

10643  
1987  
FL-PP-10643

# 14 ANOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS EM BELÉM



Daniel Cardon  
Maria Gil Maltez  
Terezinha Bastos  
Tatiana D.A.S. Diniz

Há alguns anos, os quatro autores desta publicação, que pertencem a Instituições diferentes: UFPA, EMBRAPA-CPATU e ORSTOM, têm trabalhado em equipe, objetivando realizar pesquisas na área de agro-meteorologia, utilizando os dados que vêm sendo coletados há mais de 14 anos pelas estações meteorológicas da região.

Essa colaboração tem sido bastante produtiva. Vários resultados têm sido apresentados e publicados, tanto no Brasil como no exterior.

**Maria Gil Maltez** é professora Adjunto IV do Departamento de Informática da UFPA. Bacharel em Matemática (1965) pela Universidade de Rio Claro - S. Paulo. Mestre (1972) pela Universidade Paris VI - França e Docteur d'Etat (1980) pela Universidade Paul Sabatier de Toulouse - França. É membro de diversas Sociedades Científicas, sendo membro fundadora da Academia Paraense de Ciências - APACi. É autora de vários trabalhos de pesquisa, assim como de artigos de divulgação científica, publicados no jornal **O Liberal**.

# 14 ANOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS EM BELÉM



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

**Reitor:** José Seixas Lourenço

**Vice-Reitor:** Almir de Morisson Faria

**Pró-Reitores:** Suely Conceição Frahia – Administração; Ruth B. Moraes – Ensino; Nilson Pinto de Oliveira – Extensão; Raimundo Netuno Villas – Pesquisa; José Adelino Noronha – Planejamento

#### CONSELHO EDITORIAL

**Presidente:** Raimundo Netuno Villas

**Membros:** Amarílis Tupiassu, João Farias Guerreiro, Marcos Ximenes, Olavo Galvão.

GRÁFICA E EDITORA UNIVERSITÁRIA

**Diretor:** Ivan Brasil

**Catálogo na fonte:** Biblioteca Central da UFPA.

---

14 anos de medidas meteorológicas em Belém / Maria Gil Lopes Maltez, et al. – Belém, Universidade Federal do Pará, 1987. .  
29 p. il.

1. METEOROLOGIA – Belém-Pará. I. Maltez, Maria Gil Lopes. II. Título.

CDD – 551.509811

Arquivo  
PATU:  
1ª edição  
Belém, 15/10/87

FL  
10643

10643

# 14 ANOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS EM BELÉM



Daniel CARDON  
Pesquisador da O.R.S.T.O.M./EMBRAPA

Maria Gil MALTEZ  
Prof. Adjunto IV – Docteur d’Etat (UFPA)

Terezinha BASTOS  
Eng. Agrônoma – M. Sc. (EMBRAPA)

Tatiana D. de A. S. DINIZ  
Eng. Agrônoma – M. Sc. (EMBRAPA)



BELÉM - 1987

Editora participante do PIDL

Título e texto amparados pela Lei n. 5988, de 14 de dezembro de 1973

Reservados à Universidade Federal do Pará todos os direitos de tradução e adaptação.

1ª edição – 600 exemplares – 1987 – UFPA

**Coordenação de Editoração:** Ivan Brasil  
Eunice Ribeiro

**Normalização Técnica:** Maria das Graças Pena

**Editoração do texto:** Eunice Ribeiro

**Paginação:** Manoel Lima

**Capa:** Alcindo Cavalcante

**Composição:** Luiz Castro

ISBN – 85-247-0025-4

Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme Decreto n. 1825 de 20 de dezembro de 1907

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradecemos o apoio,  
durante o desenvolvimento deste trabalho,  
das seguintes instituições,  
sem o qual,  
ele não poderia ter sido realizado:  
Universidade Federal do Pará (UFPA),  
em particular,  
a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP)  
e o Serviço de Computação (SECOM).  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)  
em especial à Divisão de Climatologia  
e Departamento de Métodos Quantitativos*

## LISTA DE FIGURAS

- 1 - Gráficos de variação das temperaturas e da umidade relativa diárias / 11
- 2 - Frequência de ocorrência das temperaturas em função da estação / 11
- 3 - Média mensal das temperaturas / 14
- 4 - Valor mínimo de umidade relativa do ar por estação de mês / 15
- 5 - Frequência de ocorrência de umidade relativa do ar de acordo com a estação de observação (em percentual) / 16
- 6 - Frequência de ocorrência de umidade relativa do ar em função da estação / 17
- 7 - Médias mensais de umidade relativa e de traço de vapor de água (TV) / 18

## APRESENTAÇÃO

A finalidade do presente trabalho é colocar à disposição dos interessados, o máximo de informações agroclimáticas da região de Belém-PA, sob uma forma tão simples quanto possível. Por essa razão, evitou-se os longos textos explicativos, preferindo-se utilizar recursos gráficos, que são mais fáceis e rápidos de serem interpretados.

Para não fugir da finalidade proposta, foram descritos os diferentes parâmetros com sua variação sazonal, sem interpretação climática dos resultados. Entretanto, procurou-se sempre que possível, mostrar que a grande regularidade da suas médias diárias mascaram freqüentemente variações diurnas importantes.

Enfim, para permitir ao leitor utilizar da melhor maneira possível os resultados apresentados, indicou-se a precisão com que eles foram obtidos, considerando-se os métodos de trabalho e os equipamentos utilizados.

## LISTA DE FIGURAS

- 1 – Limites de variação das temperaturas e a amplitude térmica diária / 12
- 2 – Freqüência de ocorrência das temperaturas em função da estação / 13
- 3 – Média mensal das temperaturas / 14
- 4 – Valor mínimo da umidade relativa do ar em função do mês / 15
- 5 – Freqüência de ocorrência de umidade relativa do ar e da tensão de vapor de água (todas as variáveis) / 16
- 6 – Freqüência de ocorrência das umidades do ar em função da estação / 17
- 7 – Médias mensais da umidade relativa e da tensão de vapor de água (TV) / 18
- 8 – Percurso do vento / 19
- 9 – Precipitações mensais médias. a) soma das observações dos vários horários. b) total / 20
- 10 – Evolução com o mês e a hora de observação, da percentagem de aparecimento da chuva / 21
- 11 – Percentagem de dias sem chuva ou com chuva menor do que 5 e 40mm / 21
- 12 – Distribuição da quantia total de chuva seguindo classes de pluviometria diária / 22
- 13 – Evolução mensal de radiação global em Belém / 23
- 14 – Evolução mensal da duração do brilho solar em Belém / 23
- 15 – Análise da freqüência da duração do brilho solar em função da estação / 24
- 16 – Evolução mensal da evaporação média diária do Piche e do tanque classe A / 25
- 17 – Contribuição relativa de cada termo na evapotranspiração segundo PENMAN / 25
- 18 – Evaporação do tanque classe A evapotranspiração segundo PENMAN / 26
- 19 – Comparação de várias fórmulas de evapotranspiração / 26

# INTRODUÇÃO

No âmbito do programa "SOLUÇÃO D'ÁGUA" em 1960, que visa ao desenvolvimento de sistemas de irrigação em regiões áridas e semi-áridas, foram criadas 74 estações de medição em 1960, de acordo com o CRP/DA - CIBR/FAO (CPATU - Centro de Pesquisas Agrícolas em Trópico e Sub-tropico, CIBR/FAO - Centro de Pesquisas Agrícolas, situado em Brasília, DF).

Uma das estações criadas foi a estação de medição de Salgueiro, localizada no município de Salgueiro, Pernambuco, com o objetivo de medir as condições climáticas locais.

A instalação desta estação consistiu de um conjunto de instrumentos de medição, por meio dos quais foram coletadas informações sobre as condições climáticas locais, tais como: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, direção do vento, radiação global, duração de insolação, evaporação e evapotranspiração.

A instalação foi feita em um terreno plano, com uma área de 100 metros quadrados, e os instrumentos foram instalados em um ponto centralizado no terreno.

Essa estação foi instalada em 1960, com o objetivo de medir as condições climáticas locais, e os dados foram coletados durante o período de 1960 a 1962.

Os dados coletados foram analisados e os resultados foram publicados em um relatório técnico, intitulado "Relatório Técnico de Salgueiro, Pernambuco, 1960-1962".

Este relatório técnico contém informações sobre as condições climáticas locais, e os dados coletados durante o período de 1960 a 1962.

Os dados coletados foram analisados e os resultados foram publicados em um relatório técnico, intitulado "Relatório Técnico de Salgueiro, Pernambuco, 1960-1962".

Este relatório técnico contém informações sobre as condições climáticas locais, e os dados coletados durante o período de 1960 a 1962.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
INTRODUÇÃO E HISTÓRICO DA ESTAÇÃO	1
1 COMPOSIÇÃO E HISTÓRICO DA ESTAÇÃO	1
2 TEMPERATURAS	2
3 UMIDADE RELATIVA DO AR E TENSÃO DE VAPOR DE ÁGUA	3
4 MEDIDAS DE VENTO	5
4.1 Direção do Vento	5
4.2 Velocidade do Vento	5
5 PLUVIOMETRIA	7
6 RADIAÇÃO GLOBAL E DURAÇÃO DE INSOLAÇÃO	8
7 EVAPORAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO	9
7.1 Evaporação de Piche e tanque classe A	9
7.2 Estimativa de Evapotranspiração por utilização de fórmulas	9
CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

## INTRODUÇÃO

No contexto do programa SISCLIMA (CARDON et al, 1985), que trata do desenvolvimento de um sistema de informações agro-meteorológicas computadorizado, foram utilizados 14 anos de dados (1971-1984) da estação do CPATU — EMBRAPA (CPATU: Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido; EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), situada em Belém para testar o referido sistema.

Uma das partes importantes do sistema é o *programa de verificação dos dados brutos* que pode dispor de um ou mais testes para cada dado.

A aplicação de tal programa necessita de um bom conhecimento dos dados-teste. Por isso, estes sofreram uma verificação minuciosa antes de serem tratados. O presente trabalho trata da apresentação desses dados; e pode ser considerado como um subproduto de SISCLIMA.

De um modo geral, os referidos dados foram tratados com ajuda de dois programas, que fornecem:

- a evolução mensal da média e dos valores extremos dos parâmetros estudados;
- a distribuição, por classe, dos valores assumidos por esses parâmetros, com variações que dependem da natureza do dado (direção do vento, etc.).

Esses programas, foram primeiramente aplicados aos dados brutos, tanto para observações de 9:00, 15:00 quanto para as 21:00 horas. Em seguida, foram tratados de modo semelhante: as médias diárias, que são muito mais interessantes do ponto de vista do usuário.

Não seria possível, nem desejável, apresentar no presente trabalho todos os resultados obtidos. Sendo assim, será mostrado, para cada parâmetro, os resultados mais representativos.

Para não induzir o usuário a erros, por exemplo, de uma falsa precisão, procurou-se sempre indicar os limites de validade dos resultados apresentados, considerando-se as condições em que foram feitas as coletas de dados e os equipamentos utilizados.

No primeiro parágrafo, explicou-se a composição da estação meteorológica e seu histórico. Em seguida, e por ordem, são tratados os seguintes parâmetros:

- diversas temperaturas;
- umidade relativa do ar e pressão do vapor de água;
- direção e velocidade do vento;
- pluviometria;
- radiação global e duração da insolação;
- evaporação de Piche e do tanque classe A.

Enfim, para corresponder à expectativa do usuário que está interessado no balanço hídrico, comparou-se de modo sucinto as evaporações potenciais mensais, obtidas com ajuda de diferentes fórmulas.

## 1 COMPOSIÇÃO E HISTÓRICO DA ESTAÇÃO

A estação meteorológica do CPATU está situada na periferia de Belém (PA), a 47 graus 27' de longitude Oeste e 1 grau 28' de latitude Sul. Ela está instalada no meio de um gramado irrigado, muito bem conservado, mas, próximo (50 metros) de obstáculos relativamente altos, como casas e árvores de tamanho médio.

Os valores da tabela 1, mostram os diferentes tipos de medidas que são ali efetuadas, dos equipamentos utilizados, do ano de sua colocação em serviço e, eventualmente, de sua retirada de uso.

Como se pode constatar, as primeiras medidas datam de 1967, mas como os originais dos dados brutos entre 1967 e 1970, desapareceram, a amostra de dados tratados começa em 1971. É necessário, igualmente, notar que as medidas de radiação global, utilizadas foram as da estação vizinha do INEMET (Instituto Nacional de Meteorologia), até ser instalado um piranômetro no CPATU, em 1982. O mesmo foi feito para completar os períodos sem medida, entre 1982 e 1984.

Um certo número de parâmetros como temperatura, umidade e radiação global são medidos ao mesmo tempo por um captor com leitura direta e por um registrador. Os valores dados pelos registros não foram considerados neste estudo, servindo somente para a verificação de dados considerados duvidosos.

TABELA 1

## COMPOSIÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CPATU

Equipamento		Parâmetros Medidos	Em Serviço	Fora de Serviço
Tipo	Marca			
Psicrômetro	LAMBRECHT	Temperaturas seca e úmida	1967	
Termômetro	LAMBRECHT	Temperatura máxima e Temperatura mínima	1967	
Higrotermógrafo	THEIS	Temperatura, umidade (registros)	1967	
Pluviômetro	THEIS	Precipitação	1967	
Pluviógrafo	THEIS	Precipitação (registro)	1968	
Piche	LAMBRECHT	Evaporação	1967	
Tanque Classe A	IH	Evaporação	1968	
Anemômetro Totalizador	IH	Caminho percorrido pelo vento	1970	1982
Anemômetro	FUESS tipo WILD	Velocidade e direção do vento	1968	1981
Piranômetro	EPPLEY	Radiação global*	1978	
Piranômetro	KIPP & ZONEN	Radiação global**	1982	
Actinógrafo	THEIS	Radiação global**	1981	
Heliógrafo	THEIS	Duração de insolação	1967	

\* Este aparelho faz parte da estação vizinha do INEMET

\*\* Medidas com interrupções

## 2 TEMPERATURAS

Foram medidas em cada estação, durante o dia, cinco temperaturas às 09:00, 15:00 e 21:00 horas (T09, T15 e T21), a temperatura máxima (TX) e temperatura mínima (TN). A temperatura média (TS) sobre 24 horas foi estimada utilizando a relação proposta pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET, 1964):

$$TS = (T09 + 2 \cdot T21 + TX + TN)/5$$

Como em certas fórmulas (PENMAN, 1948) interessa a temperatura média diurna ( $T_{diu}$ ), esta grandeza foi, também, estimada a partir da fórmula proposta pelo INEMET (1964):

$$T_{diu} = (T_{09} + T_{15} + T_{21})/3$$

Foram estudados sucessivamente: o intervalo de variação de cada temperatura (figura 1), sua distribuição nesse intervalo em função da estação (figura 2) e seu valor médio mensal (figura 3).

A figura 1 foi feita traçando-se a curva do maior valor de temperatura para cada mês e para cada temperatura considerada. O mesmo foi feito para o menor valor. O intervalo de variação é o espaço entre essas duas curvas. Essa figura mostra que as temperaturas máximas de 09:00, 15:00 e 21:00 horas variam pouco durante o ano e são respectivamente da ordem de 29,5; 33,5 e 28 graus. As mínimas sofrem variações maiores em função do mês, particularmente as 09:00 e 15:00 horas. Entretanto, é possível que essas variações se atenuassem se houvesse disponibilidade de uma amostra maior (ver a temperatura de 9:00 horas no mês de outubro). A temperatura máxima possível durante todo ano é da ordem de 34 graus, com ligeiro pico em dezembro. Por outro lado, os valores inferiores da máxima diária sofrem nitidamente a influência da estação. Quanto à temperatura mínima, ela varia durante o ano entre dois limites praticamente constantes: 20,5 e 24,5 graus. A amplitude, relativamente fraca nas variações da temperatura média, traduz uma certa compensação da variação dos termos que a compõe. Enfim, a amplitude térmica diária varia pouco durante o ano e passa de um valor médio de 8 graus na estação chuvosa para cerca de 10 graus na estação seca.

Não foi possível, na figura 2, colocar todas as distribuições mensais de todas as temperaturas. Por isso, foram consideradas somente as temperaturas máximas, médias e de 15 horas durante 2 meses típicos das estações úmida e seca: março e setembro. Daqui em diante, cada vez que houver interesse por uma influência de estação, são esses dois meses que serão considerados. A temperatura de 15 horas foi escolhida em razão de sua grande amplitude de variação. Constatou-se que essa amplitude varia pouco durante o ano. No entanto, a distribuição dos valores é muito diferente segundo a estação; as temperaturas inferiores a 29 graus sendo relativamente excepcionais na estação seca. No que se refere à temperatura máxima, o fenômeno é ainda mais claro, pois nenhuma observação é inferior a 30 graus no mês de setembro. Quanto à temperatura média, ela é ligeiramente mais elevada em setembro. Durante as duas estações, porém, seu intervalo *útil* de variação permanece estreito. De fato, foi calculado que, para o conjunto das medidas, 76% dos valores de temperaturas médias estão compreendidos entre 25 e 27 graus e 98,7%, entre 24 e 28 graus. A média da temperatura diurna varia em maior proporção. Entretanto, essa variação permanece fraca, pois, 78% dos valores estão compreendidos entre 26 e 29 graus e 95% entre 25 e 30 graus.

A figura 3 confirma os resultados precedentes, ou seja, que as médias mensais das temperaturas são muito uniformes e, em geral, com um ligeiro aumento na estação seca. Somente a temperatura de 15 horas acusa uma diferença maior entre as duas estações (4 graus, em média). É esta diferença que se encontra atenuada, quando se observa a variação média mensal da temperatura média sobre 24 horas ou a temperatura média diurna.

### 3 UMIDADE RELATIVA DO AR E TENSÃO DE VAPOR DE ÁGUA

O psicrômetro utilizado é do tipo não ventilado. É um aparelho composto de dois termômetros cujo bulbo de um deles é envolvido por uma musseline permanentemente úmida, permitindo obter duas temperaturas, chamadas respectivamente, seca e úmida. Uma vez medidas essas temperaturas, obtém-se a tensão de vapor de água (TV), a partir de fórmulas. No presente caso, as fórmulas utilizadas são as de BERRY (1945), onde TV é expressa em Unidades Internacionais (Pascal), ou seja, que para ser obtido, divide-se por 100 os valores em centímetros de água.

$$TV = P (T_u) - \gamma \cdot (T_s - T_u) \\ P (T_u) = 611 \text{ EXP } (17,3 \cdot T_s) / (237,9 + T_s)$$

$T_s$  é a temperatura seca do psicrômetro

$T_u$  é a temperatura úmida do psicrômetro,

$\gamma$  é a constante psicrométrica

$UR = 100 \cdot TV / TV_{max}$

$TV_{max}$  é a pressão de vapor saturante na temperatura  $T_s$ . EXP: exponencial

As temperaturas seca e úmida são medidas às 09:00, 15:00 e 21:00 horas e para as três séries de observações foram calculados os valores de TV e UR. Em seguida, estimou-se a umidade relativa média, aplicando a fórmula proposta pelo Instituto Nacional de Meteorologia (1964):

$$UR = (UR9h + UR15h + 2 \cdot UR21h)/4 \quad \text{onde}$$

UR9h, UR15h e UR21h são respectivamente as umidades relativas às 09:00, 15:00 e 21:00 horas.

Para certas aplicações interessa somente os valores diurnos dos parâmetros que se referem à umidade. É o caso da fórmula de Penman, por exemplo. Por isso calculou-se também a tensão média de vapor de água determinando a média das tensões obtidas às 9:00, 15:00 e 21:00 horas.

A figura 4 mostra a evolução do valor mínimo das umidades relativas de 9:00, 15:00 e 21:00 horas e da umidade relativa mínima em função do mês. As figuras 5 e 6 dão a distribuição dos valores de umidade relativa e de tensão de vapor de água. A figura 7, enfim, se refere à evolução mensal da média dos valores da tensão de vapor de água e da umidade relativa.

A observação da figura 4, prova, se isso fosse necessário, que o clima de Belém é muito úmido. Assim, em 14 anos de medidas, a umidade média diária praticamente nunca foi inferior a 70%. Este valor médio mascara, entretanto, variações diurnas maiores, pois em estação seca, às 15 horas a umidade relativa situa-se abaixo de 45%. Uma observação limita o interesse do estudo dos valores extremos, pelo menos no caso da umidade relativa. De fato, uma diferença de 1 ou 2 graus na medida das temperaturas é, em geral, muito fraca para ser detectada por ocasião da verificação dos dados. Uma tal diferença é suscetível de acarretar um erro importante no cálculo dos parâmetros de umidade. Por isso, em 14 anos de dados, é possível que um certo número de valores extremos correspondam, na realidade, a erros de leitura.

As figuras 5 e 6, que mostram a distribuição das umidades relativas e da tensão de vapor médio, dão informações mais completas e mais precisas. Pela figura 5 constata-se que, se a amplitude dos valores tomados pela umidade relativa média é suficientemente grande (de 68 a 100%), por outro lado, a maioria dos valores estão situados num intervalo claramente mais restrito: 65% dos valores estão compreendidos entre 80 e 92% de umidade relativa e 94% entre 76 e 96%. No que diz respeito à tensão de vapor de água este intervalo é claramente mais restrito, pois, 84% dos valores estão compreendidos entre pressões de 28 e 31 cm de água e 98% entre 27 e 32 centímetros de água.

Considerando-se o efeito dos valores da umidade relativa sobre as estações, março e setembro representando respectivamente, as estações seca e úmida, constata-se que seu domínio de variação muda muito pouco de um mês para o outro. Por outro lado, sua distribuição nesse domínio é claramente diferente; os dias menos úmidos predominam na estação seca.

A figura 7 representa as evoluções mensais das médias das umidades relativas e da tensão de vapor de água.

Nota-se claramente o efeito sazonal nos valores de umidade relativa correspondente às observações de 15:00 horas. Este é nitidamente mais discreto nas observações de 09:00 e sobretudo de 21:00 horas, e por conseqüência, na umidade relativa média, devido ao modo como esta é calculada.

Por outro lado, a média da tensão de vapor de água praticamente não varia nem durante o dia, nem durante o ano. O estudo da diferença entre as medidas deduzidas das observações horárias de 09:00, 15:00 e 21:00 horas e a média diária, mostra que durante um mesmo dia essa diferença não ultrapassa 10%, em valor relativo para 3% dos casos.

No que se refere às variações durante o dia esse resultado é normal. A massa de ar não variando, a quantidade de vapor de água na atmosfera não varia muito e se a umidade relativa muda, é porque ela segue em sentido oposto à evolução da temperatura. Por outro lado, é necessário admitir que em Belém o relativo ressecamento do ar, de uma estação para outra, traduz um aumento da temperatura e tem pouca relação com a evolução da quantidade de vapor de água contido na atmosfera a nível do solo. Esta constatação é importante porque justifica plenamente o emprego, nas aplicações, do valor médio das observações da TV nos três horários e sugere mesmo, que quando não há medidas, pode-se utilizar, com uma precisão aceitável, o valor de 29,5 cm de água.

## 4 MEDIDAS DE VENTO

Dois parâmetros interessantes são assuntos dos parágrafos seguintes.



### 4.1 DIREÇÃO DO VENTO

As medidas são efetuadas às 09:00, 15:00 e 21:00 horas. O catavento é colocado a 6 metros e sua posição é avaliada pelo observador em relação a quatro marcas fixas dando a direção dos pontos cardeais. Caracteriza-se assim quatro setores que são o Nordeste (NE), o Sudeste (SE), o Sudoeste (SO) e o Noroeste (NO), o que é insuficiente para um estudo detalhado.

A tabela 2 mostra, para o conjunto de medidas, a porcentagem de observações correspondente a cada setor. Ainda mais, em uma sexta coluna, está indicada a porcentagem de dias onde a observação não foi possível ser feita por falta de vento.

TABELA 2

#### PORCENTAGEM DE OBSERVAÇÕES DA DIREÇÃO DO VENTO EM FUNÇÃO DO SETOR E DA HORA

	NE	SE	SO	NO	VENTO CALMO
9 horas	54.8	40.0	2.7	2.5	4.1
15 horas	28.3	31.4	4.7	35.6	8.0
21 horas	57.8	33.4	3.4	5.3	25.7

Ainda que sumária, essa tabela põe em evidência uma evolução diurna tendendo a diferenciar as observações das 09:00, 15:00 e 21:00 horas. Mais do que isso, a sexta coluna deixa prever ventos muito mais fracos à noite do que de dia.

A análise mensal dos dados permitiu, por outro lado, evidenciar uma evolução, por estação do ano, que superpõe a evolução diária. De janeiro a julho, inclusive, as observações de 09:00 e 21:00 mostram que o vento provém de modo mais ou menos igual dos setores NE e SE. De agosto a dezembro reencontramos a mesma tendência, mas com uma freqüência claramente mais elevada do setor NE. As 15:00 horas, de janeiro a abril o vento é igualmente distribuído entre os setores NO e SE. De junho a agosto ele provém principalmente do setor SE e em outubro e novembro do setor NO. Maio, setembro e novembro constituem meses de transição, o vento pode vir, então, de cada um dos três setores precedentes.

### 4.2 VELOCIDADE DO VENTO

A velocidade do vento em Belém é, em geral, fraca ou muito fraca e o anemômetro do tipo WILD utilizado, é pouco adaptado a essas ordens de grandeza. De fato, esse aparelho funciona do seguinte modo: com a pressão do vento sobre uma placa mantida perpendicular a sua direção e ajuda de um catavento, um indicador se desloca diante de uma graduação de 1 a 10. Este sistema é, pois, muito impreciso, tanto pela sua concepção quanto à sua leitura, que é feita a distância, o observador deve avaliar do solo uma marca localizada a seis metros de altura; ele o faz de modo muito aproximado e as me-

didadas instantâneas resultantes parecem pouco utilizáveis. Ainda mais, ele possui, uma forte inércia na arrancada, não sendo, pois, adaptado a medidas de ventos fracos.

O anemômetro totalizador associado ao tanque classe A é rotativo e fornece uma velocidade de rotação proporcional à velocidade do vento, sendo, portanto, mais preciso e adaptado à região que o Wild. No entanto, ele apresenta dois grandes inconvenientes:

- A altura na qual ele é instalado (50 cm) caracteriza a velocidade do vento ao nível do tanque; a esse nível o menor obstáculo influi sobre o valor da medida, o que resulta em fator de instalação variável, segundo o lugar. Em conseqüência, os resultados obtidos não podem ser extrapolados para a altura padrão de dois metros com ajuda de uma fórmula consagrada.
- A sensibilidade do aparelho não é elevada e quando o vento é muito fraco (mais freqüentemente durante a noite) o anemômetro pára de medir.

Cada medida de vento obtida com o anemômetro do tipo WILD foi levada a altura de dois metros com ajuda da fórmula:

$$V_2 = V_h \cdot (2/h)^{1/7} \quad (\text{BROCHET \& GERBIER, 1975})$$

onde  $h$  é a altura na qual o vento é medido,  $V_h$  a velocidade do vento nessa altura e  $V_2$  a estimativa da velocidade a dois metros.

A fim de calcular o percurso do vento<sup>1</sup> durante esse período, fez-se, em seguida, a média das três observações do dia e considerou-se essa média representativa do vento médio entre 09:00 e 21:00 horas.

O cálculo precedente foi efetuado para 3895 dias de medidas disponíveis. Em seguida, para cada mês, procedeu-se ao cálculo do percurso médio do vento (ver figura 8). Sobre essa mesma figura, mas com uma escala diferente, colocou-se também, para cada mês, o valor obtido a 50 cm com o anemômetro totalizador associado ao tanque classe A.

Otimizando o fator de escala (3.44), constatou-se que o recobrimento das duas curvas, que consideram o mesmo intervalo de tempo é excelente. Isto significa que apesar de sua grande imprecisão as medidas obtidas com o anemômetro do tipo Wild são coerentes e relacionadas com aquelas fornecidas pelo anemômetro associado ao tanque de classe A. É, portanto, possível, em aplicações do tipo da fórmula de PENMAN, substituir medidas do anemômetro do tanque classe A, mais precisas, pelas do anemômetro de Wild afetadas pelo fator de escala.

Considerando-se os valores obtidos, constatou-se que o vento tem uma velocidade média de 5km/h na estação chuvosa e um valor duas vezes maior na estação seca (os meses de outubro e dezembro), mas mesmo nesse último caso, trata-se ainda de ventos fracos. É conveniente, entretanto, observar que a média sobre 12 horas mascara as variações diurnas grandes e, na estação seca, freqüentemente o vento é médio às 15:00 horas e praticamente nulo no fim do dia.

Ao comparar o percurso do vento a 50 cm, durante 24 horas com os de 09:00 e 21:00 horas (figura 8) constatou-se que na estação seca ele é cerca de 2 vezes mais fraco à noite do que durante o dia e na estação úmida cerca de três vezes. Na verdade, falta rigor a esses números, pois, em caso de vento muito fraco o anemômetro pára, o que falseia, evidentemente, os resultados.

## 4.2 VELOCIDADE DO VENTO

A velocidade do vento em Belém é, em geral, fraca ou muito fraca e o anemômetro do tipo WILD utilizado, é pouco adequado a essas ordens de grandeza. De fato, esse aparelho funciona do seguinte modo: com a pressão do vento sobre uma placa mantida perpendicular a sua direção e ajuda de uma mola, a velocidade do vento varia com o tempo. Seja  $v(t)$  essa velocidade no instante  $t$ . Durante o intervalo de tempo  $dt$  o vento percorre a distância  $v(t) dt$ . Considerando-se o período  $T$  (por ex.: 24 horas) chama-se percurso do vento ( $P_{\text{vento}}$ ) a integral:  $P_{\text{vento}} = \int_0^T v(t) dt$ . Admite-se que  $P_{\text{vento}}$  é proporcional ao número de rotações do anemômetro durante o período considerado.

## 5 PLUVIOMETRIA

Na Região Amazônica, onde as precipitações são abundantes, a pluviometria é, juntamente com a radiação global, o parâmetro meteorológico mais importante. Ainda mais, é o parâmetro que apresenta a maior variação, tanto espacial como temporal. Enfim, como o equipamento necessário para a coleta de dados é simples, é também o parâmetro mais medido.

A pluviometria pode ser estudada sob diferentes aspectos. De um modo geral procura-se a quantidade média de chuva que cai durante um período determinado (década, mês, etc.). Mas esta chuva é susceptível a grandes variações; interessa, pois, igualmente, sua distribuição temporal. De um ponto de vista agrônomo outros estudos são, entretanto, desejáveis. Uma chuva de 100mm traz a mesma quantidade de água que cinco chuvas de 20mm, mas ela não tem o mesmo efeito. A distribuição das chuvas segundo diferentes classes de valor é, portanto, igualmente importante. Relacionado a esta distribuição, o tipo de chuva e sua hora de aparecimento interessa tanto ao agrônomo quanto ao meteorologista. Enfim, a intensidade da chuva pelo seu papel negativo (enchentes, por exemplo), deve ser melhor estudada.

O aspecto da distribuição temporal da chuva já foi abordado para Belém por BASTOS et al. (1984) e mais recentemente, ajustando esta distribuição a uma lei gama por CHAIB FILHO et al. (1985); por isso, não será considerada aqui. Do mesmo modo, por falta de medidas, o problema da intensidade da chuva não será abordado.

No entanto, dispõe-se de uma série de observações pluviométricas diárias de 09:00, 15:00 e 21:00 horas e tentou-se tirar o máximo proveito dessas informações.

A figura 9 mostra a evolução durante o ano da média mensal dos levantamentos feitos às 09:00, 15:00 e 21:00 horas.

As figuras 10 e 11 mostram a proporção de dias sem chuvas ou com chuvas inferiores a 5 e 10mm.

A figura 12 mostra, para o conjunto de observações diárias, a porcentagem de precipitação correspondente a cada classe de valor de chuva.

Para o período estudado, a região de Belém apresenta uma pluviometria anual média de 2,98 metros. Essa pluviometria é bem distribuída durante o ano, pois, mesmo durante a estação seca chove em média mais de 100mm por mês. É o que se constata observando a figura 9b. Entretanto, esta representação mascara diferenças importantes entre as chuvas da estação seca e as da estação úmida; é por isso que representou-se na figura 9a a média das chuvas mensais relativas aos levantamentos de 09:00, 15:00 e 21:00 horas. Constatou-se somente uma ligeira diminuição da pluviometria na estação seca entre 09:00 e 15:00 horas. Por outro lado, as chuvas entre 21:00 horas da véspera e 09:00 horas do dia seguinte ultrapassam 200mm em média em fevereiro e até 8mm em junho. Do mesmo modo, as chuvas de fim de tarde desaparecem quase completamente nas observações de setembro até novembro. Esses resultados são confirmados pela figura 10 que mostra a probabilidade de aparecimento de chuvas entre duas observações, em função do mês e da hora da coleta dos dados. Essa probabilidade é pequena ou muito pequena para as observações de 09:00 e 21:00 horas. Isto significa que as chuvas da estação seca são, essencialmente, de convecção e que durante o mesmo período é possível que as chuvas medidas às 21:00 horas tenham sido precipitadas antes do pôr do sol e pertençam a mesma categoria. Nestas condições a parte das chuvas efetivamente noturnas é extremamente fraca, o que está de acordo com as observações de NECHET (1984).

Do ponto de vista agrônomo é interessante ter uma idéia do número de dias para os quais a alimentação hídrica é deficitária. Por isso, colocou-se na figura 11, para cada mês, a proporção de dias sem chuva e de dias com pluviometria inferior a 5 mm. Sobre a mesma figura, colocou-se igualmente, a porcentagem de dias que tem uma pluviometria inferior a 10mm, o que permite, pela diferença entre duas curvas sucessivas, estimar a porcentagem de chuvas compreendidas entre 0 e 5, ou entre 5 e 10mm.

(2) Considera-se que a pluviometria do dia é igual à soma das observações de 15:00 e 21:00 horas do mesmo dia aumentada da observação de 09:00 horas do dia seguinte. O mesmo será feito para as medidas diárias de evaporação de Piche e do tanque classe A.

A figura 12 mostra a distribuição das precipitações por classe de valores da pluviometria diária. Para facilitar a interpretação do histograma, as chuvas superiores a 50 mm e que representam cerca de 12.5% do total, foram repartidas em 6 classes de igual frequência entre 50 e 80 mm. Constatou-se que apesar das pequenas chuvas serem mais numerosas (ver figura 11), é a classe de 10 a 15 mm que contribui mais para a pluviometria total. Enfim, as chuvas muito fortes, apesar de seu caráter relativamente excepcional, desempenham um papel não negligenciável, pois representam 12.5% das precipitações.

## 6 RADIAÇÃO GLOBAL E DURAÇÃO DE INSOLAÇÃO

Pelo fato de sua influência direta sobre os fenômenos da fotossíntese, o conhecimento da radiação de curto comprimento de onda, ou radiação global ( $R_g$ ), é essencial em agronomia.

A medida de  $R_g$  requer uma aparelhagem cara, frágil e necessita de capacidade técnica para operá-la. Ainda mais, a resposta dos captos varia com o comprimento de onda e o espectro solar é muito largo. Isto reduz a precisão da medida, que nunca ultrapassa 4% em valor relativo. Assim sendo, preferiu-se freqüentemente, estimar  $R_g$  a partir de uma grandeza que lhe é estritamente correlata, ou seja, a duração da insolação, o que justifica apresentar juntos esses dois parâmetros.

Para tornar mais geral a relação entre  $R_g$  e  $S$  é necessário eliminar o efeito da latitude e da época do ano, o que se faz, geralmente, transportando a insolação para a duração  $SO$  do dia e a radiação global para o valor  $GO$  que ela teria na ausência da atmosfera. Freqüentemente admite-se, então, que a relação ligando  $S/SO$  e  $G/GO$  é linear (ANGSTROM, 1934) modificada por PRESCOTT (1940). É o que fez DINIZ et al (1984) com os dados de Belém correspondendo aproximadamente aos anos 1978 e 1983; eles obtiveram duas relações correspondentes aproximadamente aos períodos úmido e seco:

- de dezembro a maio, inclusive,  
 $G/GO = 0.275 + 0.376 \cdot S/SO$

- de junho a setembro, inclusive,  
 $G/GO = 0.261 + 0.428 \cdot S/SO$

- e para o ano todo,  
 $G/GO = 0.266 + 0.409 \cdot S/SO$ .

A medida da insolação é feita quando o sol ilumina uma esfera de vidro (heliógrafo) e concentra seus raios sobre um papel calibrado. Totalizando os traços das diferentes queimaduras obtém-se a duração da insolação.

A utilização de um tipo padrão de diagrama é indispensável (DINIZ, 1983). Por razões práticas esta regra quase nunca é observada. Por outro lado, dá-se o mesmo *peso* a todas as horas de insolação, o que aumenta a imprecisão (CARDON, 1985). Enfim, a radiação vinda do sol não somente é função da presença ou ausência de sol, mas também, do tipo de nuvens em presença, do teor de vapor de água na atmosfera e de outros fatores variáveis. Nessas condições, é de se esperar uma grande imprecisão na estimativa de  $R_g$  a partir de  $S$ . Por esse motivo, o valor absoluto da diferença entre a estimativa de  $R_g$  e seu valor real ultrapassa 50 cal/cm<sup>2</sup>/dia em 20% dos casos estudados e 80 cal/cm<sup>2</sup>/dia em 4%, o que pode ser considerável, no caso de céu fortemente coberto. No entanto, se se considerar os resultados de muitos dias consecutivos, os erros se compensam em parte e a precisão é, sem dúvida, bem melhor.

Na figura 13 está representado, para cada mês, os valores extremos e o valor médio da radiação global, assim como o valor de  $GO$ . Devido a latitude,  $GO$  varia pouco durante o ano (8% em relação ao valor médio). Nessas condições, a variação do valor médio mensal de  $R_g$  é, na prática, inteiramente creditável ao efeito sazonal. Essa variação é bastante elevada, pois corresponde à uma flutuação de 20% em relação à média anual e no entanto, ela é influenciada por um ou outro dia ensolarado que ocorre, às vezes, em estação de chuvas e que compensa parcialmente a fraca radiação. Nota-se, em particular, que em estação de chuvas, as mínimas podem atingir valores extremamente baixos (da ordem de 100 cal/cm<sup>2</sup>/dia) contra mais do que o dobro em estação seca. As máximas mensais, no entanto, variam pouco durante o ano e nota-se que elas são sempre inferiores a 70% do valor da radiação no topo da atmosfera o que é bastante baixo para dias inteiramente ensolarados. Isto traduz a absorção da radiação devido a permanência de um forte teor de vapor de água na atmosfera.

Na figura 14 encontra-se a média mensal da duração de insolação e a duração do dia. A segunda é praticamente uma constante, enquanto a primeira sofre uma variação sazonal, muito maior que no caso da radiação global.

Na figura 15, enfim, é estudado o efeito sazonal. Foi representada a distribuição da duração de insolação durante os meses de março e setembro. Nos dois casos a amplitude do domínio da variação é praticamente o mesmo, mas a distribuição é completamente diferente. Em março, os dias pouco ensolarados ou sem sol (estação de chuvas) são os mais freqüentes, e apesar de tudo, a distribuição permanece equilibrada. Ao contrário, em setembro, 70% dos dias tem entre 7 e 10 horas de insolação constituindo exceção.

## 7. EVAPORAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A quantidade de água precipitada só é importante do ponto de vista agrônômico se ela é colocada em relação com o consumo de água pelas plantas. Se o primeiro fator é obtido diretamente, o mesmo não acontece com o segundo, que é estimado a partir de medidas de evaporação ou utilizando fórmulas mais ou menos complexas (fórmulas de evapotranspiração). Nos dois parágrafos seguintes esses dois tipos de métodos são aplicados aos dados de Belém.

### 7.1 EVAPORAÇÃO DE PICHE E TANQUE CLASSE A

Dois tipos de medidas de evaporação são efetuados na estação de Belém:

- A medida ao ar livre de evaporação do tanque classe A, (recipiente padronizado quanto à dimensão, cor, instalação, etc., com água pela metade, cuja variação de nível é medida).
- A medida sob abrigo, da evaporação de Piche (proveta recurvada e graduada, cheia de água que umedece uma pastilha de papel absorvente especial, e da qual mede-se a diferença de nível).

Na figura 16 está representada a média mensal das evaporações obtidas pelos dois métodos. Constatase, o que é aliás conhecido, que de um modo geral, o Piche evapora claramente menos que o tanque classe A, e essa diferença é particularmente marcante na estação úmida. Este último ponto merece ser melhor examinado, porque ele não corresponde forçosamente a uma diferença de comportamento dos dois instrumentos em relação ao fator climático. Com efeito, no caso das fortes chuvas, o tanque pode transbordar e a medida se perder. Esse tipo de acidente é freqüente em estação de chuvas (30% das medidas do mês de março). Ora, há muito pouca evaporação durante esses dias. Eliminando-os, aumenta-se artificialmente a evaporação média mensal do tanque classe A, e isto poderia ser suficiente para explicar a diferença de comportamento sazonal entre os dois equipamentos.

### 7.2 ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POR UTILIZAÇÃO DE FÓRMULAS

O conhecimento do consumo de água pelas plantas tem interesse econômico evidente. Por esse motivo procurou-se estimá-lo pela utilização de fórmulas.

O fenômeno que rege a evapotranspiração é complexo e na sua formulação intervém numerosos parâmetros, de obtenção, às vezes, delicada. Por essa razão, o usuário estima, freqüentemente, a evapotranspiração a partir de fórmulas empíricas pouco precisas e de emprego limitado a uma região. No presente trabalho foram comparadas as evapotranspirações obtidas pelas fórmulas de THORNTHWAIT & HOLZMANN (1942), PENMAN (1948), GARCIA BENAVIDES (1970), HARGREAVES (1974) e OAA/FAO (1976), assim como com a evapotranspiração do tanque classe A.

A tabela 3 recapitula o conjunto de parâmetros que se deve medir ou calcular para aplicar essas diferentes fórmulas. A fim de não falsear as comparações o período considerado vai de 1971 a 1982. Com efeito, a partir de 1983 as medidas anemométricas foram interrompidas.

Entre esses métodos, somente o de PENMAN (1948) tem um fundamento físico rigoroso e como pode ser visto, pela tabela 3, a lista dos parâmetros necessários ao seu cálculo é bastante maior do que para os outros casos.

**TABELA 3**  
**PARÂMETROS NECESSÁRIOS AO CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

MÉTODO	PARÂMETROS MEDIDOS	PARÂMETROS CALCULADOS
THORNTHWAITE	Temperatura média	Dur. do dia
PENMAN	T. med. diurna, V. vent. diurna, T. vap. média, Rad. global, Duração de insolação.	Dur. do dia T. vap. saturante
GARCIA BENAVIDES	T. méd., Umidade relativa.	
HARGREAVES	T. méd., Umidade relativa.	
OAA/FAO (TANQUE)	V. vent., Umidade relativa, Evaporação do tanque.	

T <sub>méd</sub>	= temperatura média
T <sub>vap</sub>	= tensão de vapor de água
Rad.	= radiação
V. vent	= velocidade média do vento.

É por isso que na ausência de medidas diretas, os resultados fornecidos por esta fórmula serão considerados como referência.

Essa decisão requer alguns comentários. A fórmula de PENMAN se compõe de dois termos: o primeiro é principalmente função da radiação global, e no segundo, intervém sobretudo a velocidade do vento e a diferença entre a tensão de vapor saturante na temperatura média e a tensão média de vapor de água.

Foi visto no item 4 que falta rigor na estimativa da velocidade do vento por causa, de um lado, da imprecisão do anemômetro e do método de passagem do vento a 2 metros, o que diminui a precisão do segundo termo.

Por outro lado, como não houve medidas de radiação global de 1971 a 1977, esta foi simulada a partir da duração de insolação utilizando-se a fórmula de ANGSTRON e coeficientes explicitados no item 6, o que torna mais impreciso o conhecimento do primeiro termo. Com efeito, essa segunda restrição é sobretudo válida quando se trabalha na escala do dia; os erros se compensam em escala mensal.

Enfim, escolheu-se um albedo igual a 0,2, perfeitamente aceitável se for considerado culturas anuais, mas errôneo no caso da cobertura florestal natural.

BOUCHET (1964), mostrou que o segundo termo de Penman pode ser expresso em função da evaporação de Piche sob abrigo. Chama-se *N* a seguinte relação:

$$N = \text{segundo termo de PENMAN} / \text{evaporação de Piche.}$$

BROCHET & GERBIER (1975), estudaram para diversas localidades o efeito da latitude da estação e do tipo do abrigo sobre os valores de *N*. Segundo o lugar, os valores médios anuais que eles encontraram variam de 0,30 a 0,40 para o abrigo de modelo grande em madeira, que lhes serve de referência. A flutuação sazonal é da ordem de 10% em valor absoluto com relação ao valor médio, e *N* diminui lentamente com a latitude.

A tabela 4, mostra que o valor mensal de  $N$  varia com a estação, cerca de 12% em relação ao valor médio de 0.31. Ora, o abrigo utilizado em Belém pode ser comparado com o abrigo grande, modelo em madeira. Esses resultados são, então, perfeitamente realistas, mesmo que possa parecer incorreto extrapolar para a zona tropical, valores obtidos em zona temperada.

Enfim, representou-se na figura 17 as contribuições relativas aos dois termos da fórmula de PENMAN para a evapotranspiração total. Consta-se que o segundo termo representa 16% da evapotranspiração em estação seca e somente 10% em estação úmida. Nessas condições, mesmo um erro, aliás improvável, de 25% sobre o segundo termo, se traduzirá no caso mais desfavorável, por um erro de 4% no cálculo da evapotranspiração, o que é perfeitamente aceitável.

**TABELA 4**  
**EVOLUÇÃO MENSAL DA RELAÇÃO  $N$  ENTRE O SEGUNDO TERMO DE PENMAN E A EVAPORAÇÃO DE PICHE**

Janeiro	0.288
Fevereiro	0.271
Março	0.286
Abril	0.293
Maió	0.322
Junho	0.341
Julho	0.348
Agosto	0.332
Setembro	0.320
Outubro	0.315
Novembro	0.317
Dezembro	0.305
<b>MÉDIA</b>	<b>0.311</b>

Tendo sido justificada a utilização da fórmula de PENMAN como referência os resultados obtidos com ajuda dessa fórmula são comparados à evaporação do tanque classe A na figura 18 e aos obtidos com as outras fórmulas, na figura 19.

O exame da figura 18 mostra que, de modo sistemático, a evapotranspiração estimada a partir dos resultados do tanque classe A, aplicando os coeficientes preconizados pela F.A.O. é minorado de 15% em relação aos valores obtidos aplicando Penman. No entanto, a evaporação do tanque classe A permanece durante todo ano em excelente concordância com os resultados fornecidos pela fórmula de Penman. Se este fato viesse a ser confirmado, isto seria extremamente interessante para a estimativa da evapotranspiração potencial na região.

Os resultados fornecidos pela aplicação da fórmula de HARGREAVES não foram colocados na figura 19 porque eles se distanciam muito dos valores de referência. Isto era de se esperar pois essa fórmula empírica foi feita para um tipo de clima completamente diferente da região em estudo.

A fórmula de GARCIA BENAVIDES fornece resultados realistas em escala mensal, mas variam claramente menos, entre a estação seca e a estação úmida, que os resultados da fórmula de Penman. A fórmula de THORNTHWAITE é ainda a que dá resultados mais próximos da referência, em particular durante toda a estação úmida. Ora, é suficiente conhecer a temperatura média para efetuar este cálculo. Ao se comparar as Evapotranspirações Potenciais (ETP) obtidas agora com aquelas de MALTEZ (1980) e de MALTEZ et al (1984), constata-se que o acordo é perfeito no que se refere à aplicação da fórmula de THORNTHWAITE. No entanto, para um mesmo albedo de 0.2, os resultados obtidos pela aplicação de PENMAN são 15% superiores aos valores apresentados por aqueles autores. Esta diferença tem uma dupla origem. De uma parte, considera-se aqui a temperatura média diurna que eles não dispunham e a qual tiveram que substituir pela média sobre 24 horas. De outra parte, os coeficientes usados para estimar a radiação de grande comprimento de onda são ligeiramente diferentes nos dois casos; os considerados aqui correspondem ao trabalho de BRUNT (1952).

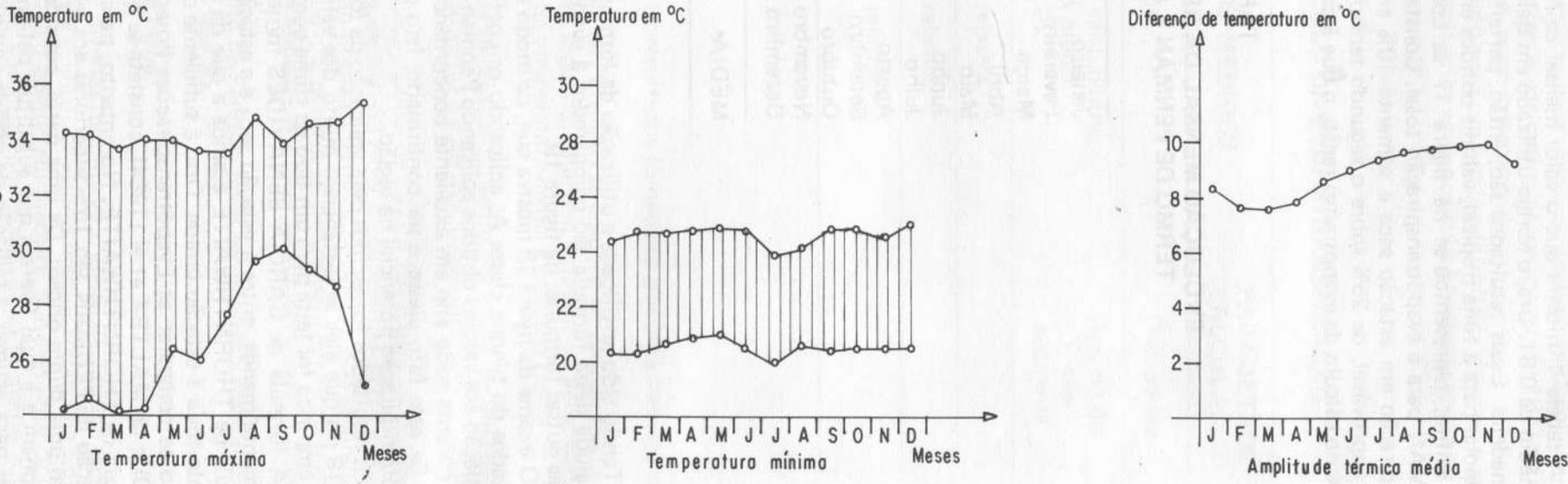
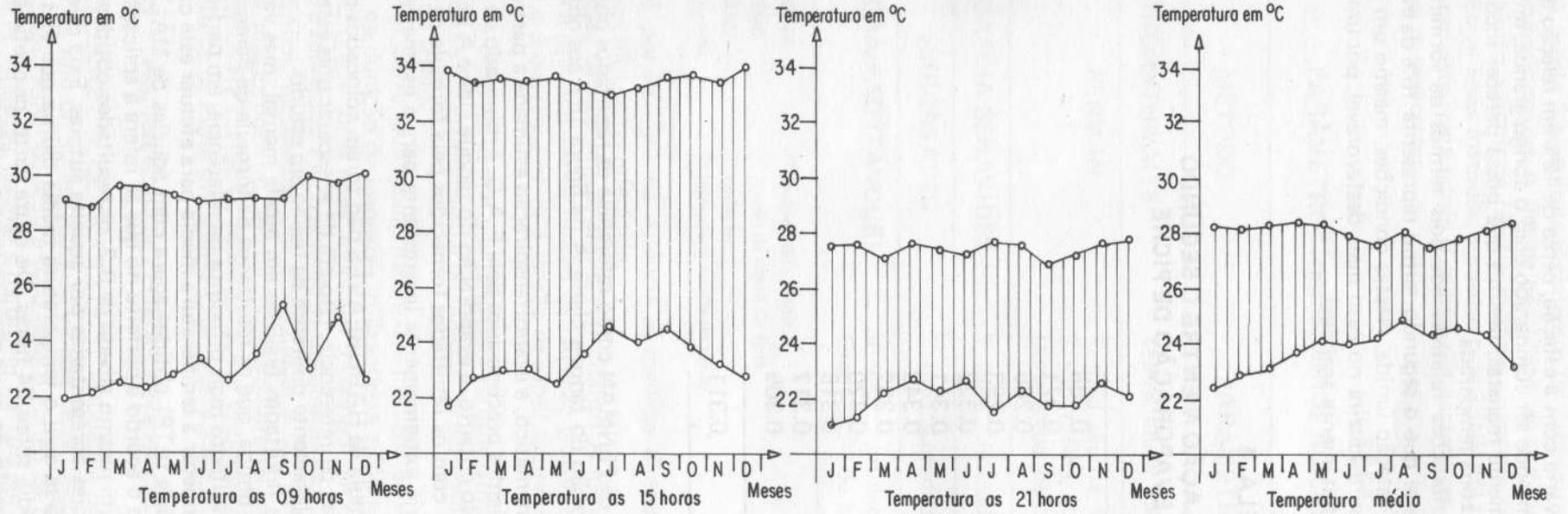
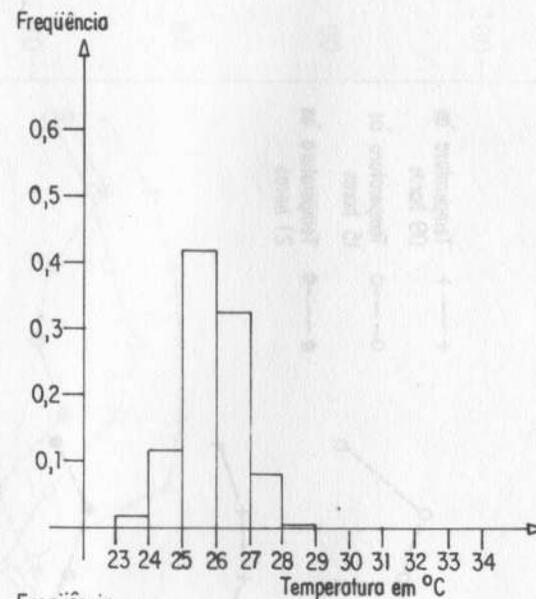
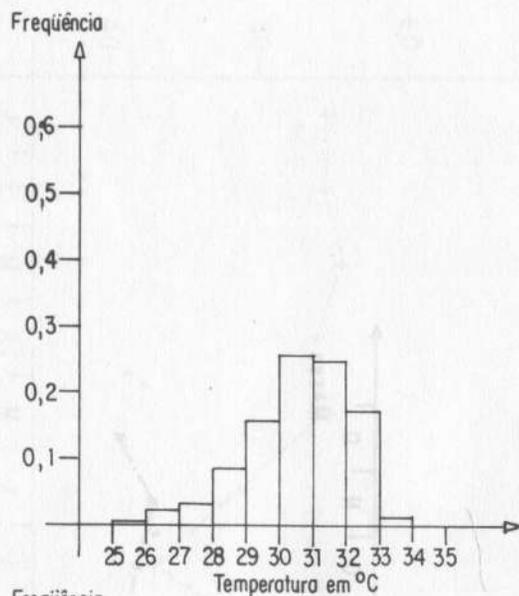
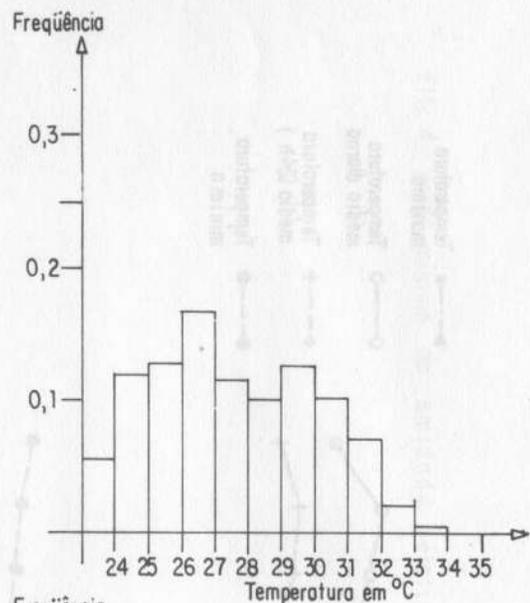


FIG. 1. Limites de variação das temperaturas e a amplitude térmica diária

Março



Setembro

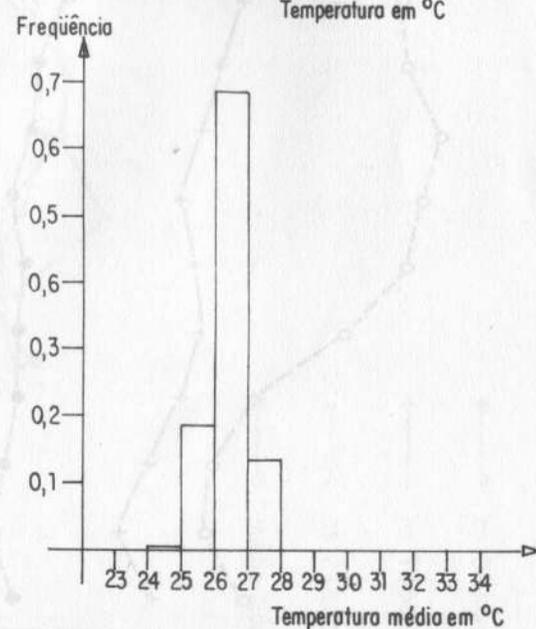
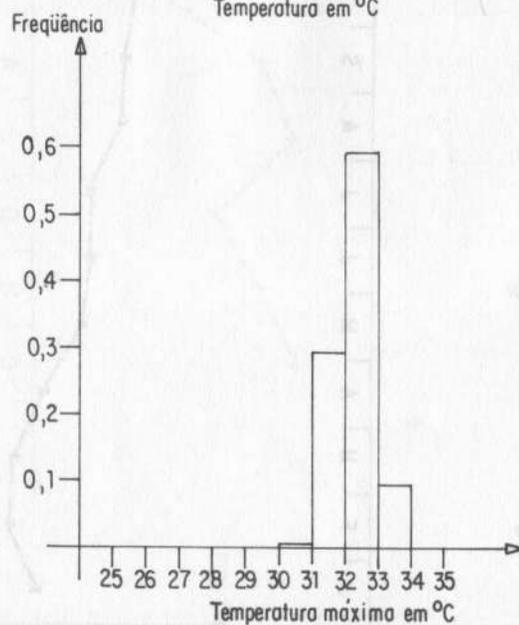
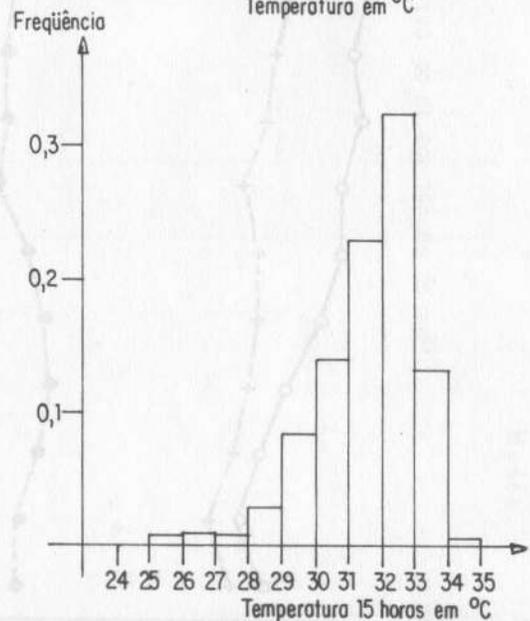


FIG. 2. Frequência de ocorrência das temperaturas em função da estação

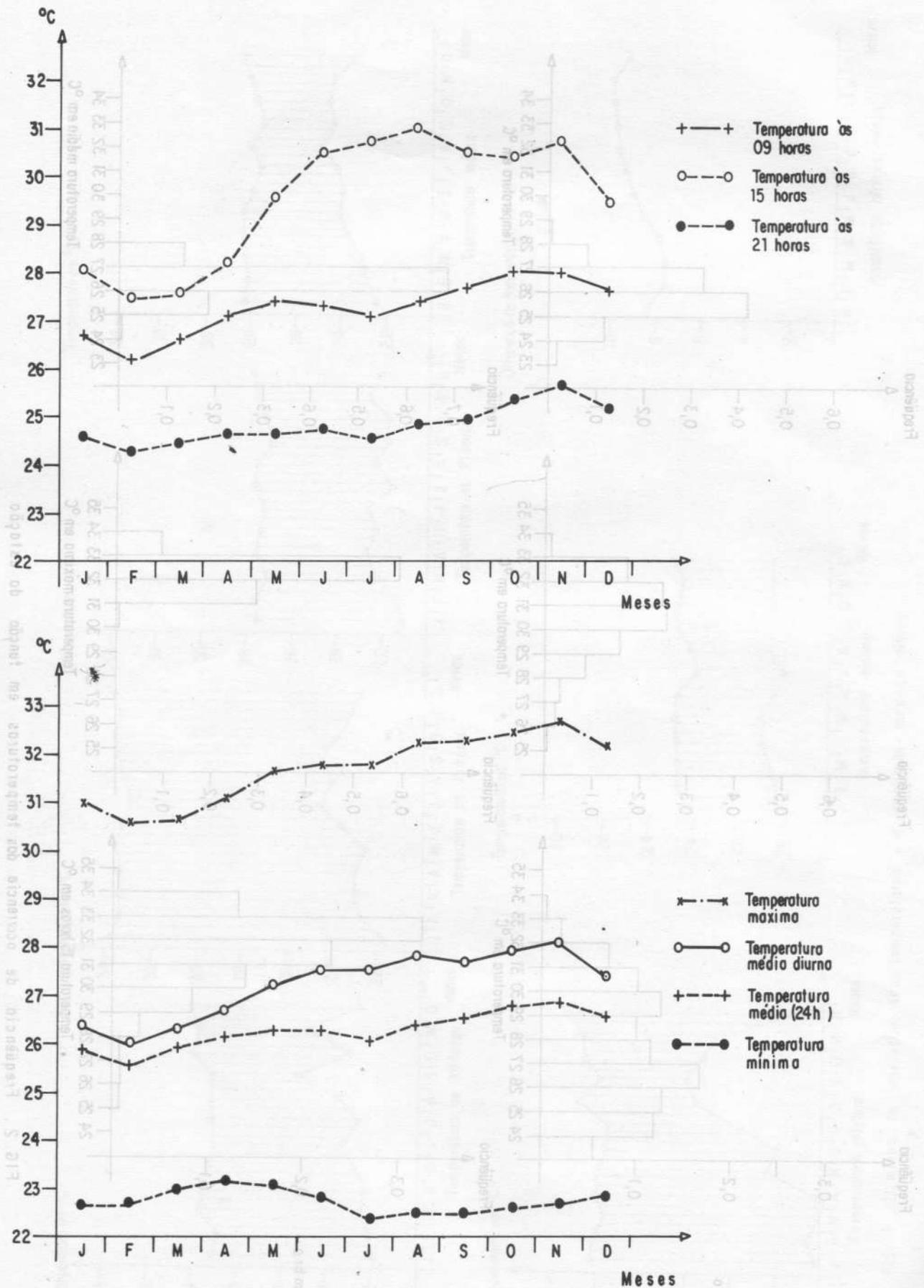


FIG. 3. Médio mensal das temperaturas.

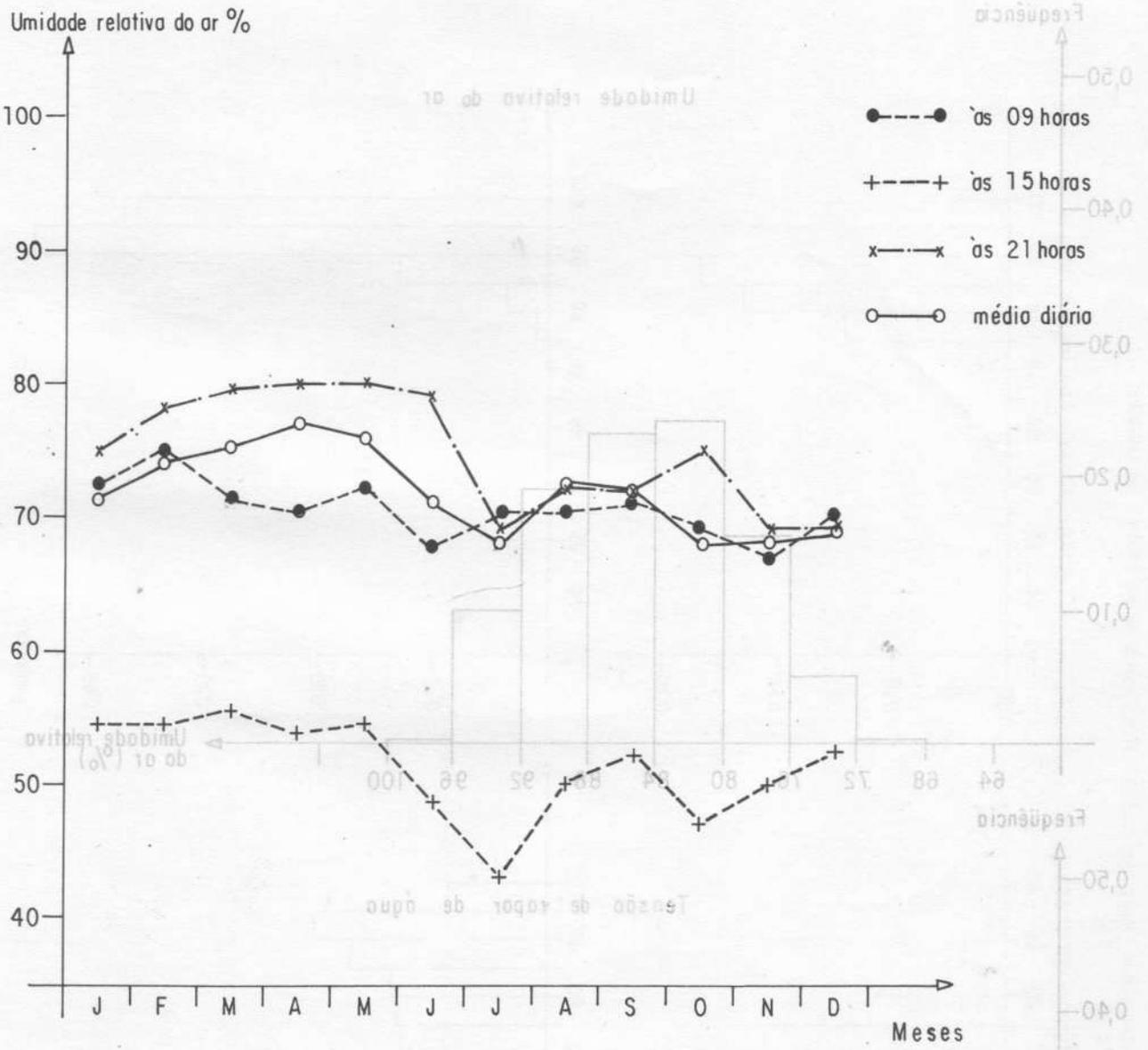


FIG. 4. Valor mínimo da umidade relativa do ar em função do mês.

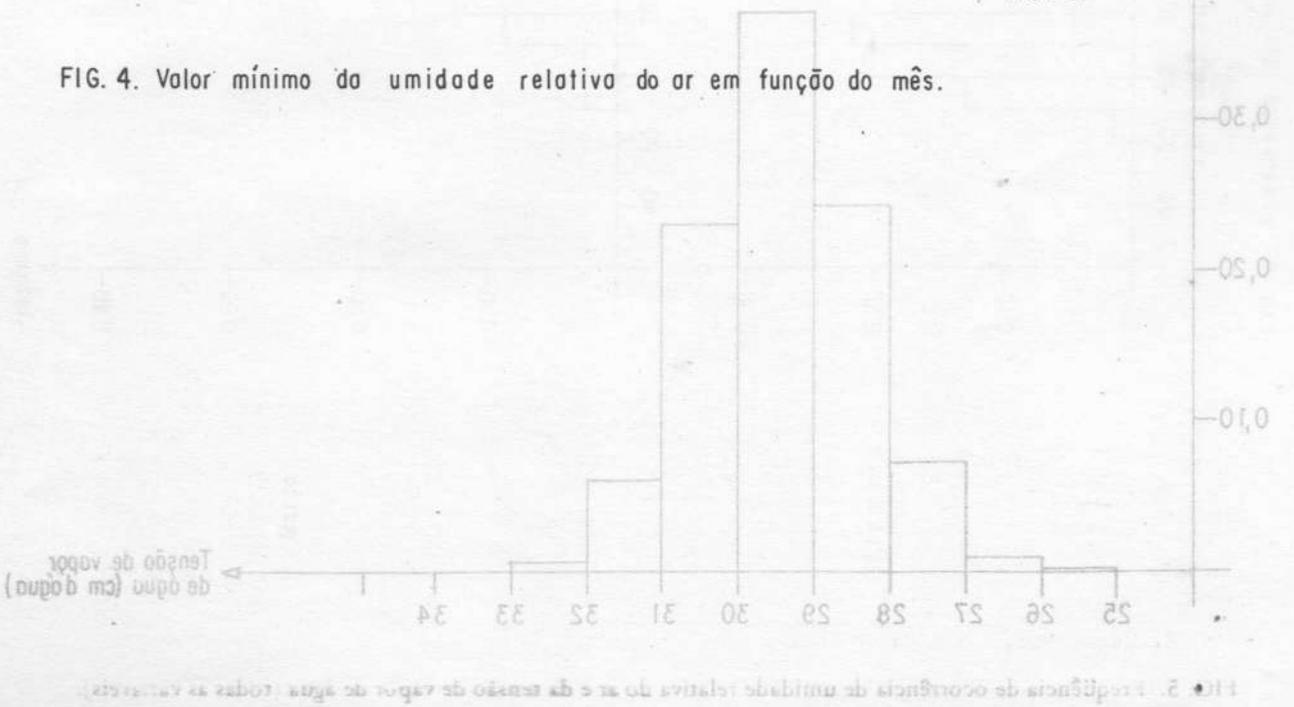


FIG. 5. Precipitação de ocorrência de umidade relativa do ar e da tensão de vapor de água (todas as variáveis).

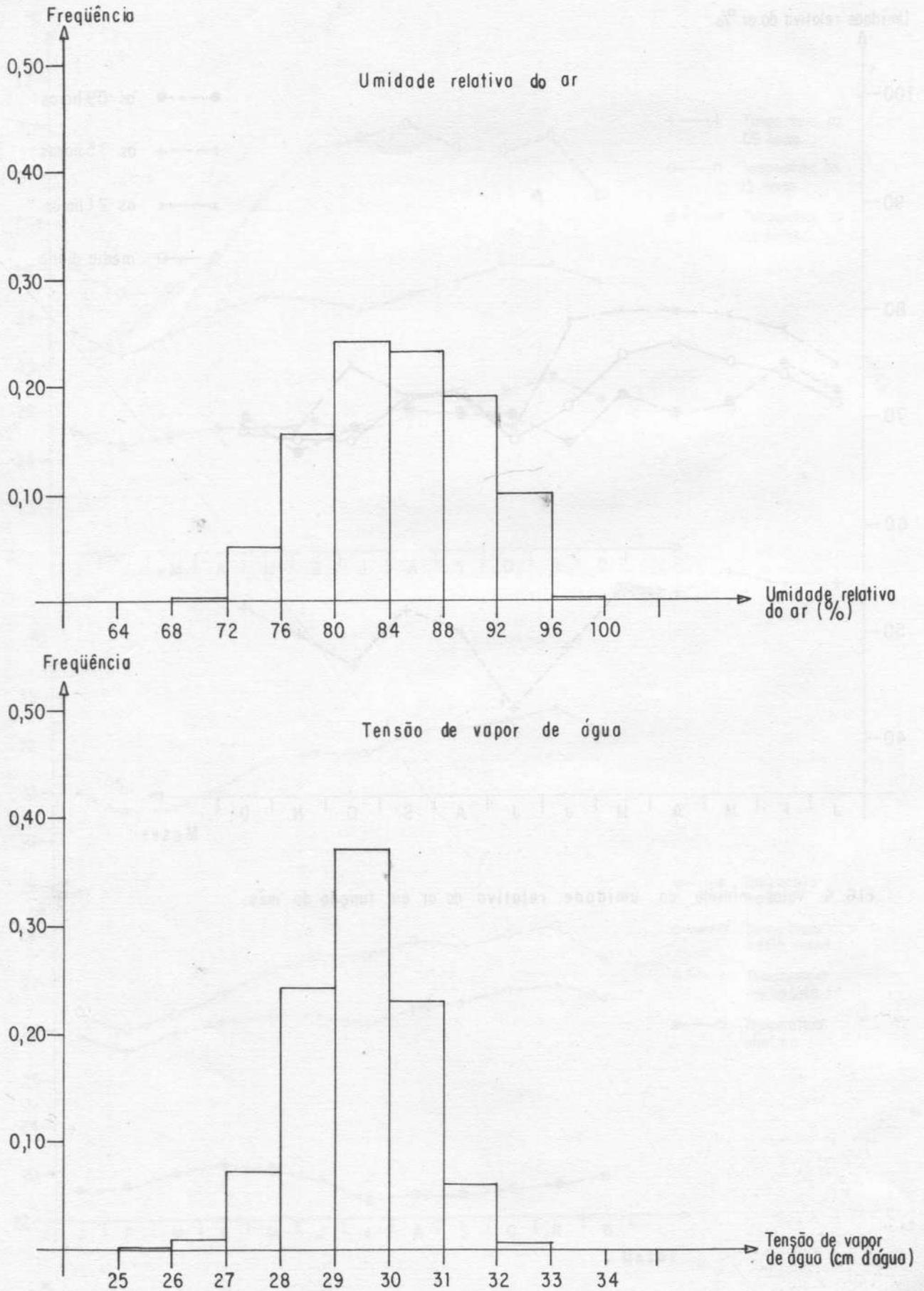
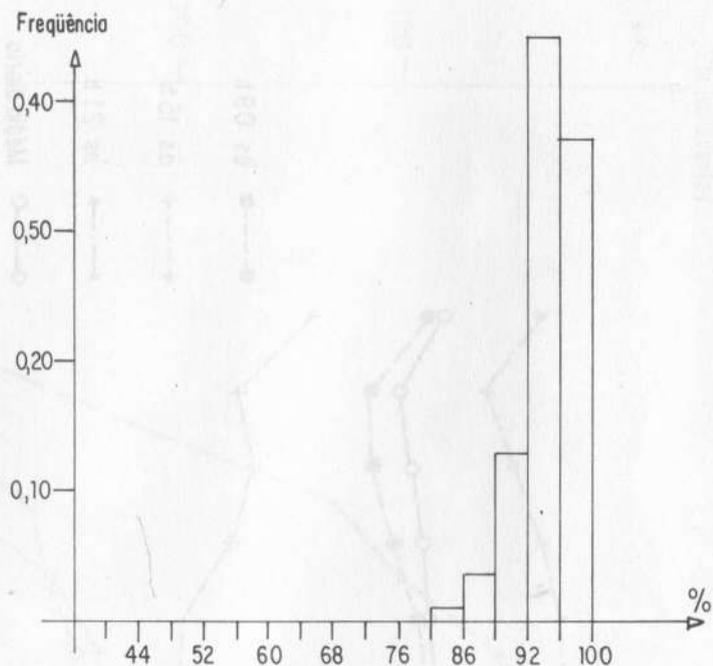
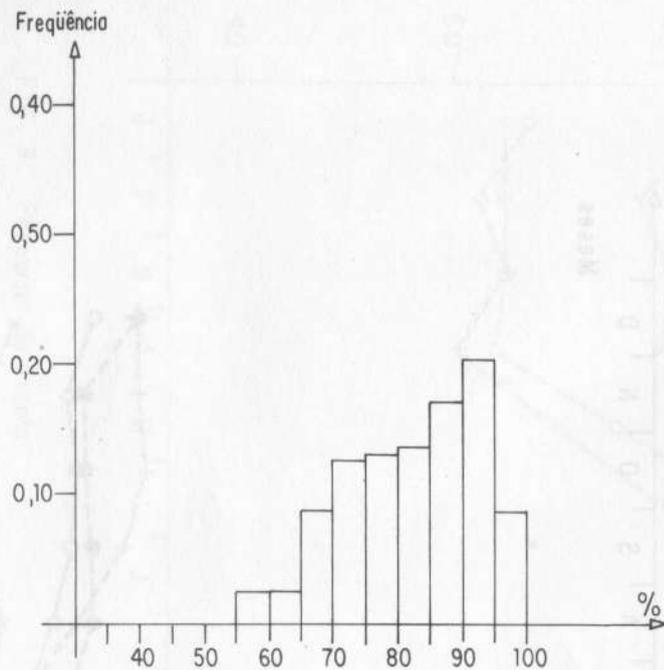


FIG. 5. Frequência de ocorrência de umidade relativa do ar e da tensão de vapor de água (todas as variáveis).

Março



Setembro

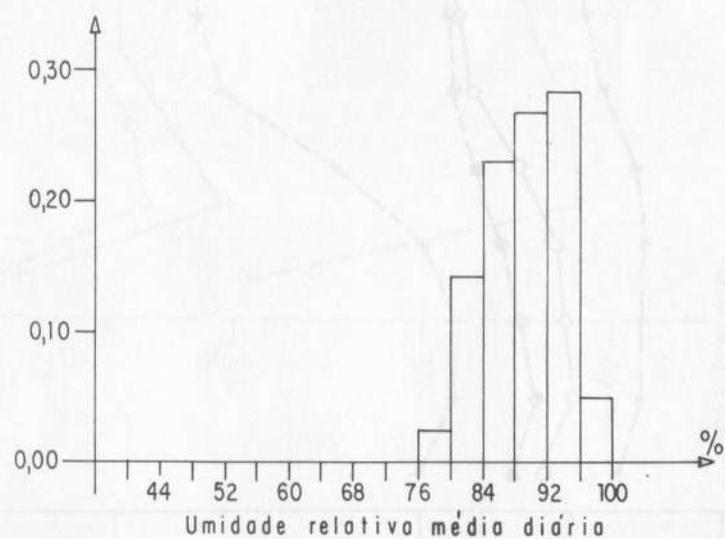
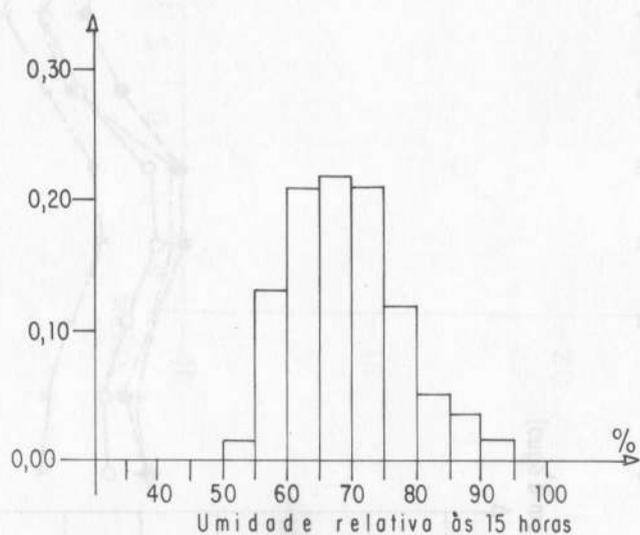


FIG. 6. Frequência de ocorrência das umidades relativas do ar em função da estação.

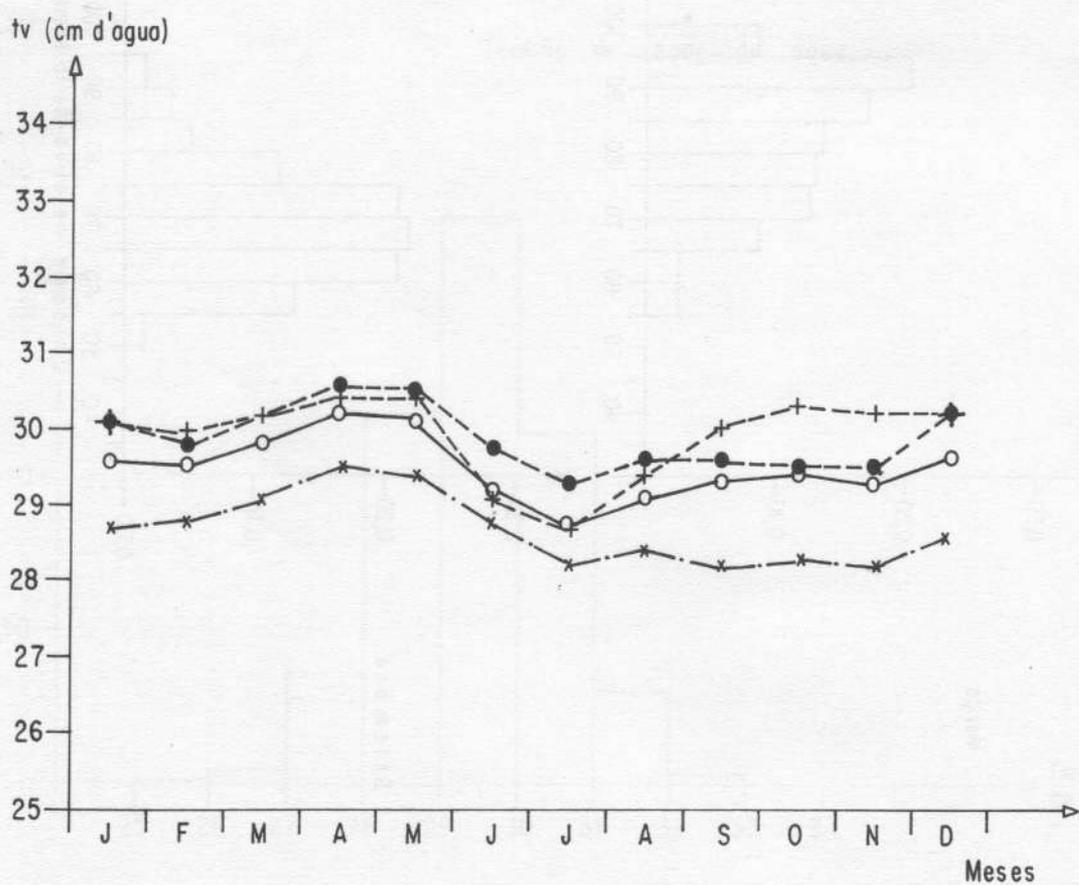
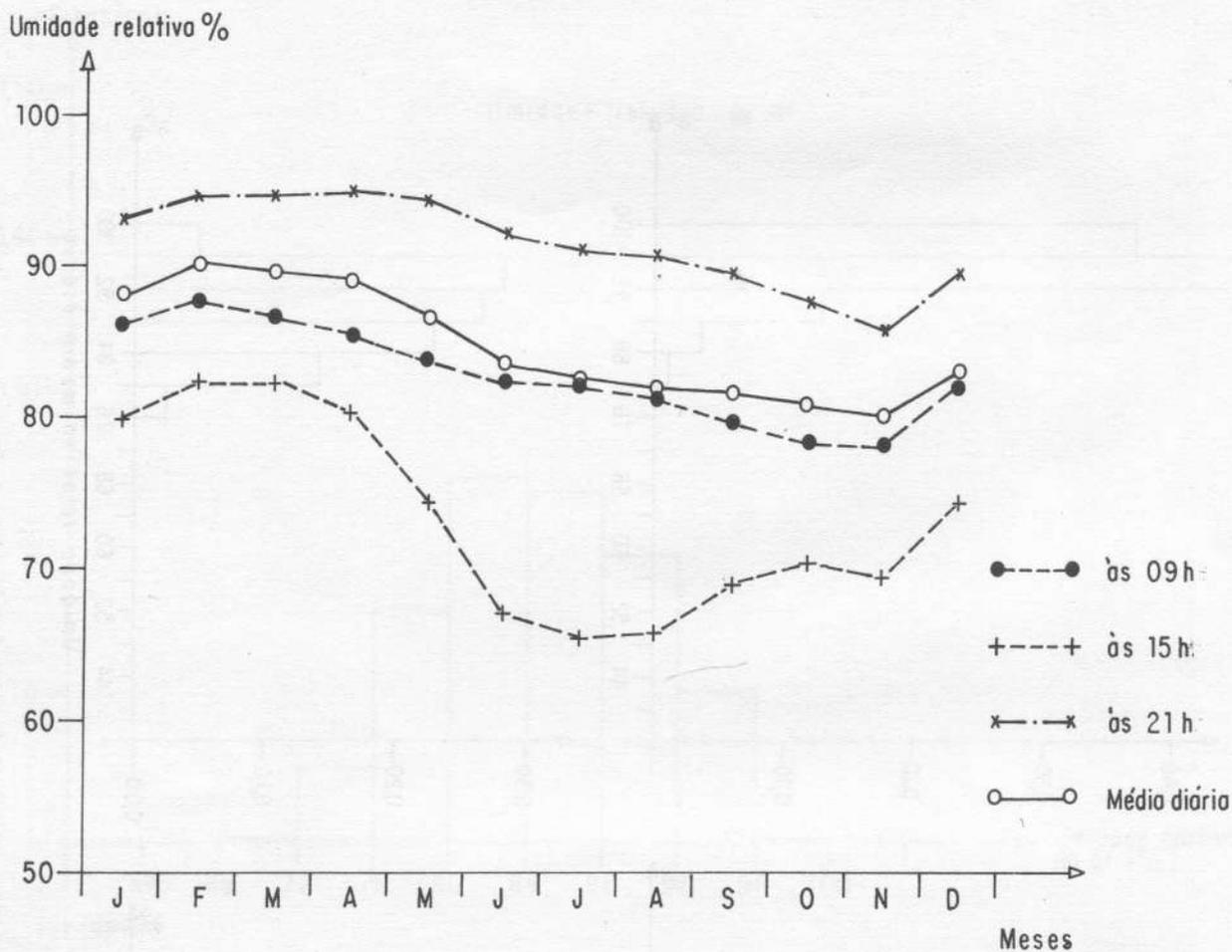


FIG. 7. Médias mensais da umidade relativa e da tensão de vapor de água (tv)

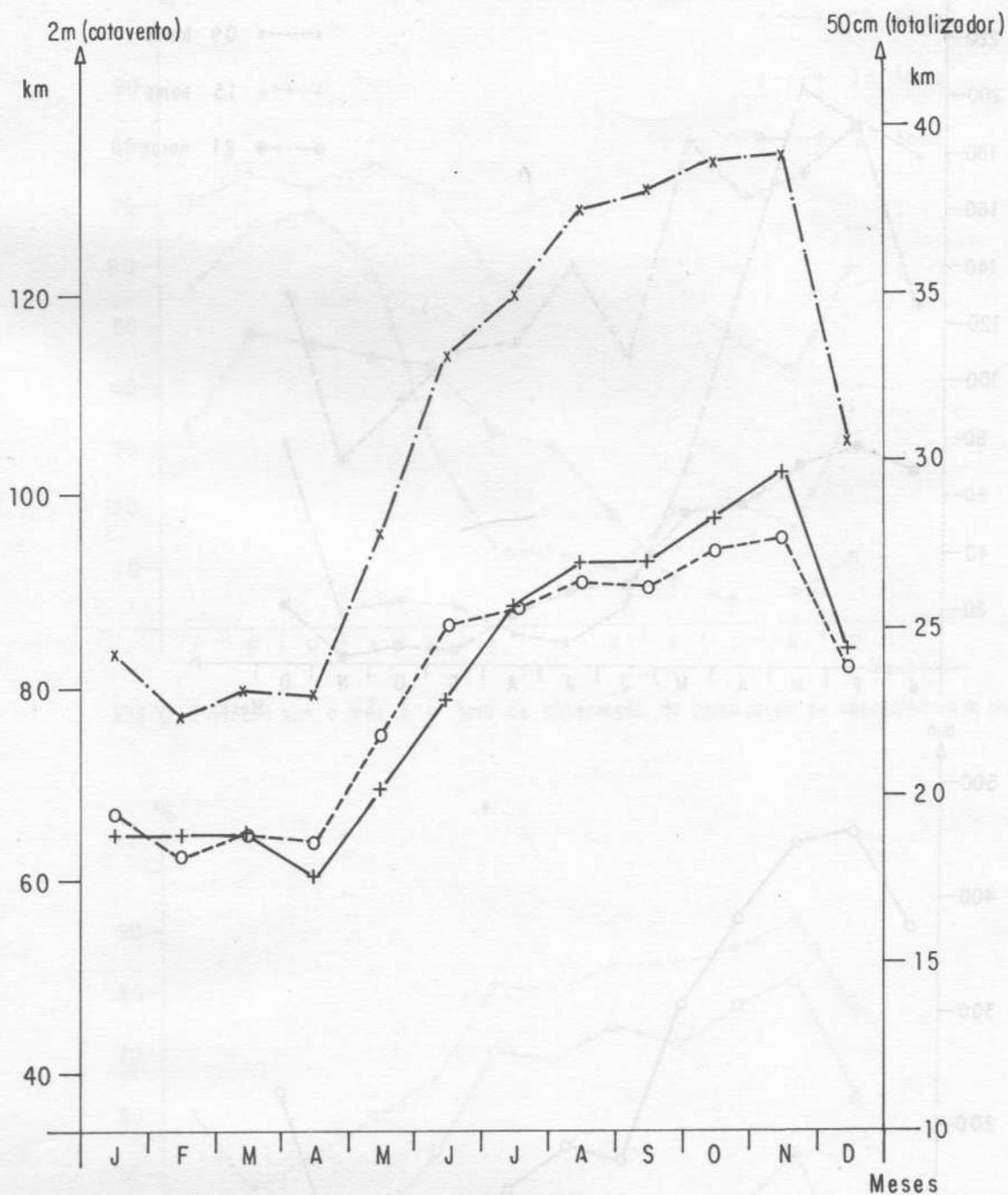


FIG. 8. Percurso do vento

+—+ A 2m, entre 9 e 21 h, média das observações de 9, 15, 21 horas com catavento WILD.

o---o A 50cm, entre 9 e 21 horas, com anemômetro totalizador do tanque classe A.

x---x A 50cm, de 9 horas a 9 horas do dia seguinte com o anemômetro totalizador do tanque classe A.

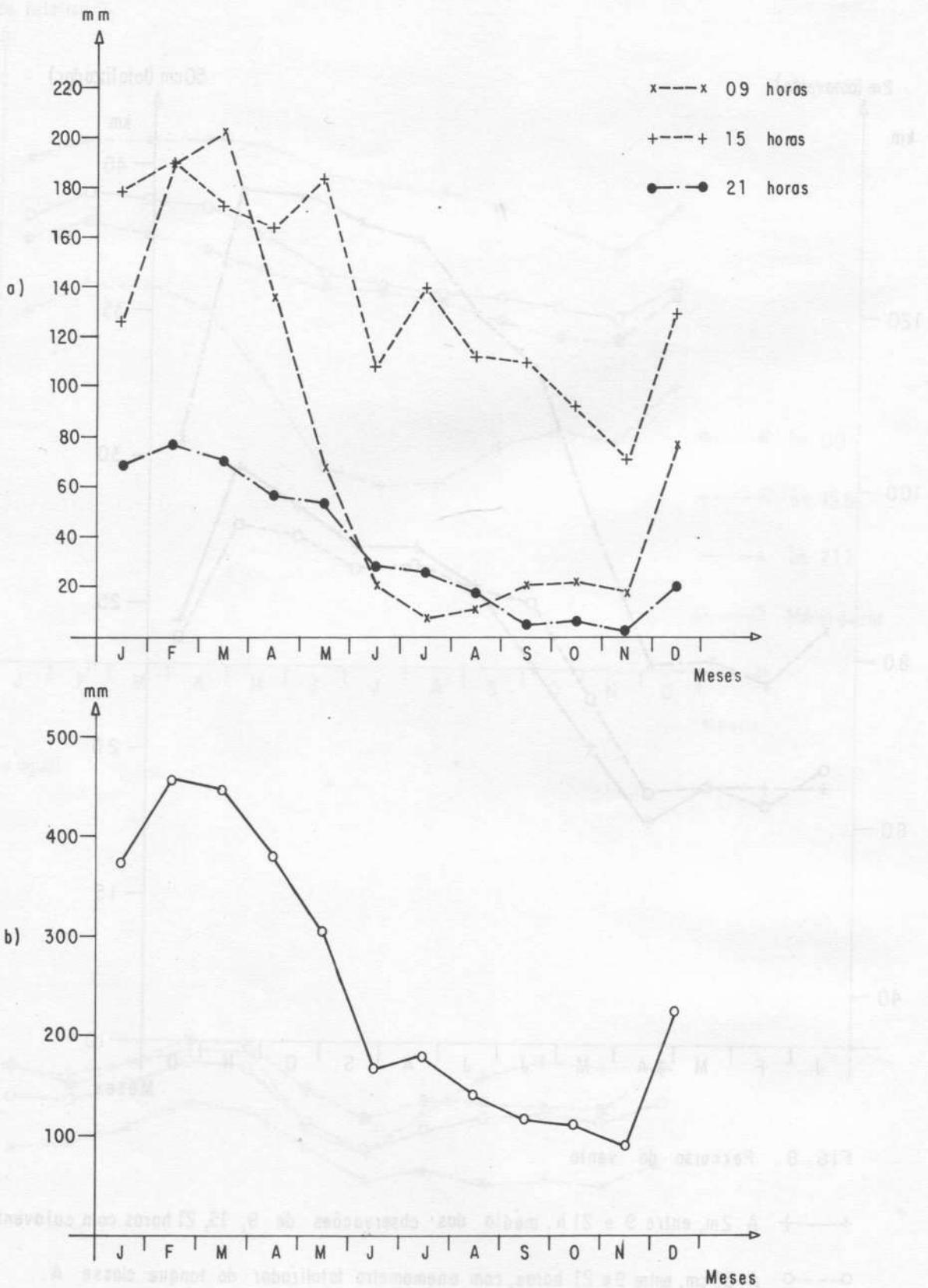


FIG. 9. Precipitações mensais médias

a) soma das observações dos vários horários

b) total

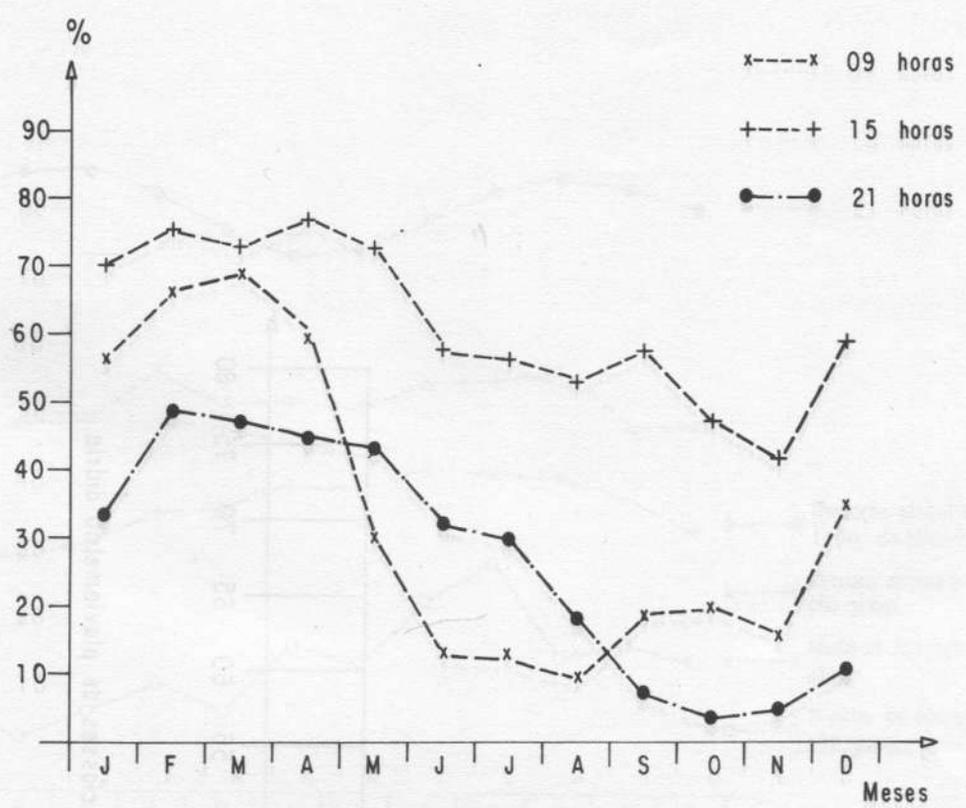


FIG.10. Evolução com o mês e a hora de observação, da percentagem de aparecimento da chuva.

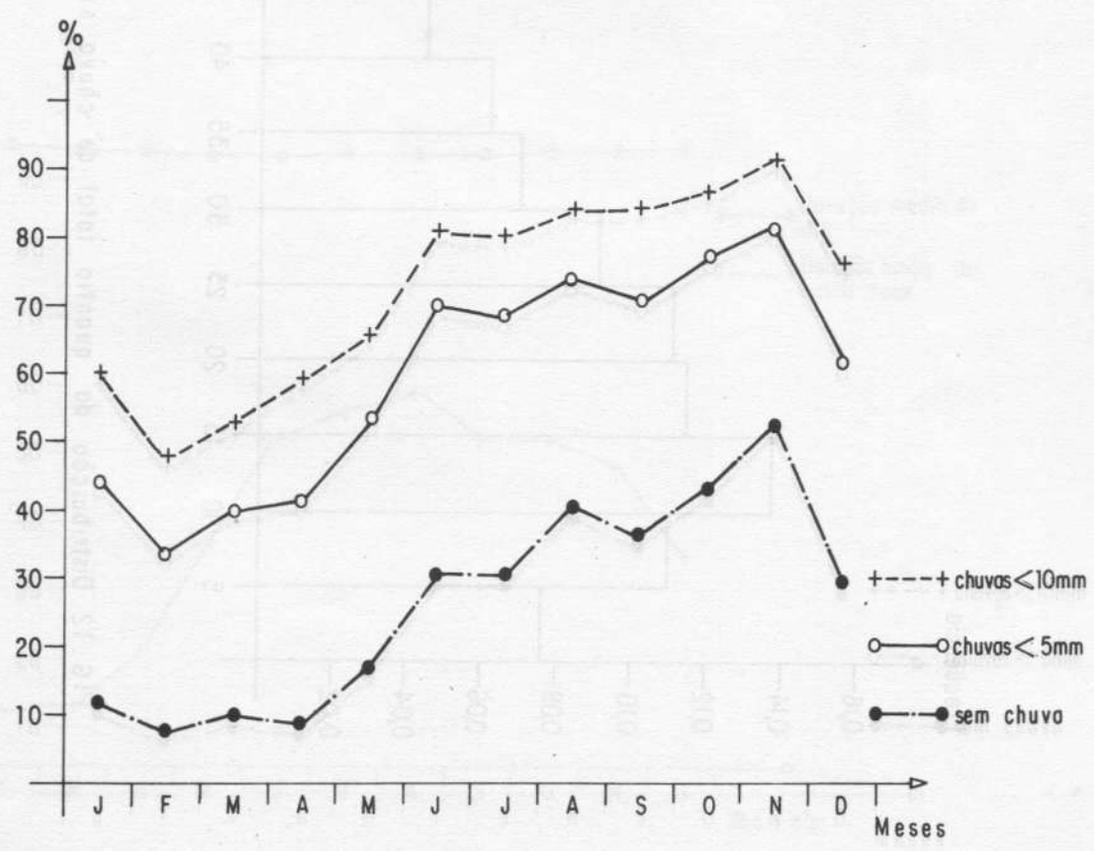


FIG.11. Percentagem de dias sem chuva ou com chuva menor do que 5 e 10 mm

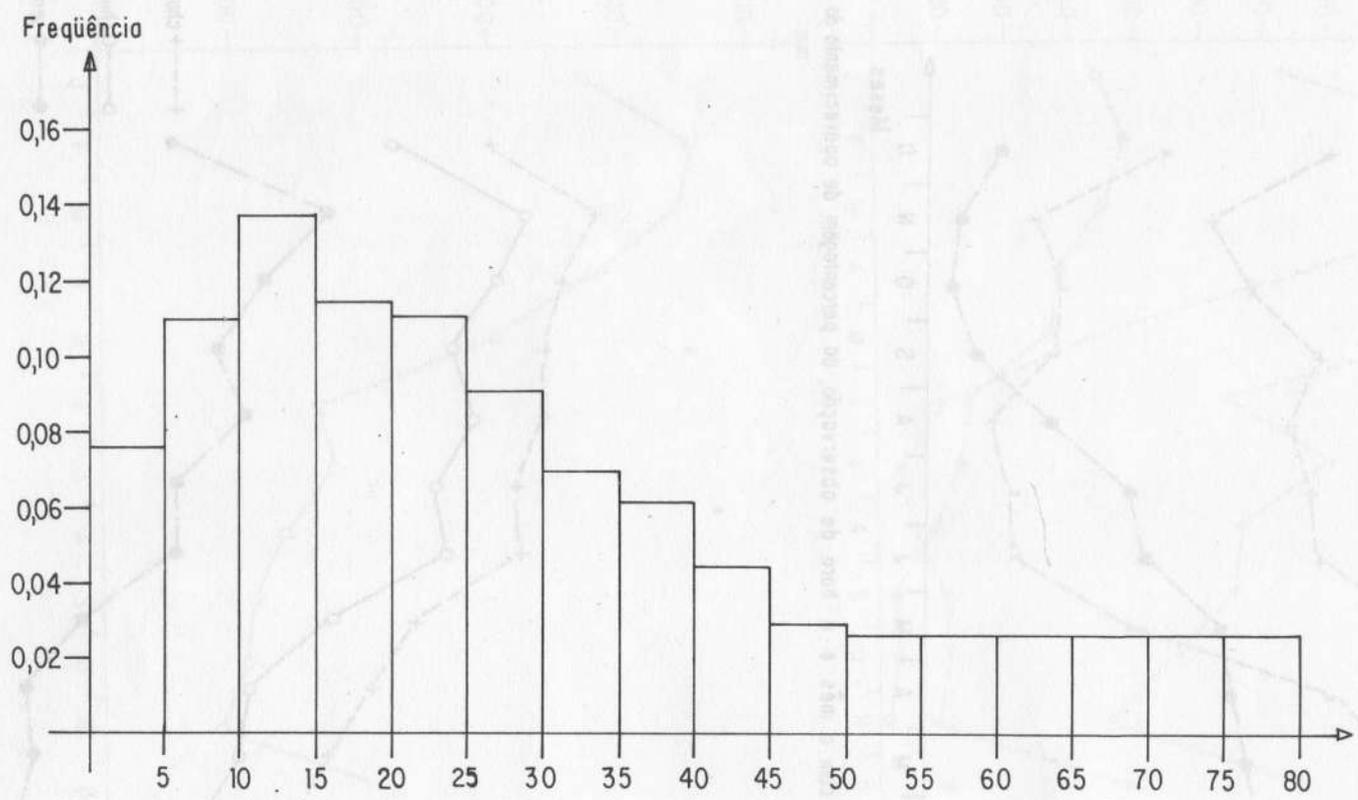


FIG.12. Distribuição da quantia total de chuva segundo classes de pluviometria diária.

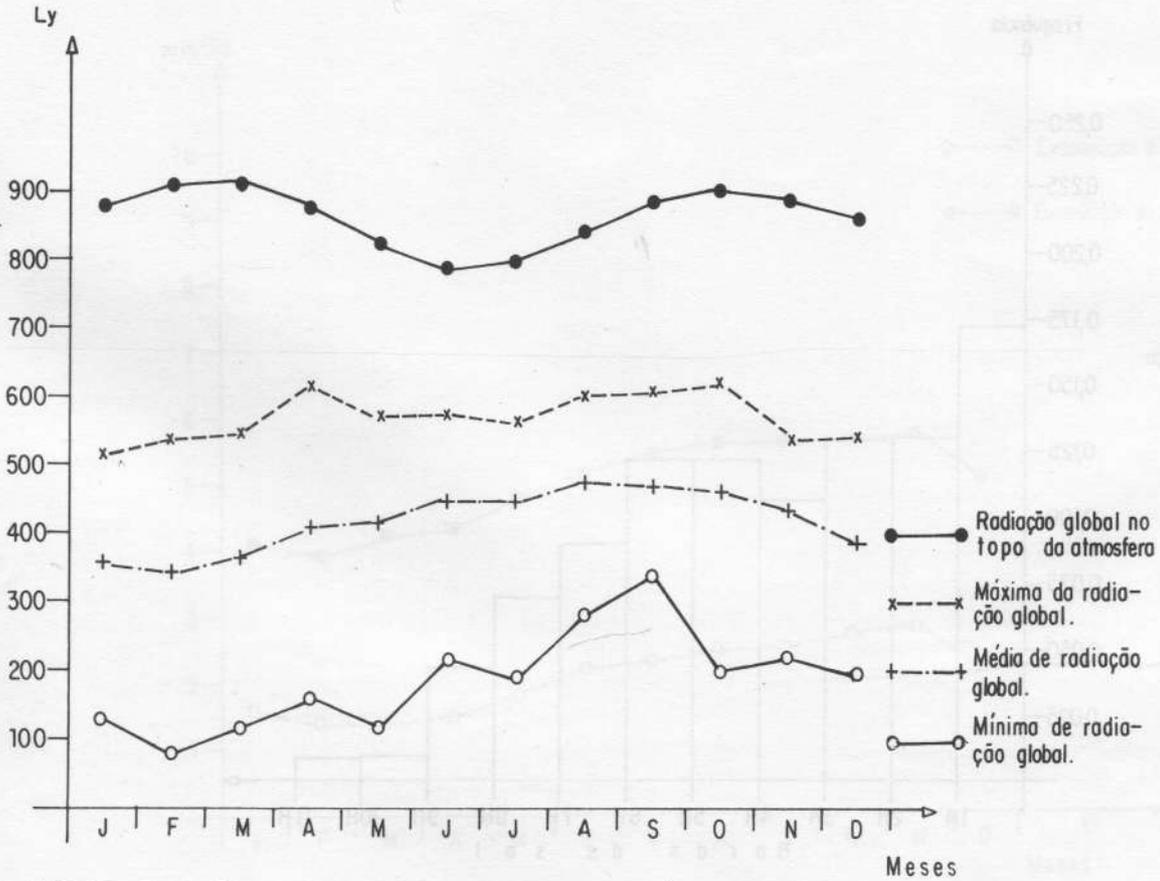


FIG. 13. Evolução mensal de radiação global em Belém

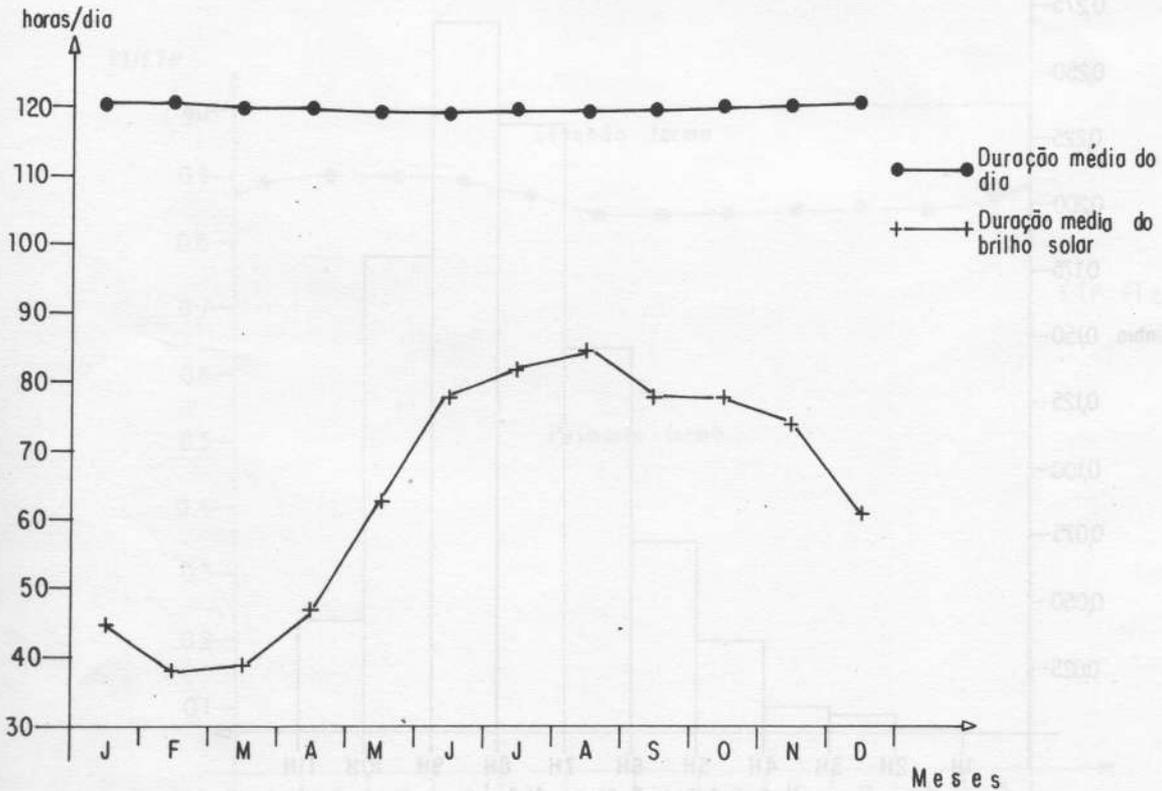


FIG. 14. Evolução mensal da duração do brilho solar em Belém.

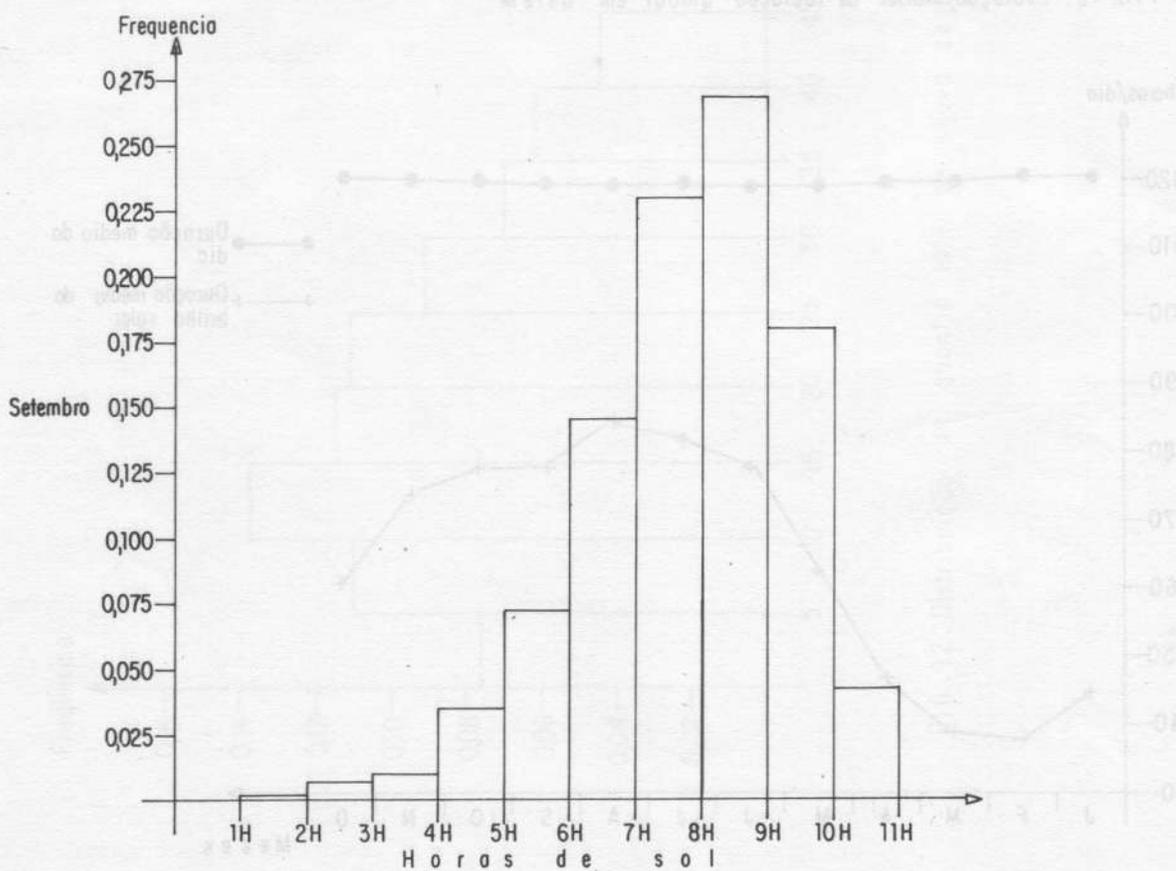
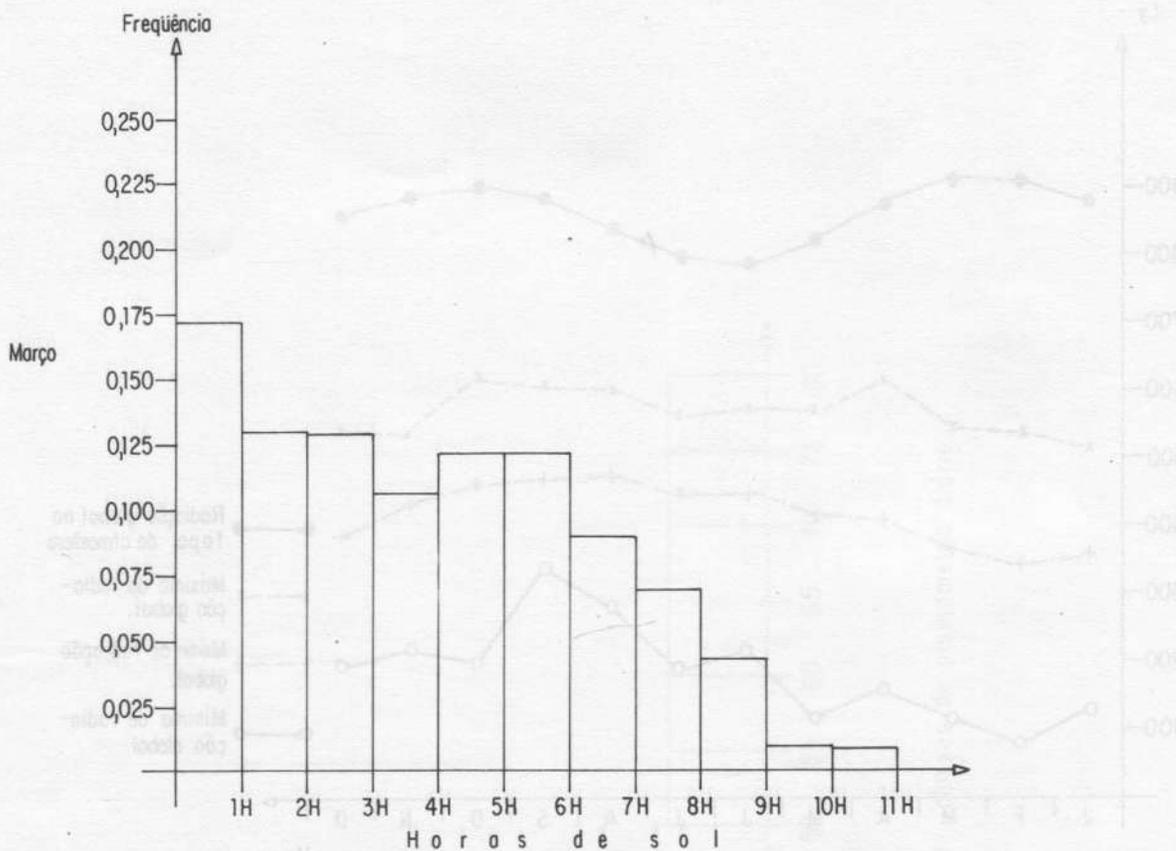


FIG. 15. Análise da frequência da duração do brilho solar em função da estação

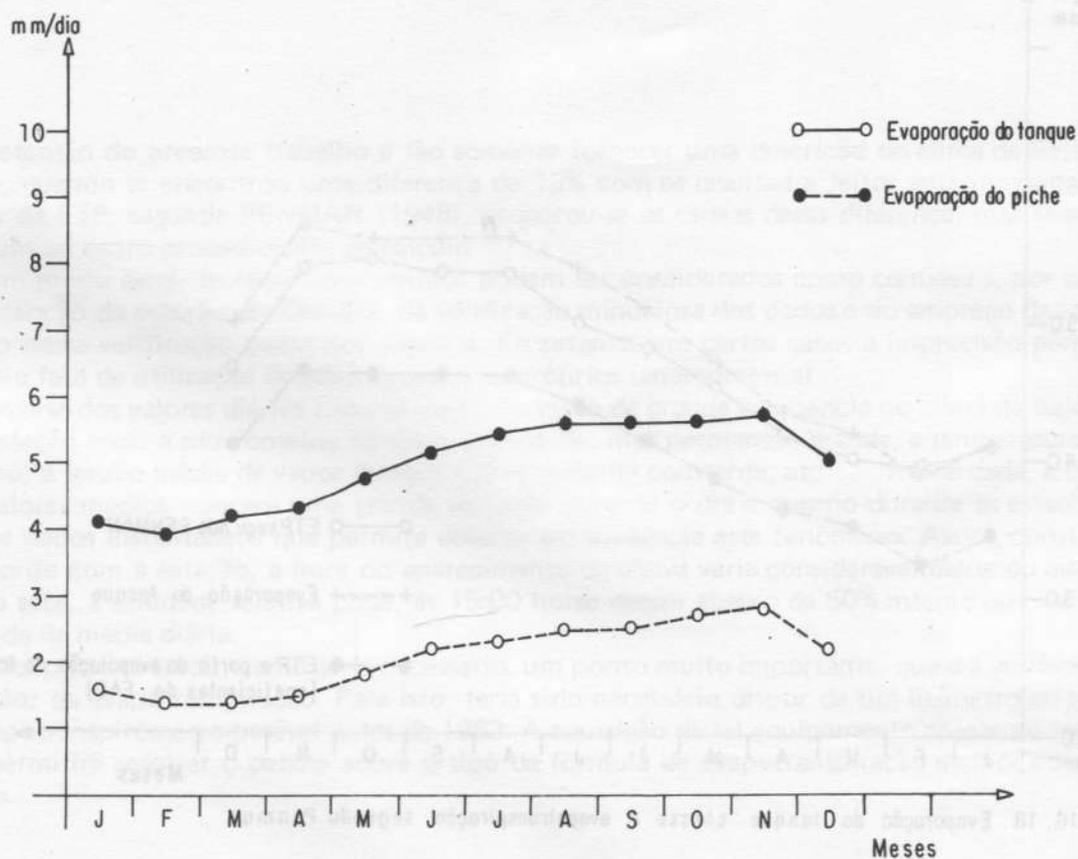


FIG. 16. Evolução mensal da evaporação média diária do Piche e do tanque classe A

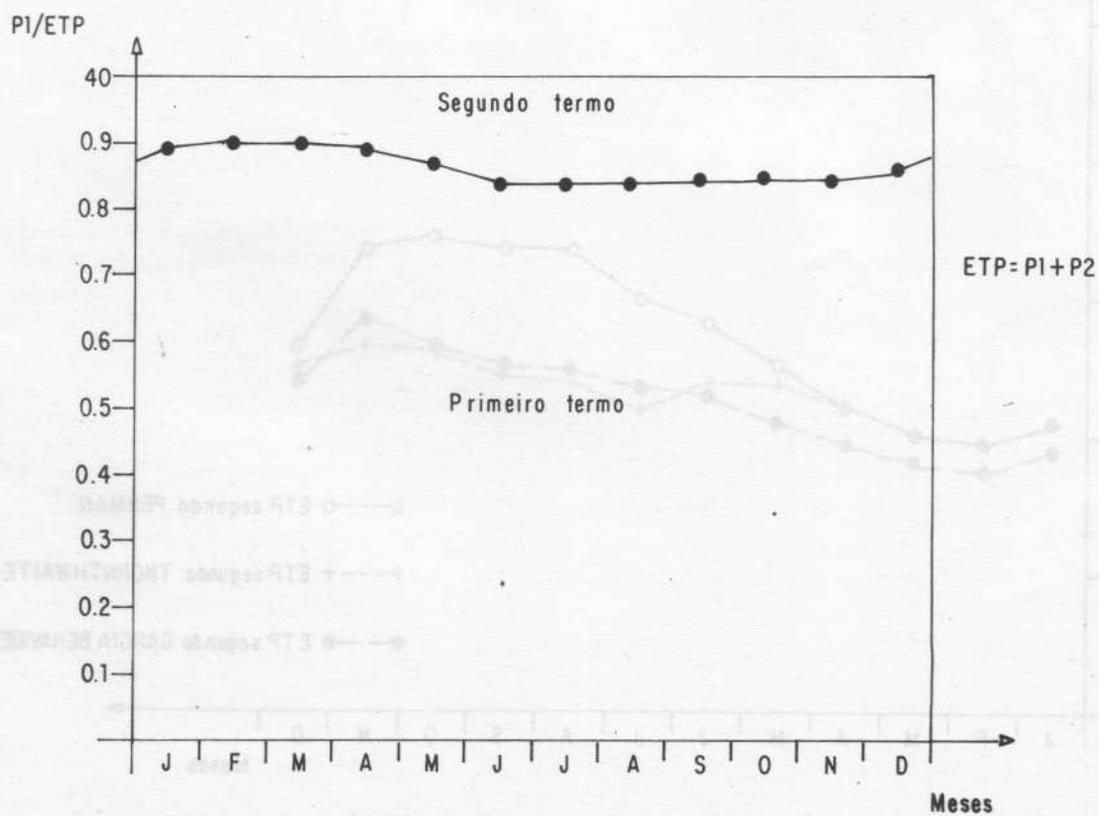


FIG. 17. Contribuição relativa de cada termo na evapotranspiração segundo Penman

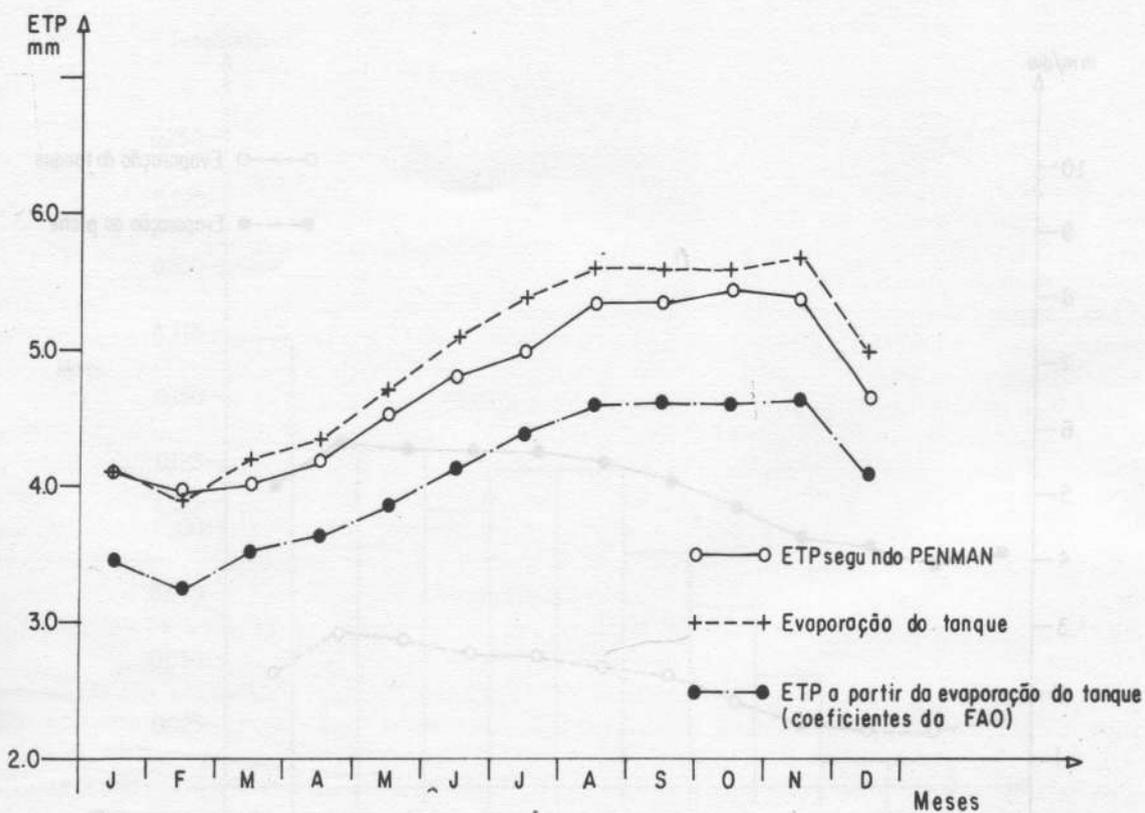


FIG. 18. Evaporação do tanque classe A evapotranspiração segundo Penman

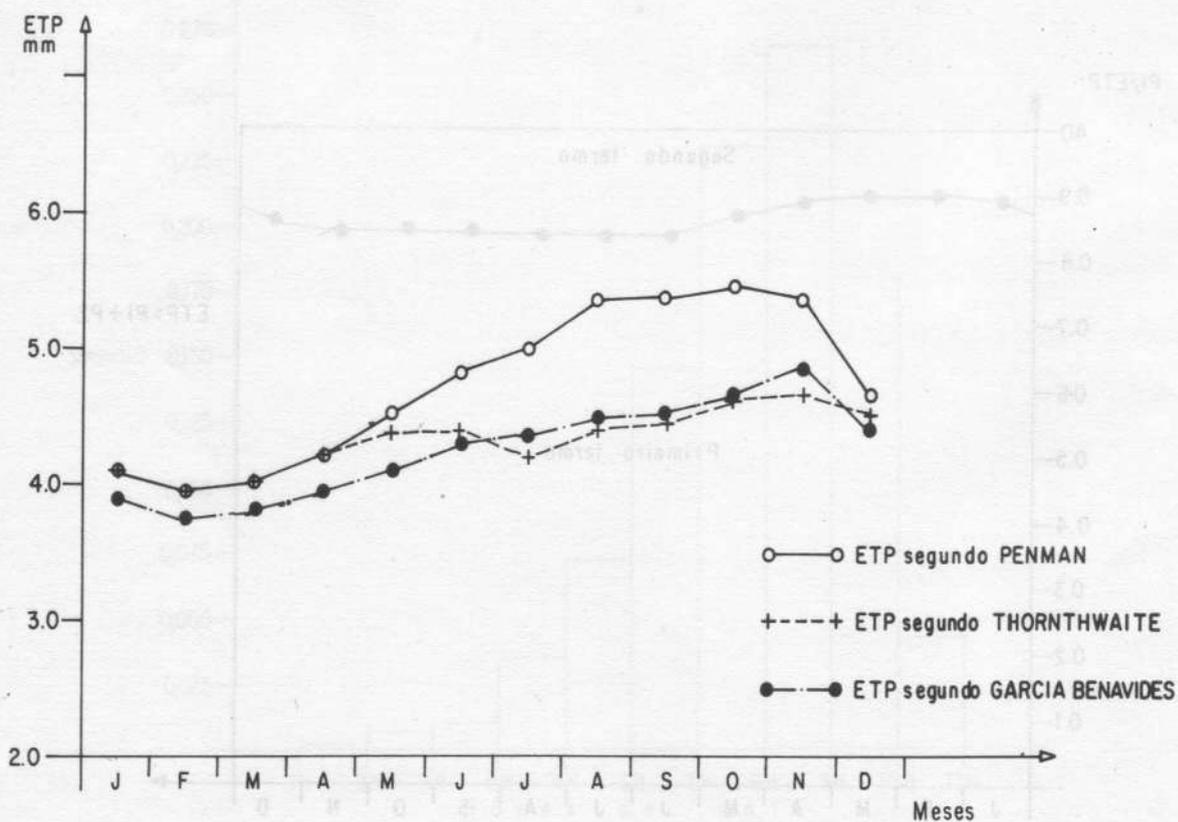


FIG. 19. Comparação de várias fórmulas de evapotranspiração.

## CONCLUSÃO

A pretensão do presente trabalho é tão somente fornecer uma descrição do clima de Belém. Por esta razão, quando se encontrou uma diferença de 15% com os resultados feitos anteriormente para a estimativa da ETP, segundo PENMAN (1948), procurou-se as causas dessa diferença, mas sem tentar justificar um ou outro procedimento de cálculo.

De um modo geral, os resultados obtidos podem ser considerados como confiáveis, por causa da boa manutenção da estação do CPATU, da verificação minuciosa dos dados e do emprego da informática, tanto nessa verificação como nos cálculos. Entretanto, em certos casos a imprecisão permanece grande, pelo fato de utilização de equipamentos impróprios (anemometria).

Da análise dos valores diários tirou-se uma impressão de grande constância no clima de Belém. Assim, em estação seca, a pluviometria diminui, é verdade, mas permanece grande, a temperatura média varia pouco, a tensão média de vapor de água é praticamente constante, etc. . . . Na verdade, a observação dos valores médios mascara uma grande variação durante o dia e mesmo durante as estações. É a análise dos dados instantâneos que permite colocar em evidência este fenômeno. Assim, constatou-se que de acordo com a estação, a hora do aparecimento da chuva varia consideravelmente ou ainda que na estação seca, a umidade relativa pode, às 15:00 horas descer abaixo de 50% mesmo que ela permaneça elevada na média diária.

Não foi possível tratar, como seria necessário, um ponto muito importante, que é a verificação direta do valor da evapotranspiração. Para isto, teria sido necessário dispor de um lisímetro ou melhor, de um evapotranspirômetro pesável antes de 1983. A aquisição de tal equipamento apesar do seu custo elevado, permitirá resolver o debate sobre o tipo de fórmula de evapotranspiração melhor adaptada a esta região.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGSTROM, A. Über den Zusammenhang zwischen Strahlung und Sonnen Scheindauer. **Bioklimatische Beiblatter**, 1: 1U, 1934.
- BASTOS, T.X.; CHAIB FILHO, H.; DINIZ, T.D.A.S.; LOBATO, V.H.B. Flutuação das chuvas na região de Belém em distintos intervalos de tempo. Período 1967-1983. Belém, 1983. In: Primeiro Simpósio do Trópico Úmido, **Anais**, Belém, 1986, v 1, p. 37-43.
- BERRY, F.A. ed. **Handbook of Meteorology**. . . New York, Mac.-Graw-Hill, 1975, 1068 pg.
- BOUCHET, R.J. Evapotranspiration réelle, evapotranspiration potentielle et production agricole. In: L'eau et la production végétale, Paris, Inra, 1964, p. 151-232.
- BROCHET, P. & GERBIER, N. **L'évapotranspiration; aspect météorologique évaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle**. Paris, 1975 (Météorologie Nationale Monographic 65), 94 p.
- BRUNT D. **Physical and dynamical meteorology**. Cambridge University Press, 1952.
- CARDON, D.A. **Réflexions critiques sur l'utilisation de la formule d'Angstrom em région amazonienne**. Paris 1985, 10p., 6 Tableaux (Journées de l'ORSTON sur l'Amazonie du 14 au 18 octobre 1985).
- CARDON, D.A.; SECHET, P.; DINIZ, T.D.A.S.; BASTOS, T.X.; MALTEZ, M.G.L. SISCLIMA: Création d'un système d'informations climatiques informatisées en région amazonienne. Paris, 1985, 14p. 4 tableaux (Journées de l'ORSTON sur l'Amazonie du 14 au 18 octobre 1985).
- CHAIB FILHO, H.; BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D.A.S. **Estimativa de precipitação para diferentes níveis de probabilidade em quatro períodos de tempo segundo a distribuição gama** — Belém Pará —. (Publicação submetida ao Comitê de Publicação do CPATU/EMBRAPA: Belém, CPATU, 1985. 17p.
- DINIZ, T.D. de A.S. **Diferenças em registros de duração do brilho solar por heliógrafos Campbell — Stockes, devidas a tipos de tiras**. Campinas, 1983, p. 101-110. (Trabalho apresentado ao III Congresso Brasileiro de Agrometeorologia — 17 a 22 de junho de 1983).
- DINIZ, T.D. de A.S.; CARDON, D.A.; BASTOS, T.X.; MALTEZ, M.G.L. Relação entre radiação solar global e insolação para a região de Belém, Pará In: PRIMEIRO Simpósio do Trópico Úmido. Belém, 1984. **Anais**, Belém 1986. v 1, p. 68-73.
- GARCIA BENAVIDES, J. & LOPES DIAS, J. Fórmula para el calculo de la evapotranspiration potencial adaptada al tropico (15n — 15s). **Agron. Trop.** 20 (5): 335-45. 1970.
- HARBREAVES, G.H. **Potencial evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast Brazil**. Utah, Utah State University, 1974, 55 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INEMET). Manual de Meteorologia (MAT). s. ed. 1964, 282 pg.
- MALTEZ, H.T. **Évaluation des ressources en eau en vue de l'aménagement de la région de Belém-PA. Bresil**, Toulouse 1980 (These de Doctorat d'Etat. Université Paul Sabatier).
- MALTEZ, H.T.; MALTEZ, M.G.L.; BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D. de A.S. Avaliação da evapotranspiração potencial da região de Belém-PA. In: Primeiro Simpósio do Trópico Úmido. Belém, 1984. **Anais**. Belém, 1986, v 1. p. 56-67.
- NECHET, D. **Variabilidade diurna da precipitação em Belém**, Belo Horizonte, 1984. (Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de Meteorologia — 3 a 7 de dezembro de 1984).
- OAA/FAO. Les besion en eau des cultures. **FAO Bull. Irrig. Drainage**, 1976, v.24: 198p.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grasses. **Proc. Royal Soc. of London, A**, 19: 120-46. 1948.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Trans. Roy. Soc. South Australia**, 64 (1): 114-118. 1940.
- THORNTWAITE, C.W. & HOLZMANN, B. measurement of evaporation from land and water surfaces. U.S.D.A. Tech. Bull. N. 817, 1942.

**Therezinha Xavier Bastos** é Pesquisadora da EMBRAPA-CPATU. Engenheira Agrônoma (1968) pela FCAP. Mestre (1978) pela Universidade da Flórida - USA. Atualmente, faz Doutorado na Universidade do Havai, Honolulu - USA. É autora de vários trabalhos de pesquisa em Meteorologia.

**Tatiana de Abreu Sá Diniz** é Pesquisadora da EMBRAPA-CPATU. Engenheira Agrônoma (1971) pela FCAP. Mestre (1978) pela Universidade de Utah - USA. Atualmente, prepara Doutorado. É autora de diversos trabalhos em Agro-meteorologia.

**Daniel Cardon** é Pesquisador da ORSTOM - Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. Foi assessor da EMBRAPA-CPATU durante o período de 1984 a 1986. É autor de inúmeros trabalhos de pesquisa tanto no Brasil como no exterior.

## 14 ANOS DE MEDIDAS METEOROLÓGICAS EM BELÉM

*Descreve o clima de Belém e apresenta os resultados de dados-teste, a partir da utilização de dois programas com vistas a: evolução mensal da média e dos valores extremos dos parâmetros estudados e a distribuição por classe dos valores assumidos por esses parâmetros.*

*Os autores questionam, ainda, e deixam em aberto o debate sobre a verificação direta do valor da evapotranspiração, que melhor se adapte à região de Belém.*

ISBN 85 - 247 - 0025 - 4

14 anos de medidas ...

1987

FL-PP-10643



CPATU- 13621-1



MEC  
SESu  
PROED

