 22 ^o 58' | 45 ^o 33' | 545 | IAC |
| 24- Tietê | 23 ^o 00' | 47 ^o 43' | 539 | IAC |
| 25- Jurumirim | 23 ^o 13' | 49 ^o 14' | 568 | DAEE |
| 26- Ubatuba | 23 ^o 26' | 45 ^o 06' | 8 | IAC |
| 27- Sorocaba | 23 ^o 29' | 47 ^o 27' | 631 | INEMET |
| 28- São Paulo | 23 ^o 30' | 46 ^o 37' | 792 | INEMET |
| 29- Casa Grande | 23 ^o 40' | 46 ^o 56' | 820 | DAEE |
| 30- Santos | 23 ^o 56' | 46 ^o 20' | 16 | INEMET |
| 31- Capão Bonito | 24 ^o 00' | 48 ^o 20' | - | INEMET |
| 32- Juquiã | 24 ^o 20' | 47 ^o 37' | 67 | DAEE |
| 33- Iguape | 24 ^o 43' | 47 ^o 33' | 3 | IAC |
| 34- Itararé | 27 ^o 37' | 48 ^o 27' | - | IAC |
| 35- Pontal | 27 ^o 37' | 52 ^o 10' | 270 | DAEE |

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados referem-se às localidades de Campos do Jordão ($22^{\circ}42' S$; $45^{\circ}29' W$, 1566 m); Votuporanga ($20^{\circ}26' S$; $49^{\circ}59' W$, 510 m) e Ibitinga ($21^{\circ}45' S$; $44^{\circ}00' W$, 413 m), para o período entre 1979 e 1983. Os relativos à direção do vento referem-se apenas a Votuporanga e para o ano de 1979.

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se, respectivamente, para 1 e 2 horas, a divisão, em classes de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$, da velocidade do vento; o valor v^3 ; a frequência de ocorrência; o tempo de ocorrência; o produto $v^3.t$; e a potência da velocidade média do vento, dentro de cada classe, por unidade de área (kW.m^{-2}), para a localidade de Campos do Jordão. Nas Tabelas 4 e 5 encontram-se esses mesmos dados para a localidade de Votuporanga e nas Tabelas 6 e 7 para Ibitinga. Para as 24 horas do dia e para essas três localidades, os resultados encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 8, 9 e 10.

As curvas de duração da velocidade do vento, para as 2 horas, para as localidades de Campos do Jordão, Votuporanga e Ibitinga, encontram-se, respectivamente, nas Figuras 2, 3 e 4. Considerando-se as 24 horas do dia, essas curvas se encontram nas Figuras 5, 6 e 7.

Através da Tabela 11 nota-se que nas três localidades os maiores valores de $v^3.t$ (diretamente proporcional à energia disponível) ocorrem entre 10 e 16 horas. Considerando-se todo o período (24 horas), o maior valor de $v^3.t$ foi encontrado em Ibitinga (52328,53), segundo de Votuporanga (51086,95) e de Campos do Jordão (38443,36).

Analisando-se a Figura 8, percebe-se que as curvas de duração da velocidade do vento para Votuporanga e Ibitinga se sobrepõem. Nota-se, também, que para uma mesma velocidade do vento, o tempo de duração é maior para Votuporanga e Ibitinga do que para Campos do Jordão. Considerando-se um aeromotor, cuja velocidade inicial de trabalho seja $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, em Campos do Jordão, esse aeromotor terá para o seu funcionamento 82% do tempo disponível, enquanto que em Votuporanga e Ibitinga, o mesmo terá 97% do tempo disponível.

A velocidade nominal, ou seja a velocidade que maximiza o produto $v^3.t$ foi de $2,25 \text{ m.s}^{-1}$ nas três localidades.

As Figuras 9 a 20 mostram a distribuição em percentagem de ocorrência da direção do vento durante os meses do ano de 1979 para Votuporanga. Nota-se que em todos os meses, com exceção de abril, setembro e outubro, a direção predominante o vento foi a NE e SE. Considerando-se o ano todo a direção predominante foi NE seguido de SE, como mostra a Figura 21.

TABELA 2 - Potencial energético eólico de Campos do Jordão (22°44'(S) - 45°35'(W) - 1600 m), horário: 1 hora.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 58 | 365 | 153,98 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 132 | 307 | 599,61 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 103 | 175 | 937,89 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 51 | 72 | 820,12 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 14 | 21 | 436,73 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 5 | 7 | 240,30 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 1 | 2 | 105,47 | 0,0337 |
| 4,0 - 4,5 | 4,25 | 76,77 | 1 | 1 | 76,77 | 0,0491 |

Velocidade nominal = 1,75 m/s

TABELA 3 - Potencial energético eólico de Campos do Jordão (22°44'(S) - 45°35'(W) - 1600 m), horário: 2 horas.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 46 | 365 | 153,98 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 125 | 319 | 623,05 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 140 | 194 | 1039,72 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 43 | 54 | 615,09 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 8 | 11 | 228,77 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 0 | 3 | 102,98 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 2 | 3 | 158,20 | 0,0337 |
| 4,0 - 4,5 | 4,25 | 76,77 | 1 | 1 | 76,77 | 0,0491 |

Velocidade nominal = 1,75 m/s

TABELA 4 - Potencial energético eólico de Votuporanga (20°26'(S) - 49°59'(W) - 510 m), horário: 1 hora.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 6 | 365 | 153,98 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 78 | 359 | 701,17 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 130 | 281 | 1505,98 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 96 | 151 | 1719,98 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 44 | 55 | 1143,83 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 9 | 11 | 377,61 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 2 | 2 | 105,47 | 0,0337 |

Velocidade nominal = 2,25 m/s

TABELA 5 - Potencial energético eólico de Votuporanga (20°26'(S) - 49°59'(W) - 510 m), horário: 2 horas.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 4 | 365 | 153,98 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 52 | 361 | 705,08 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 139 | 309 | 1656,05 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 108 | 170 | 1936,41 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 46 | 62 | 1289,41 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 9 | 16 | 549,25 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 6 | 7 | 369,14 | 0,0337 |
| 4,0 - 4,5 | 4,25 | 76,77 | 1 | 1 | 76,77 | 0,0491 |

Velocidade nominal = 2,25 m/s

TABELA 6 - Potencial energético eólico de Ibitinga (21°45'(S) - 49°00'(W) - 413 m), horário: 1 hora.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 6 | 365 | 153,98 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 59 | 359 | 701,17 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 116 | 300 | 1607,81 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 107 | 184 | 2095,87 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 58 | 77 | 1601,36 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 14 | 19 | 652,23 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 4 | 5 | 263,67 | 0,0337 |
| 4,0 - 4,5 | 4,25 | 76,77 | 1 | 1 | 76,77 | 0,0491 |

Velocidade nominal = 2,25 m/s

TABELA 7 - Potencial energético eólico de Ibitinga (21°45'(S) - 49°00'(W) - 413 m), horário: 2 horas.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 8 | 365 | 153,98 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 47 | 357 | 697,27 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 124 | 310 | 1661,41 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 104 | 186 | 2118,66 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 61 | 82 | 1705,34 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 19 | 21 | 720,89 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 2 | 2 | 105,47 | 0,0337 |

Velocidade nominal = 2,25 m/s

TABELA 8 - Potencial energético eólico de Campos do Jordão (22°44'(S) - 45°35'(W) - 1600 m), total diário: 24 horas.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 597 | 8760 | 3695,62 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 2155 | 8163 | 15943,36 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 2633 | 6008 | 32199,12 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 1986 | 3375 | 38443,36 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 1000 | 1389 | 28886,86 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 302 | 389 | 13353,64 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 60 | 87 | 4587,89 | 0,0337 |
| 4,0 - 4,5 | 4,25 | 76,77 | 21 | 27 | 2072,67 | 0,0491 |
| 4,5 - 5,0 | 4,75 | 107,17 | 3 | 6 | 643,03 | 0,0686 |
| 5,0 - 5,5 | 5,25 | 144,70 | 1 | 3 | 434,11 | 0,0926 |
| 5,5 - 6,0 | 5,75 | 190,11 | 0 | 2 | 380,22 | 0,1217 |
| 6,0 - 6,5 | 6,25 | 244,14 | 1 | 2 | 488,28 | 0,1562 |
| 6,5 - 7,0 | 6,75 | 307,55 | 0 | 1 | 307,55 | 0,1968 |
| 7,0 - 7,5 | 7,25 | 381,08 | 1 | 1 | 381,08 | 0,2439 |

Velocidade nominal = 2,25 m/s

TABELA 9 - Potencial energético eólico de Votuporanga (20°26'(S) - 49°59'(W) - 510 m), total diário: 24 horas.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ .t | Potência kW/un. área |
|-----------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 115 | 8760 | 3695,62 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 1289 | 8645 | 16884,77 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 2871 | 7356 | 39423,56 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 2616 | 4485 | 51086,95 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 1343 | 1869 | 38869,36 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 420 | 526 | 18036,59 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 88 | 106 | 5589,84 | 0,0337 |
| 4,0 - 4,5 | 4,25 | 76,77 | 18 | 18 | 1381,78 | 0,0491 |

Velocidade nominal = 2,25 m/s

TABELA 10 - Potencial energético eólico de Ibitinga (21°45'(S) - 49°00'(W) - 413 m), total diário: 24 horas.

| Classes | Velocidade v (m/s) | v ³ | Frequência | Tempo de ocorrência | v ³ . t | Potência kW/un. área |
|-------------|-----------------------|----------------|------------|------------------------|--------------------|-------------------------|
| < 0,5 | | | 0 | | | |
| 0,5 - 1,0 | 0,75 | 0,42 | 110 | 8760 | 3695,62 | 0,0003 |
| 1,0 - 1,5 | 1,25 | 1,95 | 1118 | 8650 | 16894,53 | 0,0012 |
| 1,5 - 2,0 | 1,75 | 5,36 | 2938 | 7532 | 40366,81 | 0,0034 |
| 2,0 - 2,5 | 2,25 | 11,39 | 2827 | 4594 | 52328,53 | 0,0073 |
| 2,5 - 3,0 | 2,75 | 20,80 | 1333 | 1767 | 36748,08 | 0,0133 |
| 3,0 - 3,5 | 3,25 | 34,33 | 360 | 434 | 14898,41 | 0,0220 |
| 3,5 - 4,0 | 3,75 | 52,73 | 49 | 74 | 3902,34 | 0,0337 |
| 4,0 - 4,5 | 4,25 | 76,77 | 15 | 25 | 1919,14 | 0,0491 |
| 4,5 - 5,0 | 4,75 | 101,17 | 3 | 10 | 1071,72 | 0,0686 |
| 5,0 - 5,5 | 5,25 | 144,70 | 0 | 7 | 1012,92 | 0,0926 |
| 5,5 - 6,0 | 5,75 | 190,11 | 3 | 7 | 1330,77 | 0,1217 |
| 6,0 - 6,5 | 6,25 | 244,14 | 0 | 4 | 976,56 | 0,1562 |
| 6,5 - 7,0 | 6,75 | 307,55 | 0 | 4 | 1230,19 | 0,1968 |
| 7,0 - 7,5 | 7,25 | 381,08 | 0 | 4 | 1524,31 | 0,2439 |
| 7,5 - 8,0 | 7,75 | 465,48 | 2 | 4 | 1861,94 | 0,2979 |
| 8,0 - 8,5 | 8,25 | 561,52 | 0 | 2 | 1123,03 | 0,3594 |
| 8,5 - 9,0 | 8,75 | 669,92 | 0 | 2 | 1339,84 | 0,4287 |
| 9,0 - 9,5 | 9,25 | 791,45 | 0 | 2 | 1582,91 | 0,5065 |
| 9,5 - 10,0 | 9,75 | 926,86 | 1 | 2 | 1853,72 | 0,5932 |
| 10,0 - 10,5 | 10,25 | 1076,89 | 1 | 1 | 1076,89 | 0,6892 |

Velocidade nominal = 2,25 m/s

TABELA 11 - Produto $v^3.t$ correspondente a velocidade nominal horária, em três localidades do Estado de São Paulo.

| Hora | Velocidade nominal ($m.s^{-1}$) | | | $v^3.t$ | | |
|------|-----------------------------------|-------------|----------|-----------|-------------|----------|
| | C. Jordão | Votuporanga | Ibitinga | C. Jordão | Votuporanga | Ibitinga |
| 1 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 820,12 | 1719,98 | 2095,87 |
| 2 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 1039,72 | 1936,41 | 2118,66 |
| 3 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 1093,31 | 1754,16 | 2084,48 |
| 4 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 1071,87 | 2016,14 | 1902,23 |
| 5 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 959,33 | 2232,56 | 1765,55 |
| 6 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 991,48 | 1981,97 | 1822,50 |
| 7 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 959,33 | 2357,86 | 1811,11 |
| 8 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 1345,20 | 2710,97 | 2300,91 |
| 9 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 1034,36 | 2824,87 | 2221,17 |
| 10 | 2,25 | 2,75 | 2,25 | 2859,05 | 3847,42 | 2779,31 |
| 11 | 2,75 | 2,75 | 2,25 | 3743,44 | 3785,03 | 2893,22 |
| 12 | 2,75 | 2,75 | 2,25 | 3889,02 | 3285,91 | 2904,61 |
| 13 | 2,75 | 2,25 | 2,25 | 3909,81 | 2881,83 | 2528,72 |
| 14 | 2,75 | 2,25 | 2,25 | 3743,44 | 2597,06 | 2631,23 |
| 15 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 2904,61 | 2460,37 | 2676,80 |
| 16 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 2916,00 | 2266,73 | 2574,28 |
| 17 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 1970,58 | 1788,33 | 2448,98 |
| 18 | 1,75 | 1,75 | 2,25 | 1313,05 | 1302,33 | 1936,41 |
| 19 | 1,75 | 1,75 | 2,25 | 1259,45 | 1296,97 | 1776,94 |
| 20 | 1,75 | 1,75 | 2,25 | 1077,23 | 1302,33 | 1560,52 |
| 21 | 1,75 | 1,75 | 1,75 | 937,89 | 1334,48 | 1861,94 |
| 22 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 1034,36 | 1503,56 | 1822,50 |
| 23 | 1,75 | 2,25 | 2,25 | 1082,58 | 1685,81 | 2038,92 |
| 24 | 1,75 | 1,75 | 2,25 | 937,89 | 1505,98 | 1970,58 |
| Dia | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 38443,36 | 51086,95 | 52328,53 |

CONCLUSÕES

Os resultados alcançados até agora evidenciam a necessidade de se prosseguir na análise dos dados das outras localidades de São Paulo, uma vez que ocorrem variações tanto de local para local como, também, devido à época do ano.

Para as três localidades já estudadas, os maiores valores de $v^3.t$ (diretamente proporcional à energia disponível) ocorrem entre 10 e 16 horas.

REFERÊNCIAS

- CEBALLOS, S.C.; BASTOS, J.B.; LUCENA, G.H. Potencial Eólico do Nordeste Brasileiro. *Anais do 2º CBMET*, Pelotas, RS, 1982.
- MIALHE, L.G. *A energia dos ventos*. In: Máquinas Motoras na Agricultura. Vol. 1. EPU/EDUSP, São Paulo, 1980. 289 p.
- PUTNAM, P.C. *Power from the wind*. D. Van Nostrand Company, Inc., 1949. 224 p.
- TURNER, D.B. Comparison of three methods for calculating the standard deviation of wind direction. *J. Climate Appl. Meteor.*, 25:703-707, 1986.

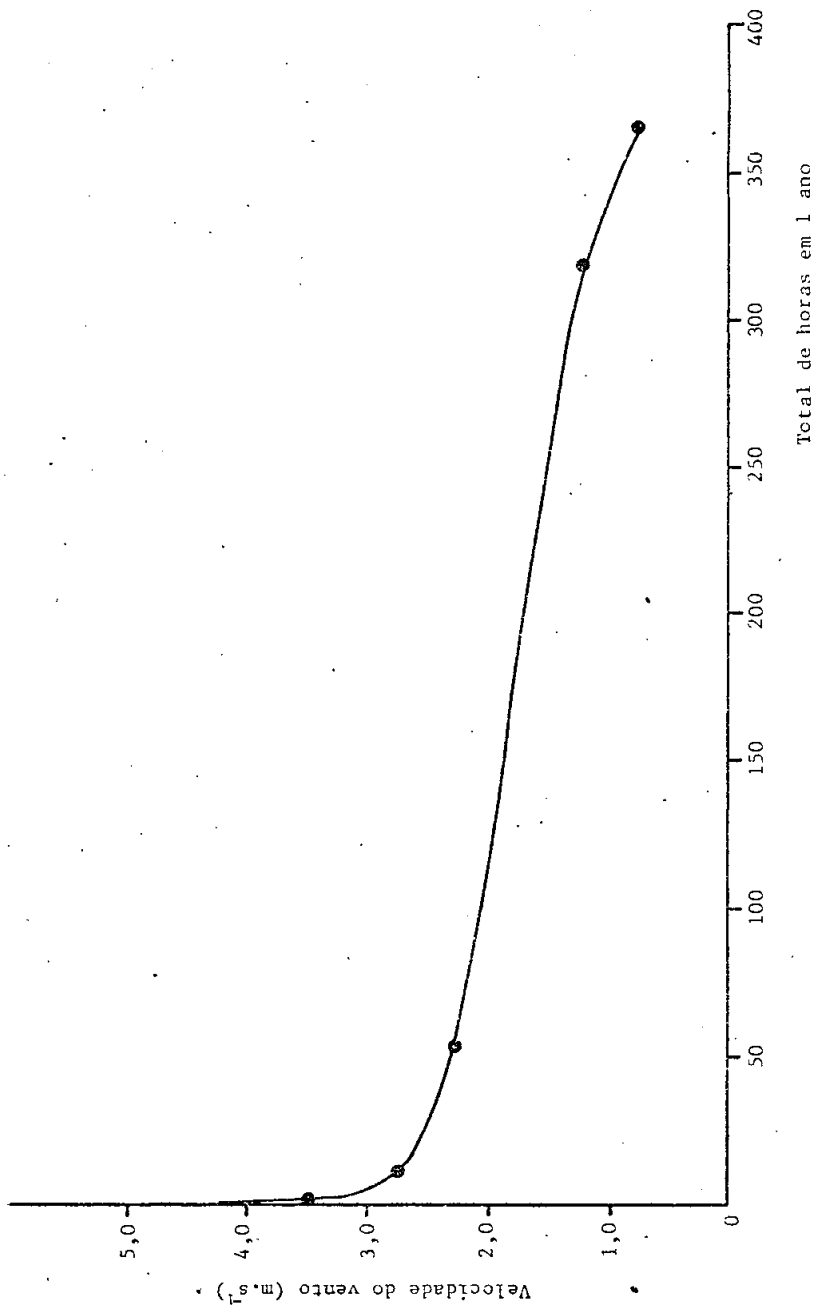


FIGURA 2 - Curva de duração da velocidade do vento para Campos do Jordão (horário - 2 horas).

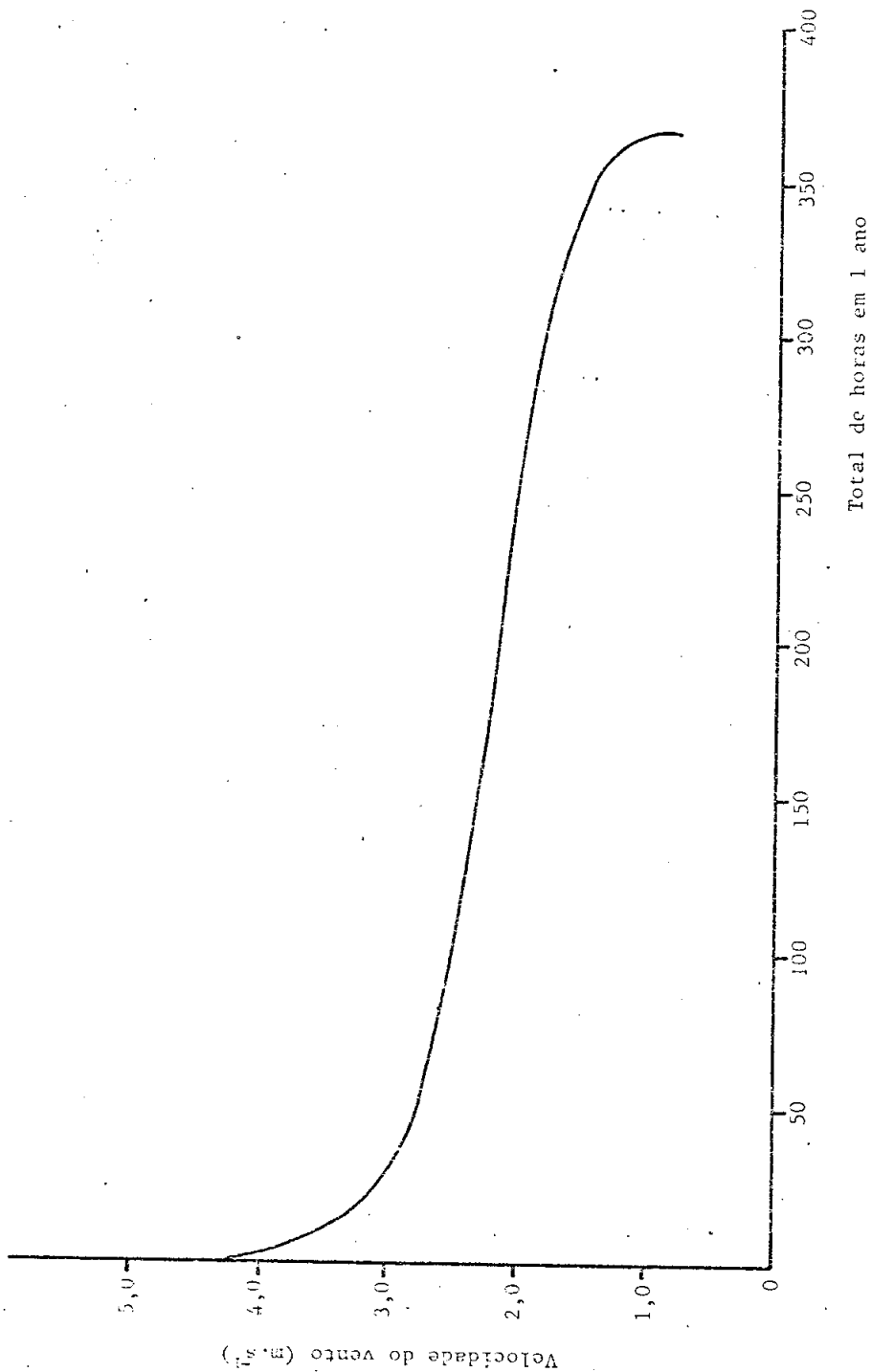


FIGURA 3 - Curva de duração da velocidade do vento para Votuporanga (horário - 2 horas).

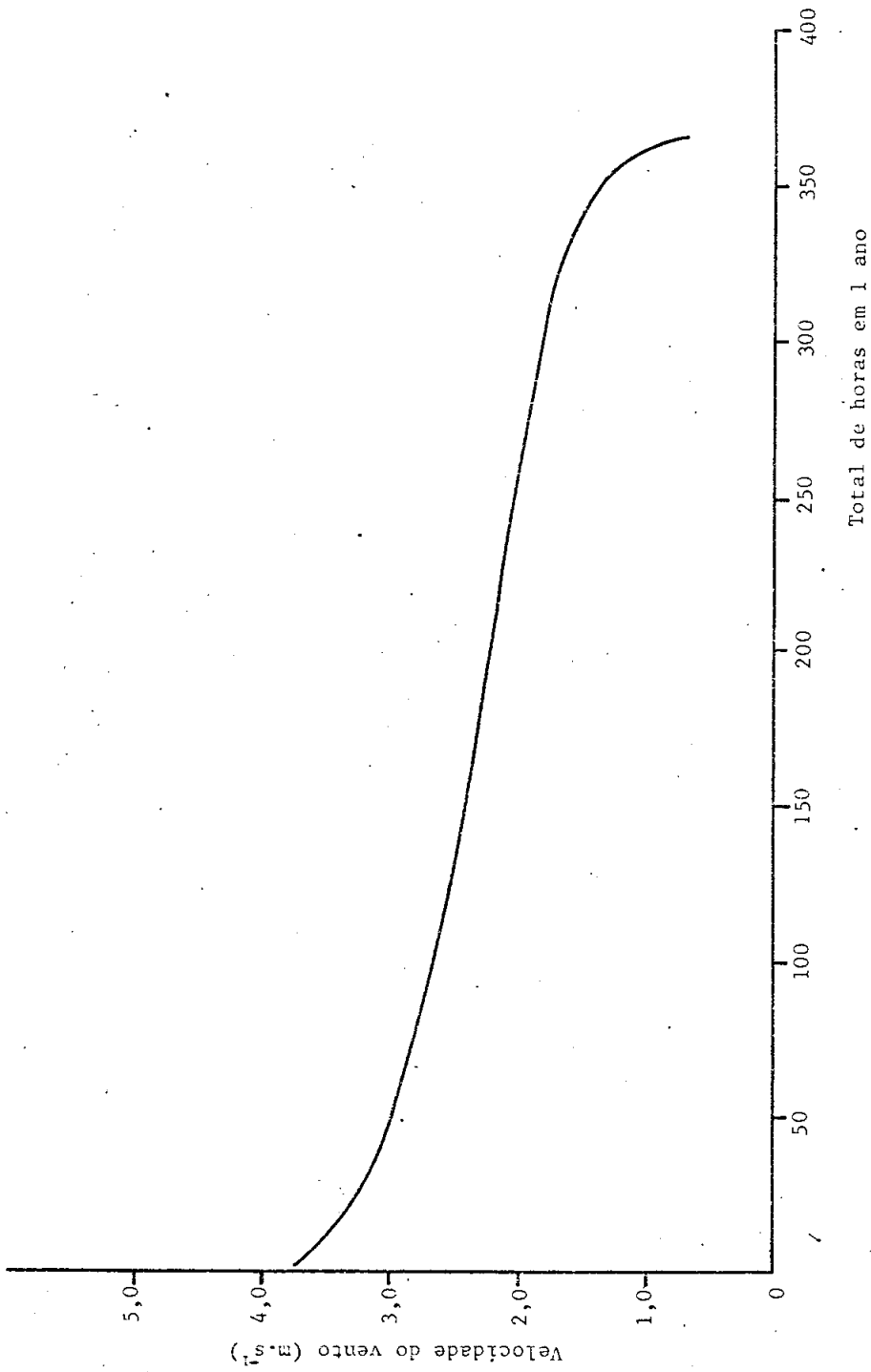


FIGURA 4 - Curva de duração da velocidade do vento para Ibitinga (horário - 2 horas).

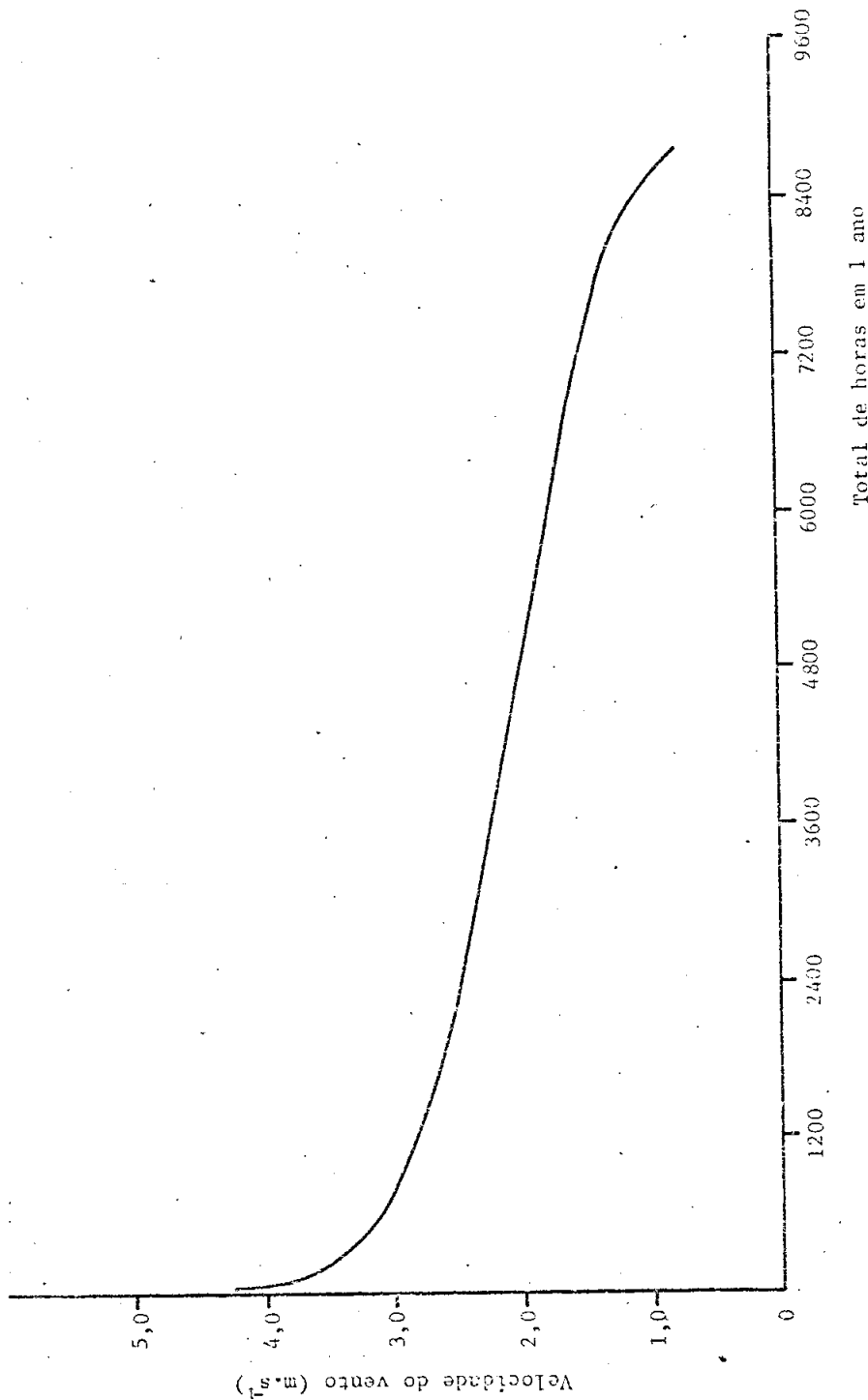


FIGURA 5 - Curva de duração da velocidade do vento para Campos do Jordão (total diário - 24 horas).

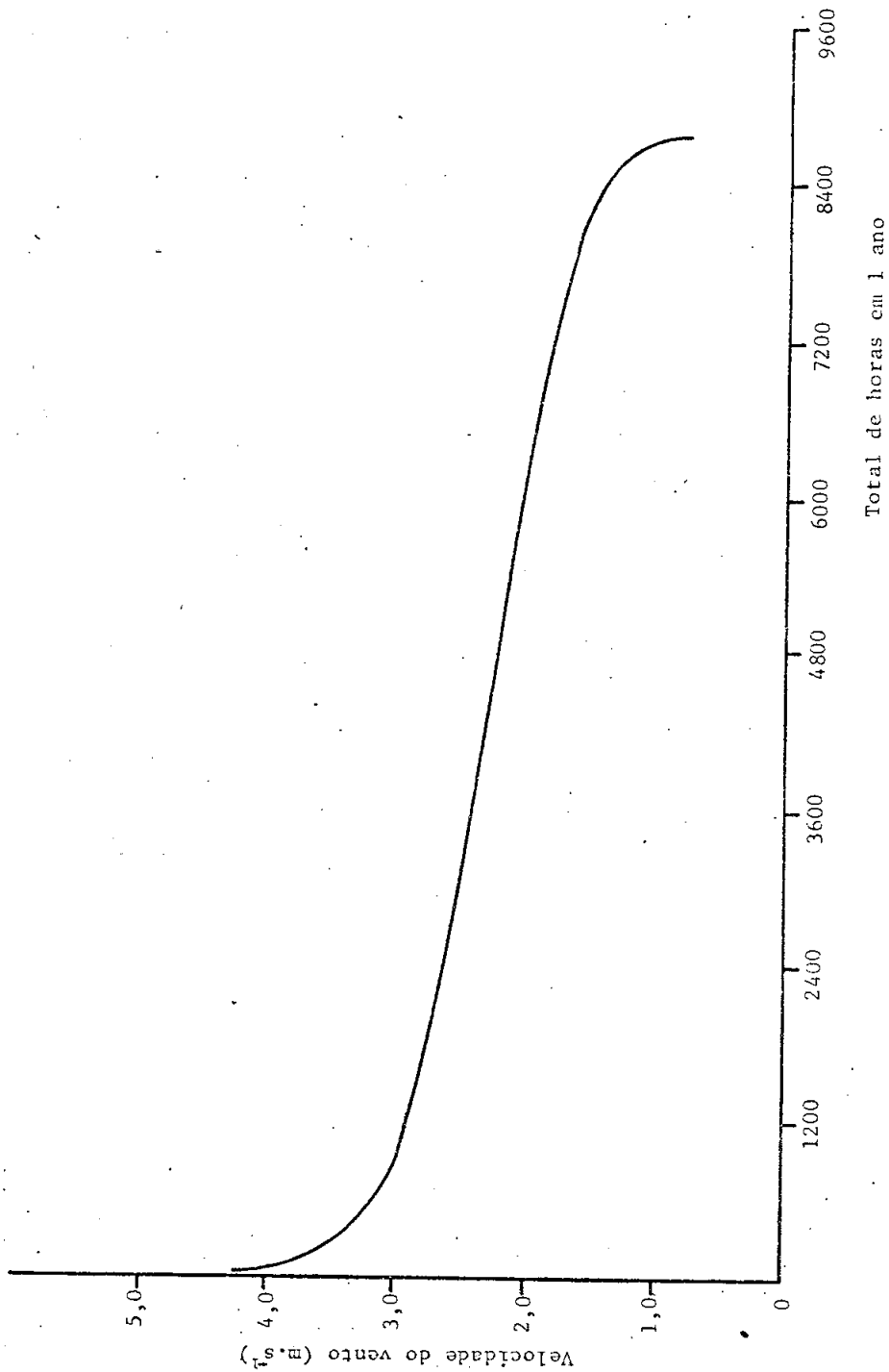


FIGURA 6 - Curva de duração da velocidade do vento para Votuporanga (total diário - 24 horas).

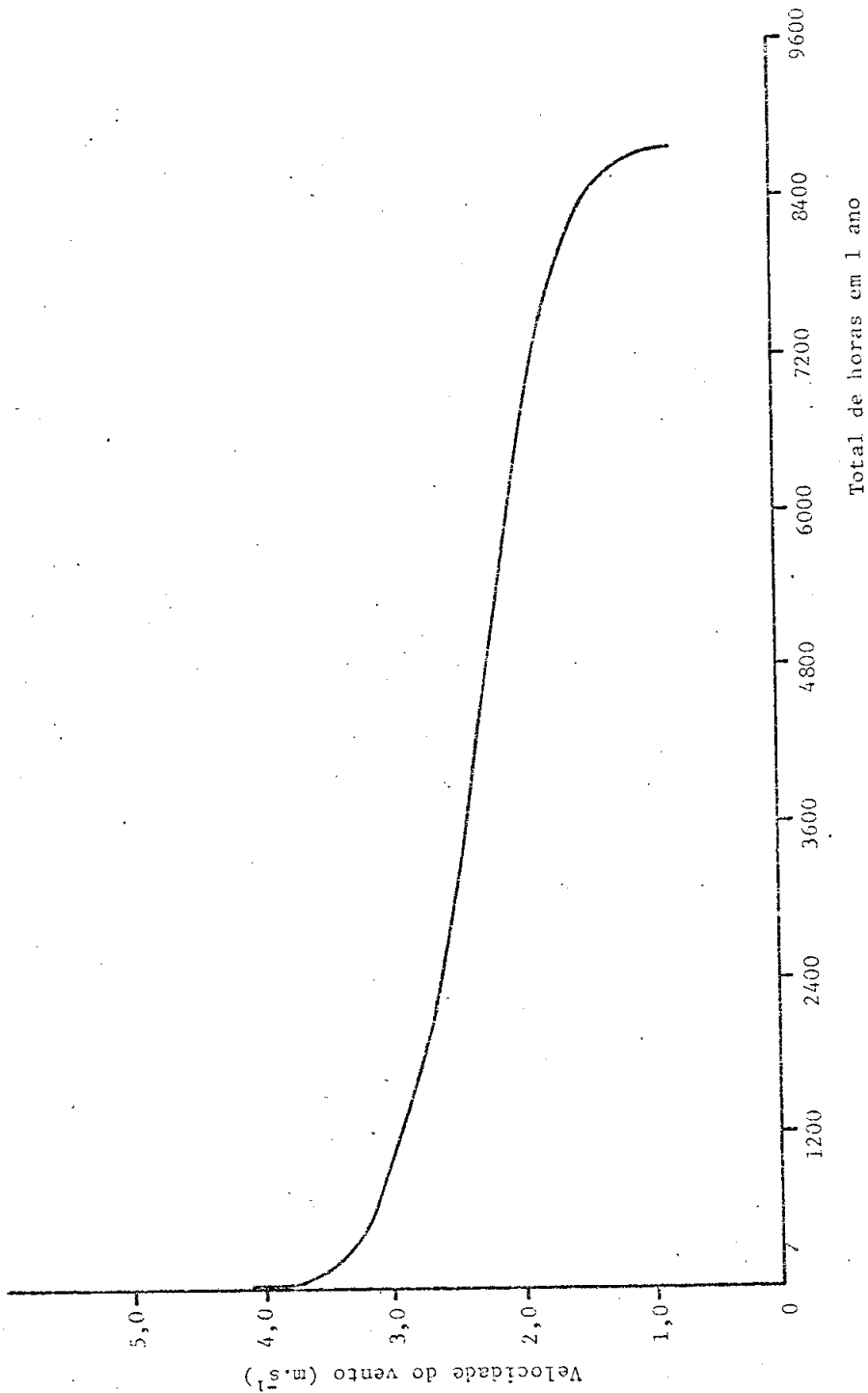


FIGURA 7 - Curva de duração da velocidade do vento para Ibitinga (total diário - 24 horas).

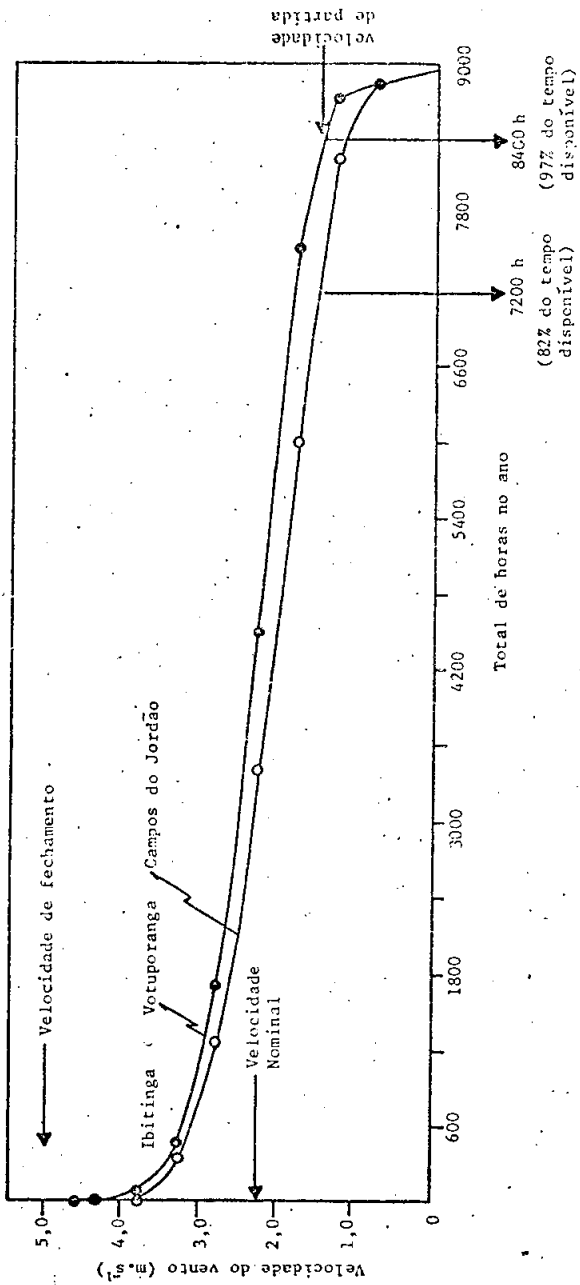


FIGURA 8 - Curva de duração da velocidade do vento em três localidades do Estado de São Paulo.

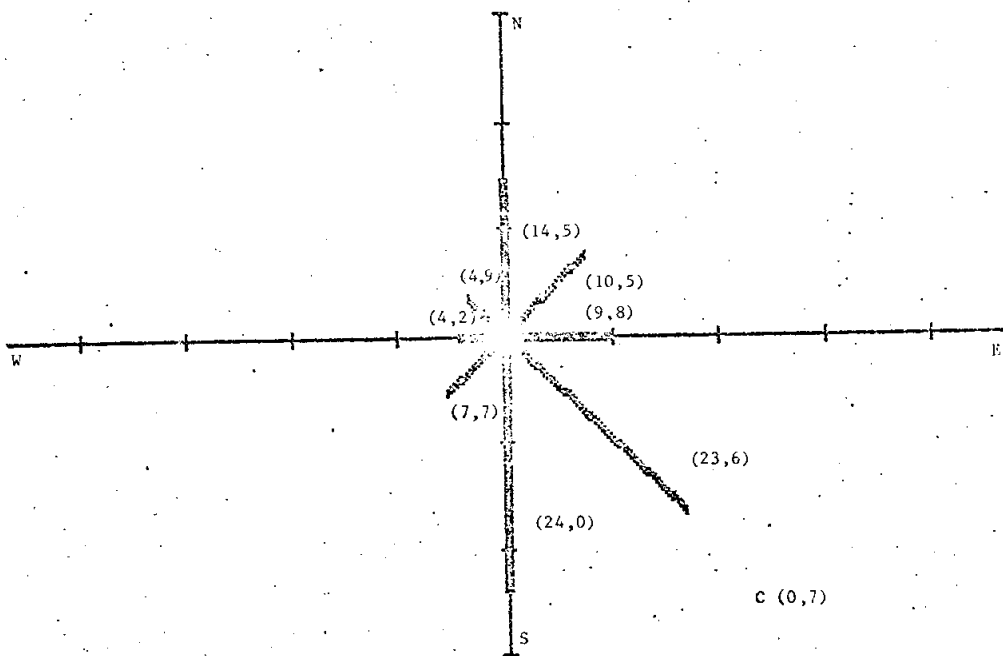


FIG. 9 - DIR. VENTO-VEZUPORANCA (JANEIRO/70)

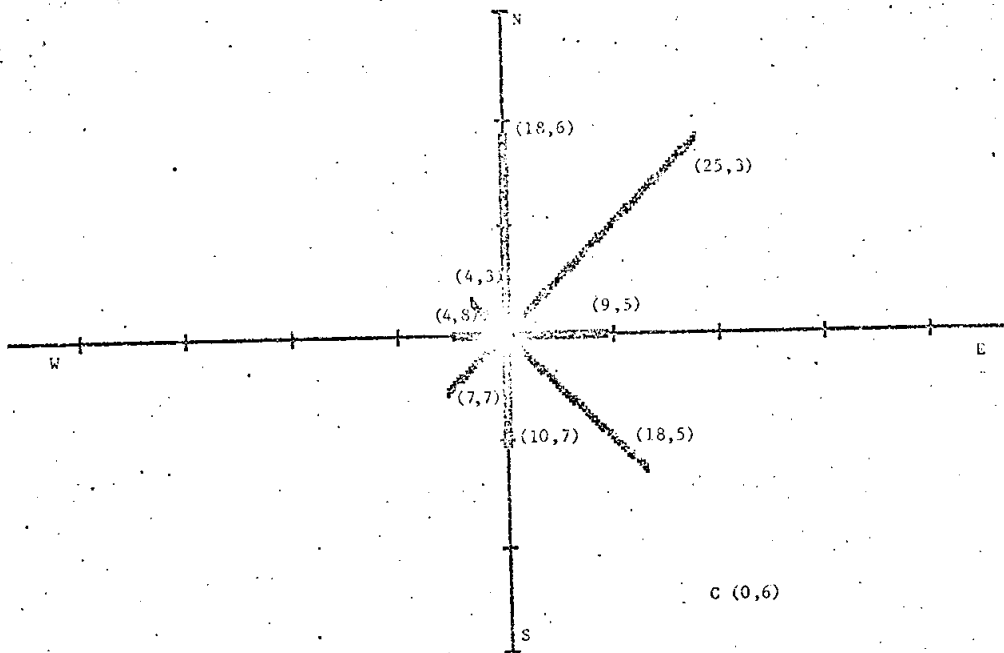


FIG. 10- DIR. UENTO- UOTIPORANCA- FEVEREIRO/70

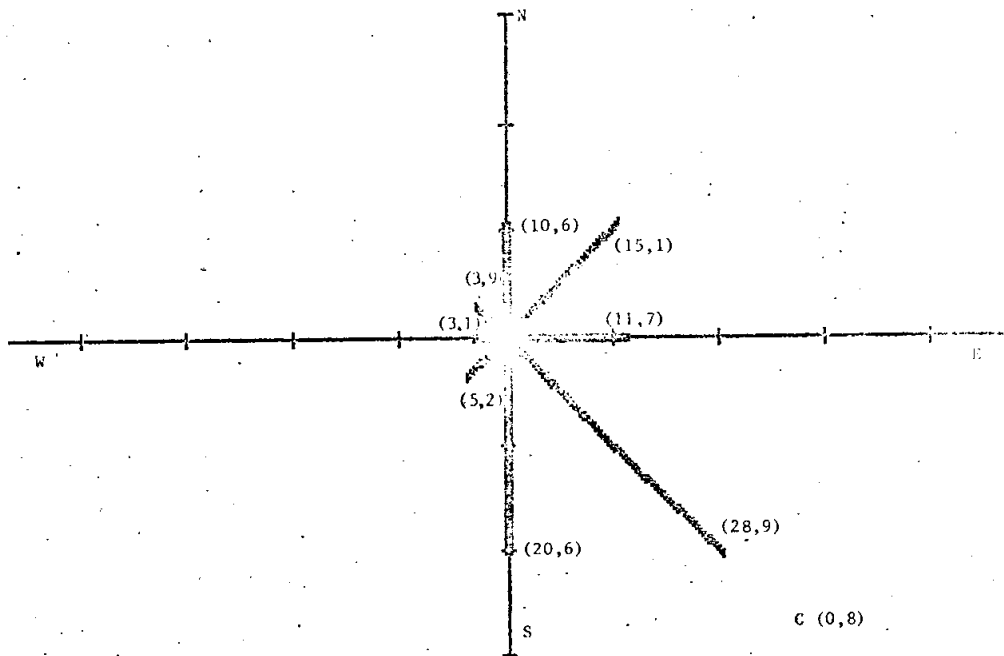


FIG. 11 - DIR. VENTO-VELOCIDADE (M/MO/TM)

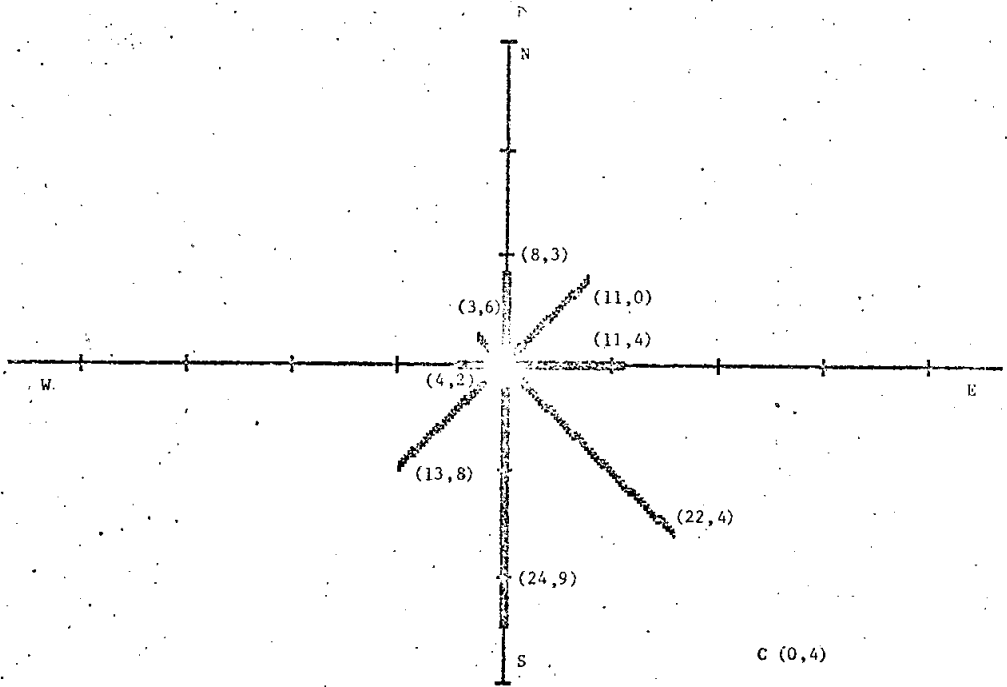


FIG. 12 - DIR. UENTO-UOTIPORANGA (ABRIL/79)

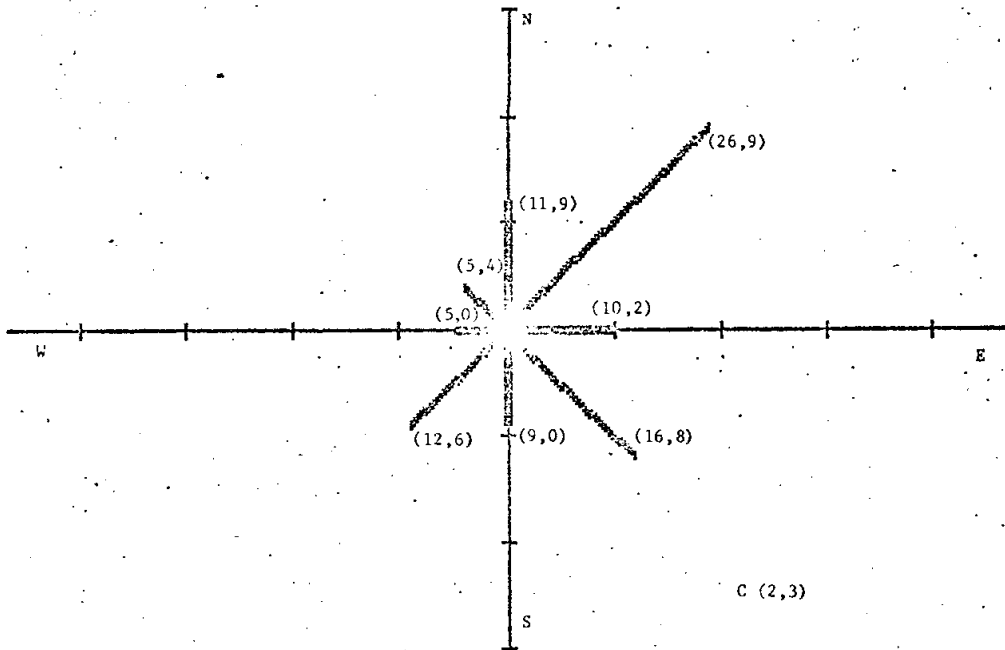


FIG. 13 - DIR. VENTO-UOTIPORANGA (MAIO/79)

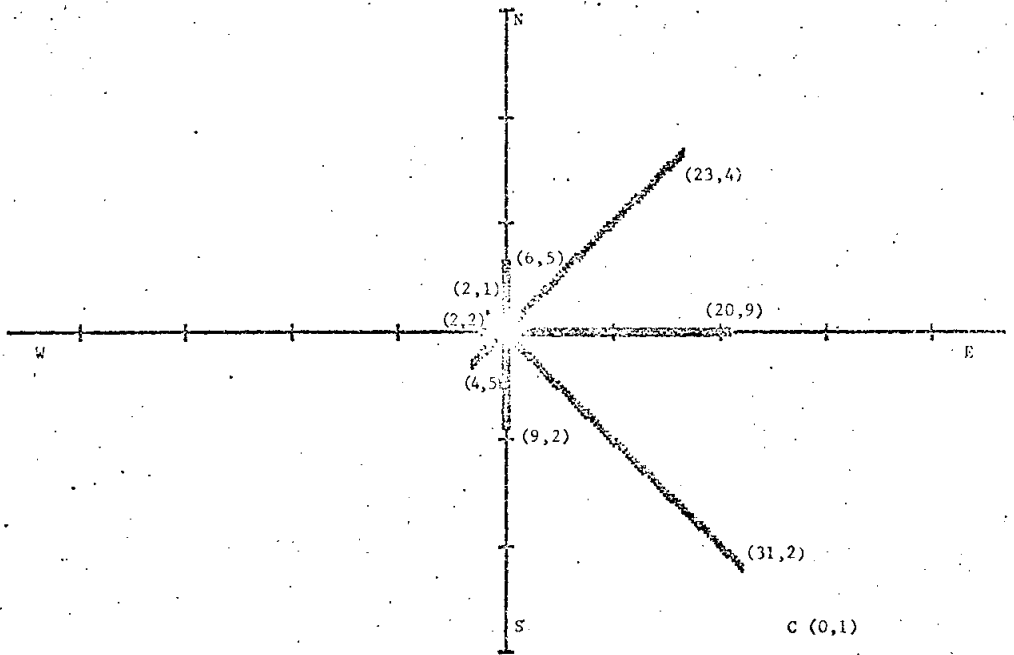


FIG. 14 - DIR. VENTO - UOTIPORANGA (JUNHO/79)

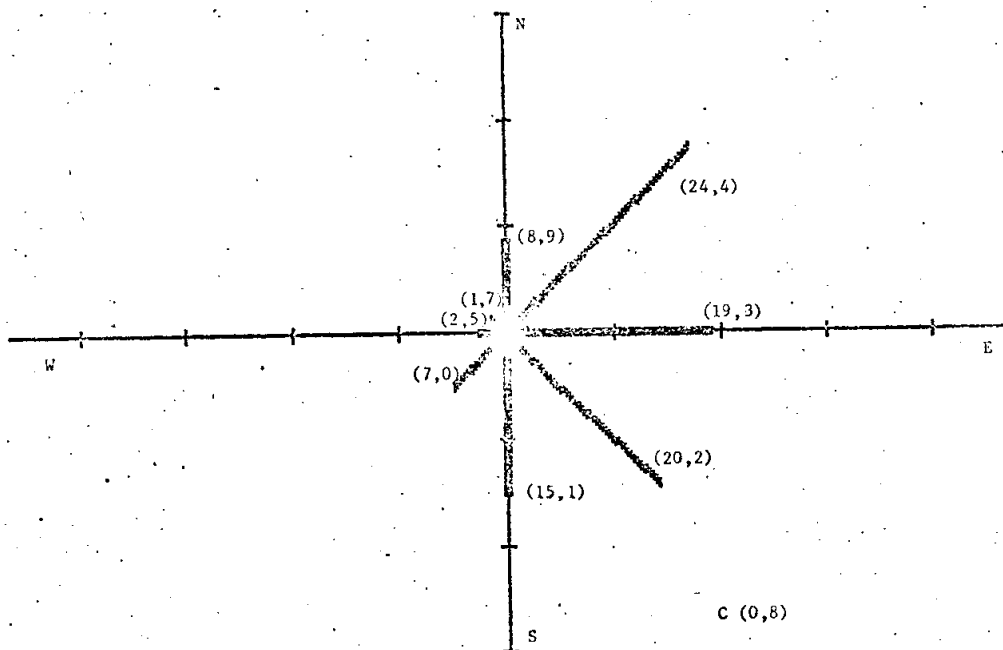


FIG. 15 - DIR. VIENTO-UOTIROBANGA (JULIO/79)

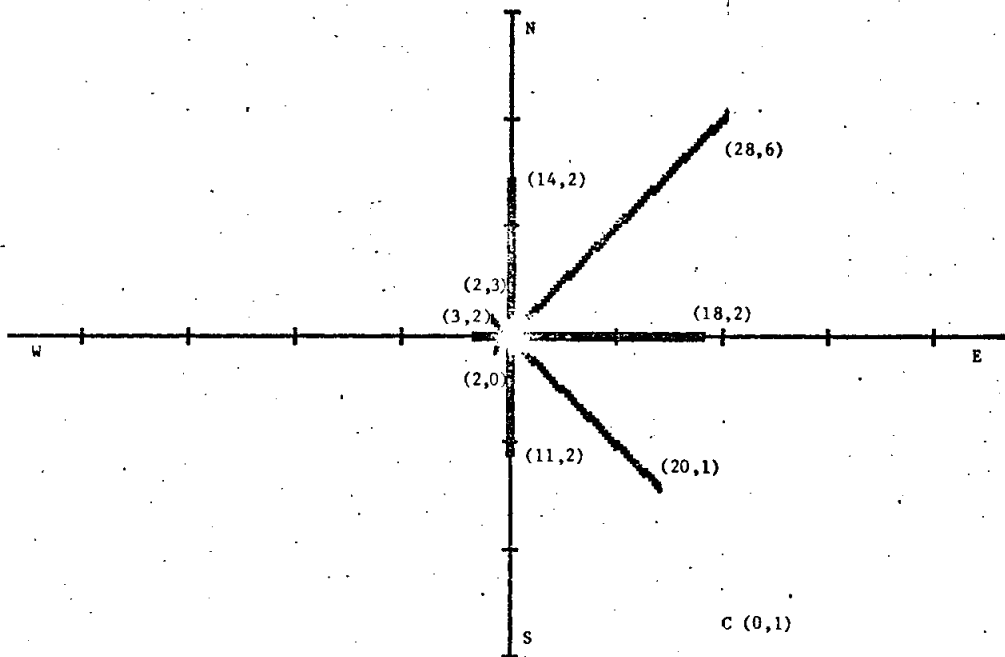


FIG. 16 - DIR. UENTO-UOTUPORANGA (AGOSTO/79)

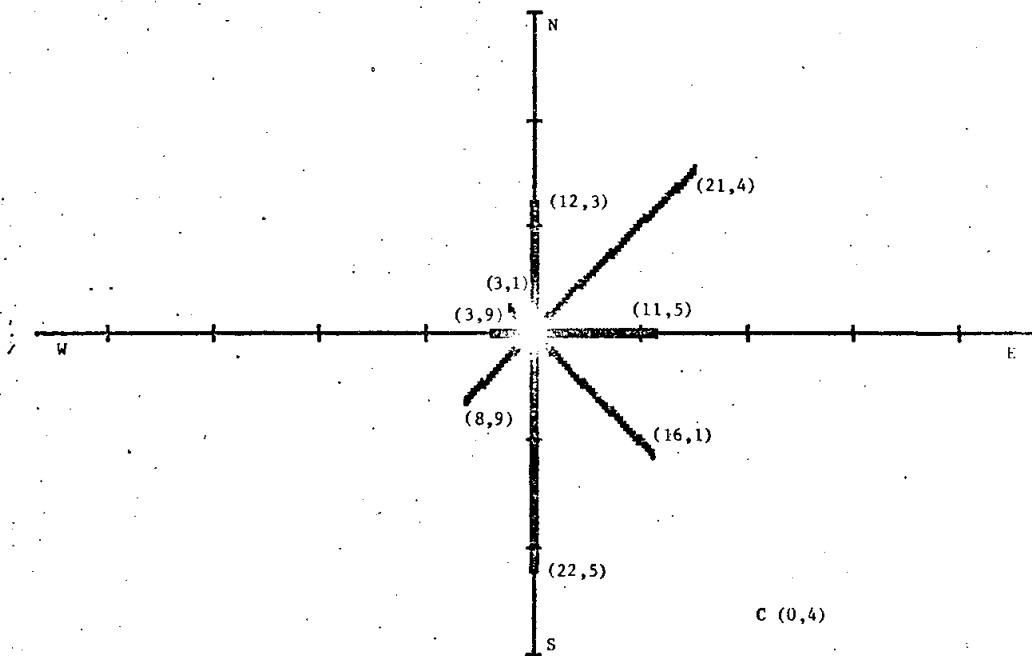


FIG. 17 - DIR. UENTO-UOTUPORANGA (SETEMBRO/79)

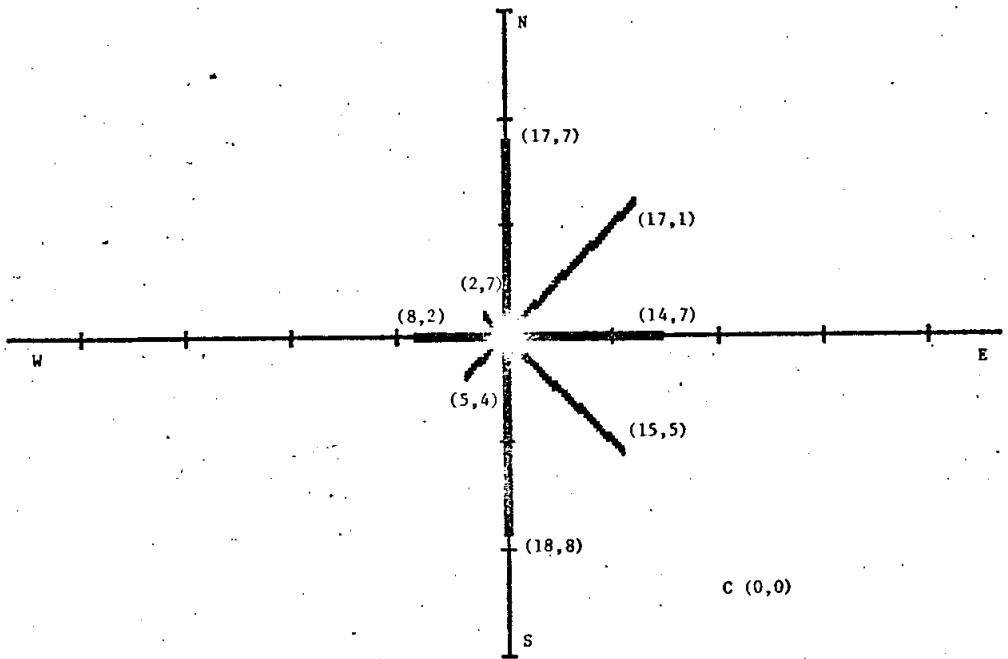


FIG. 18 - DIR. UENTO - UOTUPORANGA (OUTUBRO/79)

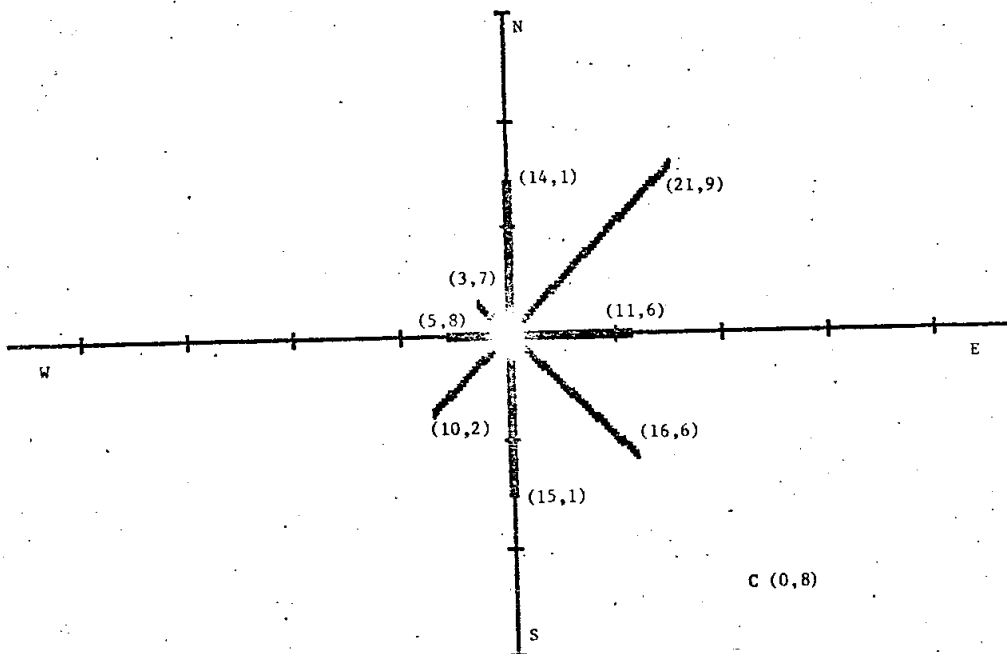


FIG. 19 - DIR. DO VENTO - UOTUPORANGA (NOVEMBRO)

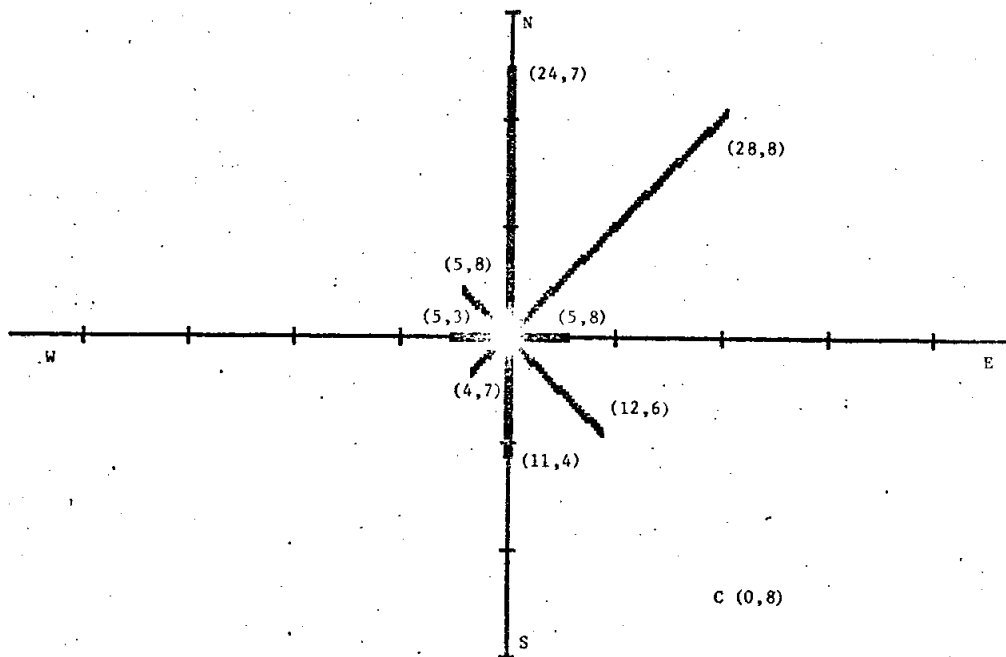


FIG. 20 - DIR. DO VENTO - UOTUPORANGA (DEZEMBRO)

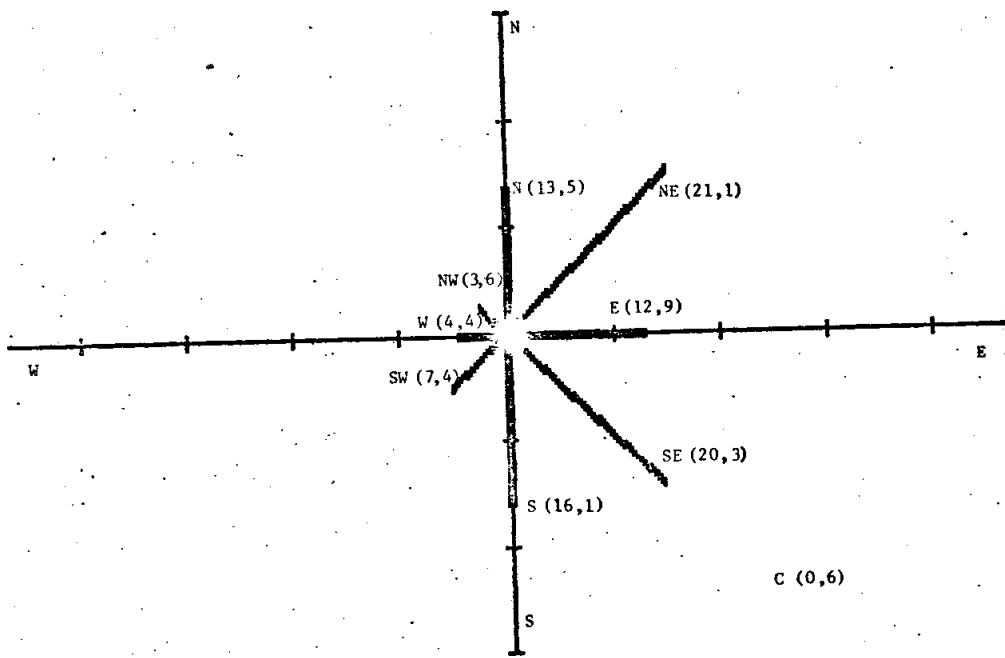


FIG. 21 - DIR.DO VENTØ - UOTUPORANGA/79