

ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO
POR ORVALHO: ESTIMATIVA BASEADA EM PARAMETROS METEORO-
LÓGICOS E COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE INSTRUMENTOS DE
MEDIÇÃO

PEDRO ALVARENGA AMADOR
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. MÁRIO JOSÉ PEDRO Jr.

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Julho - 1987

Alvarenga Amador, Pedro.

A473e

Duração do período de molhamento por orvalho: estimativa baseada em parâmetros meteorológicos e comparação do desempenho de instrumentos de medição. Piracicaba, 1987.

69p. ilus.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia

1. Feijão - Umidade relativa - Parâmetro climático. 2. Meteorologia agrícola. 3. Orvalho em feijão - Duração. 4. Registrador de orvalho. I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 635.652


DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO POR ORVALHO: ESTIMATIVA
BASEADA EM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS E COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO
DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

PEDRO ALVARENGA AMADOR

Aprovada em 20/08/1987

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Mario José Pedro Júnior	IAC/SP
Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci	ESALQ/USP
Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova	ESALQ/USP
Prof. Dr. Klaus Reichardt	ESALQ/USP
Prof. Dr. Armando Bergamin Filho	ESALQ/USP


Prof. Dr. Mário José Pedro Junior
Orientador

OFEREÇO:

*A Deus que me ilumina e dá forças
em cada instante da vida*

DEDICO:

*Aos meus Pais Eli e Tomás
e Anarda, em eterna gratidão
e aos meus Irmãos e Irmãs.*

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Mário José Pedro Jr., da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronomico de Campinas, pela dedicada e eficaz orientação e pela amizade e pelo apoio logístico oferecido.
- À OMM/PNU e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES/Brasil, pelo auxílio financeiro;
- Ao Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci e ao Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi, pela colaboração e apoio;
- Ao Dr. Altino Aldo Ortolani, pelas sugestões, incentivo e amizade.
- À Seção de Climatologia Agrícola, do Instituto Agronômico de Campinas, pelas Facilidades oferecidas.
- Ao Prof. Dr. Armando Bergamin Filho, do Depto. de Fitopatologia (ESALQ/USP), pela colaboração com equipamento meteorológico.
- Ao Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova pelas oportunas sugestões e amizade.
- A Maria José Ferraz, pelo incentivo e apoio constantes.
- A todos os membros, professores, alunos e funcionários do Depto. de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, que pela sua experiência, esforço, colaboração e amizade contribuíram para minha formação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Generalidades	03
2.2. Condições de formação de orvalho	05
2.3. Orvalho e desenvolvimento de doenças em vege- tais	06
2.4. Equipamentos usados na determinação do orva- lho	08
2.5. Estimativa da formação de orvalho	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Local e clima	
3.2. Equipamento	15
3.2.1. Registrador do período de molhamen- to Lufft	16
3.2.2. Aspergígrafo tipo Woelfle	16
3.2.3. Orvalhógrafo tipo Kessler-Fuess	17
3.2.4. Anemógrafos	17
3.3. Período de experimentação	19
3.4. Análise dos dados coletados	19
3.4.1. Análise de regressão linear simples e múltipla	19

3.4.1.1. Estimativa da duração do período de molhamento visual (DPMv) em função de dados micrometeorológicos obtidos no feijão	20
3.4.1.2. Comparação dos parâmetros meteorológicos determinados no posto e o microclima do feijoeiro	20
3.4.1.3. Estimativa da DPM baseada em parâmetros observados no posto meteorológico	22
3.4.1.4. Comparação entre equipamentos usados na determinação da DPM	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em feijoeiro	24
4.1.1. Regressões lineares simples entre a duração do período de molhamento observada visualmente (DPMv) e os parâmetros meteorológicos medidos no feijoeiro	24
4.1.2. Regressões lineares múltiplas entre a duração do período de molhamento observada visualmente (DPMv) e os parâmetros meteorológicos medidos no feijoeiro	33
4.2. Comparação dos parâmetros determinados no posto meteorológico e o microclima do feijoeiro	38

	Página
4.3. Estimativa da DPM baseada em parâmetros obser <u>v</u> ados no posto meteorol <u>ó</u> gico	42
4.3.1. Teste comparativo das equações de es <u>t</u> imativa de DPMv	44
4.4. Avaliação de equipamentos usados na determina <u>ç</u> ão da DPM	47
4.4.1. Comparações entre a duração do per <u>í</u> odo de molhamento observada visualmente (DPMv) e a registrada pelo Lufft (DPM1) na cultura de feijão	49
4.4.2. Comparações da duração do per <u>í</u> odo de molhamento (DPM) entre os tr <u>ê</u> s regis <u>t</u> radores de orvalho instalados no posto meteorol <u>ó</u> gico	52
5. CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
01	Valores dos horários de ocorrência do início, do fim e da duração do período de molhamento (DPM) obtidos visualmente (visual), registrados pelo Lufft (Lufft) e determinados pelo número de horas com umidade relativa $\geq 90\%$ ($NHUR \geq 90\%$) e pelo número de horas com temperatura iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (NHT_0), obtidas em feijoeiro, em abril e maio de 1986	25
02	Valores obtidos na cultura de feijão (C) e no posto meteorológico (P) de temperatura mínima (T_m); amplitude térmica (ΔT); número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90% ($NHUR \geq 90\%$); número de horas com temperaturas iguais ou inferiores a temperatura do ponto de orvalho (NHT_0); umidade relativa (UR_{21}), tensão atual do vapor (e_{21}) e velocidade do vento (U_{21}) das 21:00 horas e velocidade do vento média noturna ($U_{\bar{x}}$), em abril e março de 1986	26
03	Equações de regressão da forma $y = a + bx$, da duração do período de molhamento observado visualmente (DPM_v) em função dos elementos meteorológicos observados em feijoeiro (abril e maio de 1986)	27

TABELA Nº

Página

04	Análises de correlação entre DPMv e elementos meteorológicos observados na cultura de feijão (maio de 1986)	34
05	Análise de variância da DPMv em função do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (X) no feijoeiro	36
06	Análise da variância da DPMv em função do NHUR \geq 90% (X); velocidade do vento média noturna (\bar{X}_2) e a temperatura mínima (X_3) no feijoeiro	36
07	Análise de variância de DPMv em função do NHUR \geq 90% (X), velocidade do vento as 21:00 horas (X_2) e temperatura mínima (X_3) no feijoeiro	37
08	Valores encontrados no teste t efetuado às equações 4.1, 4.2 e 4.3	37
09	Regressões lineares da forma $y = a+bx$ dos elementos meteorológicos determinados no feijoeiro (Y) em função dos elementos determinados no posto meteorológico (X)	39
10	Equações de estimativa da DPM na cultura com parâmetros medidos no posto meteorológico, sem serem ajustados	44
11	Valores de duração do período de molhamento observados (DPMv) e estimados por diferentes regressões	45

TABELA Nº

Página

12	Durações dos períodos de molhamento observados visualmente (DPMv) e registrados pelo instrumento da Lufft (DMMI) no feijoeiro (abril e maio de 1986)	48
13	Análise de regressão entre a duração do período de molhamento observada visualmente (DPMv) e a duração do período de molhamento registrada pelo equipamento da Lufft, no feijoeiro (abril e maio de 1986)	49
14	Valores de início, do fim e da duração do período de molhamento (DPM) registrados no equipamento Lufft, aspergígrafo e orvalhógrafo; início, fim e duração do período (NH) com umidade relativa igual ou maior à 90% ($NHUR \geq 90\%$) e temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (NHTo), no posto meteorológico em julho e julho de 1986	54
15	Análises de regressão linear simples entre a duração do período de molhamento registrada pelo Lufft (Y) e o aspergígrafo (A), orvalhógrafo (W), o $NHUR \geq 90\%$ (X) e o número de horas com temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (To)	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
01	Registrador do período de molhamento-Lufft	18
02	Aspergígrafo tipo Woelfle - Fuess	18
03	Orvalhógrafo tipo Kessler - Fuess	18
04	Regressões lineares da duração do período de molhamento observado visualmente (DPMv) em função do número de horas de umidade relativa maior e igual que 85, 90 e 95% (a) e (b); da amplitude térmica ΔT (c); e do número de horas com temperatura igual ou menor que a temperatura do ponto de orvalho, NHTo (d), na cultura de feijão em abril e maio de 1986	28
05	Regressões lineares da duração do período de molhamento observado visualmente (DPMv) em função da temperatura mínima (a); umidade relativa (b), tensão atual do vapor (c) e velocidade do vento (d) das 21:00 horas, no feijoeiro em abril e maio de 1986	29
06	Regressão linear entre a duração do período de molhamento observado visualmente (DPMv) e a velocidade do vento média das 18:00 às 06:00 horas ($U\bar{x}$) no feijoeiro (abril-maio de 1986)	30

FIGURA Nº

Página

07	Regressões lineares simples entre parâmetros meteorológicos medidos no posto meteorológico e o microclima na cultura de feijão: número de horas com umidade relativa igual ou maior a 90% (a), temperatura mínima (b), amplitude diária de temperatura (c) e o número de horas com temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (d)	40
08	Regressões lineares simples entre os parâmetros meteorológicos medidos no posto meteorológico, e na cultura de feijão: velocidade noturna média do vento (a), velocidade do vento (b), umidade relativa (c) e tensão do vapor de água no ar (d) medidos as 21:00 horas	41
09	Correlação entre as durações do período de molhamento observado visualmente e registrado pelo aparelho da Lufft (abril - maio de 1986)	50
10	Comparações entre as observações visuais de molhamento e os registrados pelo aparelho da Lufft na cultura de feijão em abril e maio de 1986	51
11	Horário de início e fim dos períodos de molhamento observados visualmente e registrados pelo equipamento Lufft e do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% ($NHUR \geq 90\%$) na cultura de feijão (abril-maio de 1986)	53

FIGURA Nº

Página

- | | | |
|----|--|----|
| 12 | Regressões lineares simples entre a duração do período de molhamento (DPM) registrada pelo Lufft e a DPM registrada no aspergígrafo (a) e no orvalhógrafo (b) e entre o número de horas de umidade relativa iguais ou maiores que 90% (c) e o número de horas com temperaturas iguais ou inferiores à temperatura do ponto de orvalho (d), no posto meteorológico (junho-julho). | 57 |
| 13 | Comparações entre o número de horas de molhamento registrados no equipamento Lufft e aspergígrafo e o número de horas com umidade relativa igual ou maior a 90% no posto meteorológico em junho e julho de 1986 | 59 |
| 14 | Horário do início e fim dos períodos de molhamento registrados no Lufft e aspergígrafo e o início e fim dos períodos com umidades relativas iguais ou maiores a 90% no posto meteorológico (junho e julho de 1986) | 60 |

DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO POR ORVALHO: ESTIMATIVA
BASEADA EM PARÂMETROS METEOROLÓGICOS E COMPARAÇÃO DO
DESEMPENHO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Autor: PEDRO ALVARENGA AMADOR
Orientador: Prof. Dr. MÁRIO JOSÉ PEDRO Jr.

RESUMO

Foram realizados experimentos de campo com o objetivo de estudar os parâmetros que influenciam na duração do período de molhamento por orvalho em feijoeiro, visando obter modelos de estimativa. Os parâmetros analisados foram: temperatura mínima; número de horas com temperaturas iguais ou inferiores à temperatura do ponto de orvalho; amplitude térmica diária; número de horas com umidade relativa igual ou superior à 90%; velocidade do vento média noturna; velocidade do vento, umidade relativa e tensão atual do vapor medidos às 21:00 horas, no feijoeiro e no posto meteorológico em abril-maio/86. Ao mesmo tempo efetuaram-se observações visuais e registro dos horários de início e fim do período de molhamento na cultura.

Com estes parâmetros estabeleceu-se uma série de regressões estatísticas para conhecer o grau de correlação com a duração do período de molhamento. Encontrou-se que este pode ser estimado a partir do número de horas com umidade relativa igual ou superior à 90%, obtido em postos meteorológi

cos usando funções de ajuste entre os macro e microclima ou obtido diretamente na cultura.

Também, durante junho-julho/86, foram realizadas medições da duração do período de molhamento, para avaliar o desempenho de tres registradores de orvalho instalados na estação climatológica padrão da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP: um registrador da Lufft, modelo 8341; um aspergígrafo tipo Woelfle e um orvalhógrafo Kessler-Fuess. Pela ordem acima descrita estes equipamentos mostraram uma eficiência decrescente em seu desempenho.

DEW WETNESS DURATION: ESTIMATION BASED ON METEOROLOGICAL
PARAMETERS AND PERFORMANCE OF RECORDING INSTRUMENTS

Author: PEDRO ALVARENGA AMADOR
Adviser: Prof. Dr. MÁRIO JOSÉ PEDRO Jr.

SUMMARY

Field experiments were carried out to study the parameters influencing dew duration on bean plants, aiming at obtaining models for estimation. The analysed parameters were: minimum temperature; number of hours of temperature equal to or lower than that of dewpoint; daily thermal range; number of hours of relative humidity equal to or higher than 90%; average night wind speed; wind speed, relative humidity and actual vapor pressure, measured at 9:00 P.M. for the bean plant and at the weather station, in April-May/86. At the same time, visual observations were made and times of onset and ending of dew in the crop were recorded.

Based on these parameters a series of statistical regressions was established to verify the extent of the correlation with dew duration. It was found that this can be estimated from the number of hours of relative humidity equal to or higher than 90%, obtained at weather stations using adjustment functions between macro and microclimates or directly obtained within the crop.

Also during June-July/86 measurements of dew duration were taken to evaluate the performance of three dew recorders set up at the standard weather station at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" : Lufft type, model 8341; Woelfle type and Kessler-Fuess dew recorder. The three types showed a decreasing efficiency in their performance, in the above mentioned order.

1. INTRODUÇÃO

O orvalho é um fenômeno de condensação atmosférica de grande importância na agricultura e na ecologia, havendo regiões em que se configura como a principal fonte de água.

A duração do período de molhamento (DPM) e a quantidade de orvalho sobre os vegetais afeta a escolha das épocas adequadas para a colheita de algumas culturas; afetam também a aplicação e eficácia de pesticidas e herbicidas; influencia a corrosão de maquinaria agrícola; pode inibir o congelamento em plantas devido à liberação de calor latente de evaporação, na condensação; reduz ou inibe a evapotranspiração aumentando o potencial hídrico dos vegetais.

O orvalho é de particular importância em patologia vegetal, visto que, a magnitude do período de molhamento influencia no desenvolvimento de muitas bactérias e fungos foliares patogênicos. A maioria dos esporos de fungos precisam de um filme de água sobre as folhas, por um tempo determinado, para poderem germinar e penetrar no hospedeiro, ocasionando o processo infeccioso.

O orvalho é um fenômeno que na prática é difícil de ser observado, medido, registrado ou estimado e a disponibilidade de registros históricos de DPM por orvalho são muito escassos.

Existe uma ampla gama de aparelhos de diversos tipos, que medem ou registram o orvalho, mas não existe um método padronizado de registro nas diversas estações meteorológicas padrões.

Isto evidencia a necessidade de desenvolvimento de técnicas que permitam estimar a DPM a partir de parâmetros meteorológicos, normalmente observados nas estações agrometeorológicas.

O presente trabalho foi realizado com o intuito de:

- estimar a duração do período de molhamento em feijoeiro, em função de parâmetros determinados na cultura e em postos agrometeorológicos;
- relacionar o microclima de uma cultura de feijão com os parâmetros meteorológicos determinados no posto;
- fazer testes comparativos do desempenho de equipamentos registradores da presença de orvalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

Long citado por MOTA (1985), define o orvalho como a deposição de gotas de água sobre superfícies, por condensação direta do vapor d'água do ar, quando estas se resfriam atingindo temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho, devido às perdas radiativas que estas superfícies sofrem.

A temperatura do ponto de orvalho é aquela na qual uma dada parcela de ar deve se resfriar sob pressão e teor de vapor de água constantes a fim de que ocorra a saturação (CAMPBELL, 1977).

A condensação do vapor d'água numa superfície é função da emissão de radiação dessa superfície (MONTEITH, 1957). As perdas líquidas por radiação estão acompanhadas por uma transferência de calor sensível desde o ar mais quente à superfície mais fria, então, o vapor se condensa devido à liberação de calor latente de condensação (BURRAGE, 1972).

MONTEITH & BUTLER (1979), comentam que quando as folhas das plantas se esfriam durante a noite, se tornam cobertas de umidade na forma de um filme superficial de água

ou como pequenas gotas de orvalho. Estas gotas podem ser confundidas com gutação (RAMAN et alii, 1973), isto é, o excesso de água que sai de dentro da planta através dos hidatódios das folhas (FERRAZ, 1984).

O orvalho já formado pode persistir por algumas horas ou ainda o dia todo, embora seja mais frequente a evaporação entre uma ou duas horas depois da condensação cessar (SLATYER & McILROY, 1961). É claro que a mesma superfície não pode ao mesmo tempo estar condensando orvalho e evaporando, mas, no entanto, as partes mais expostas das plantas podem já estar úmidas de orvalho enquanto o solo ou partes mais baixas da planta estão ainda por perder água (GEIGER, 1961). Como a formação de orvalho depende da emissão de radiação local (limitação do horizonte, nebulosidade), da temperatura, isto é, balanço térmico da parte superficial, da umidade relativa e do movimento do ar no momento, não é um fenômeno contínuo, mesmo que a quantidade de orvalho costume aumentar com o avanço da noite (GEIGER, 1961; FRITSCHEN & DORAISWAMY, 1973).

LIEBSTER & EIMERN (1959), observaram que o período de molhamento não é igual para toda a folhagem de uma planta, pois nas folhas internas o início do molhamento demora de 15 minutos a várias horas de acordo com a intensidade do orvalho; igual demora acontece no processo de secamento, ou seja que, o período total de molhamento entre as folhas internas e externas de uma planta não tem muita diferença. Tem-se observado diferenças não maiores do que uma hora.

BURRAGE (1972), estudando orvalho em trigo, encontrou que embora as maiores quantidades de orvalho tenham se condensado nas partes mais altas da cultura, a maioria das superfícies das plantas experimentaram períodos de igual duração de molhamento; enquanto que FOLONI (1977), analisando a hora de início de orvalho sobre a folhagem externa de cafeeiros, em três níveis da altura (0,2h; 0,4h e 0,6h) observou que este se forma mais rapidamente no nível inferior da planta. Logicamente, isto vai depender do espaçamento, estágio de desenvolvimento e arquitetura das plantas.

Mais recentemente, MONTEITH & BUTLER (1979), encontraram que em cacauzeiros no Brasil, o orvalho condensa-se mais facilmente nas folhas que estão no topo da cobertura vegetal, mas que podem evaporar-se mais rapidamente após o nascer do sol, num dia claro. Observaram também que relativamente pouca condensação se forma nos troncos e folhas inferiores, mas algumas vezes são umedecidas por gotas que caem das folhas superiores, as quais estão com orvalho em sua superfície.

2.2. CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO DE ORVALHO

Sob condições favoráveis a condensação pode começar algumas horas antes do por-do-sol e permanecer por algum tempo depois do nascer do sol (SLATYER & McIRLOY, 1961). A duração do período de molhamento e a quantidade de água condensada variam consideravelmente, não são com as condições do tem-

po, mas também com o estágio de desenvolvimento da planta; posição, ângulo e geometria das folhas; tamanho e propriedades térmicas das superfícies vegetais (SUTTON et alii, 1984). Assim como os fatores micrometeorológicos: velocidade do vento, umidade relativa e temperatura (BURRAGE, 1972).

De acordo com CROWE et alii (1978), as condições favoráveis para formação de orvalho são: superfície de alta irradiação, na qual o vapor possa se condensar; ventos moderados; noites de céu limpo e umidade relativa alta.

MONTEITH (1961), cita que a fonte imediata de umidade para a condensação sobre as folhas das plantas é o vapor d'água do ar adjacente, cuja concentração diminui com a formação de orvalho. Esse vapor de água pode ser repostado por difusão turbulenta, podendo provir da camada imediatamente superior no processo denominado "precipitação de orvalho", ou de uma superfície evaporante inferior mediante o fluxo ascendente conhecido como "destilação de orvalho"; ambos os processos são função de um gradiente de pressão de vapor e de um coeficiente de transferência turbulenta ou difusão molecular (SHARMA, 1976).

2.3. ORVALHO E DESENVOLVIMENTO DE DOENÇAS EM VEGETAIS

Em patologia vegetal é mais importante o período de duração do molhamento, do que a quantidade de orvalho condensada. O conhecimento da infecção patogênica das plan-

tas é de grande importancia no seu controle e na proteção das culturas (MOTA & OLIVEIRA, 1981). Os esporos de doenças vegetais depositados sobre as folhas somente poderão germinar e penetrar nas folhas quando prevalecerem as condições de temperaturas favoráveis e a superfície da folha estiver coberta com um filme de água, durante determinado período (COLLINS & TAYLOR, 1961; POST et alii, 1963; ROTEM & REICHERT, 1964; BAIER, 1966; WALLIM, 1967; SHOEMAKER & LORBEER, 1977; CROWE et alii, 1978; PEDRO Jr., 1980; MOTA & OLIVEIRA, 1981; PEDRO Jr. & GILLESPIE, 1982a e 1982b; SUTTON et alii, 1984; GUAMAN & GOMEZ, 1985).

LIEBSTER & EIMERN (1959), estudando a sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) concluíram que o período de molhamento mínimo para uma infecção leve, com temperaturas médias entre 16° e 24°C, é de 9 horas; para uma infecção moderada, nas mesmas temperaturas é de 12 horas e para infecções sérias é de 18 a 19 horas; com temperaturas inferiores ou superiores a estes limites os períodos de molhamento deveriam ser maiores ainda. A umidade ocasionada por orvalho, em regiões semi-áridas, também promove o crescimento de fungos em feno, reduzindo drasticamente sua aceitabilidade pelo gado (McCOWN & WALL, 1981).

Existe uma quantidade muito grande e variada de patógenos vegetais, principalmente fungos e bactérias, influenciadas pelo orvalho. Muitos exemplos encontram-se em WALLIM (1967); PEDRO Jr. (1980) e em JANUZZI (1987). Alguns dos trabalhos que mostram a influência da duração do período de molhamento no desenvolvimento de doenças são exemplificados em

HERNANDEZ (1963), para o mildio da videira; EVERSMEYER & BURLEIGH (1970), para ferrugem do trigo; COOK (1975), para CBD ("coffee berry disease") em café; SUZUKI (1975), para bruzone do arroz; HINE (1976), para bactérias em abacaxi; MADDEM et alii (1978), para queima das plantas em cebola; GILLESPIE & SUTTON (1979), para mancha de alternaria em cenoura; MACHARDY (1979), para requeima da batata; MARTINEZ (1983), para o mal de Sigatoka em bananeira; BERTON & MELZER (1984), para sarna da macieira; GIORDA et alii (1984), para cercosporiose do amendoim e JANUZZI (1987), para ferrugem em feijoeiro.

Como pode ser visto, o conhecimento da duração do período de molhamento é parâmetro fundamental no estudo da epidemiologia de doenças vegetais e implantação de sistemas de previsão de épocas para controle químico.

2.4. EQUIPAMENTOS USADOS NA DETERMINAÇÃO DO ORVALHO

Atualmente não existe nenhum aparelho padrão para registrar orvalho, embora numerosos instrumentos tenham sido desenvolvidos. POST et alii (1963), citam que segundo a Comissão da Organização Meteorológica Mundial para analisar instrumentos e métodos de observação dos períodos de molhamento em folhas, estes instrumentos foram divididos em quatro grupos principais de acordo ao princípio de medida:

- I. Mudanças no comprimento do elemento medidor, devidas ao molhamento;
- II. O elemento medidor sofre mudanças "irreversíveis" por si mesmo de tal maneira que indica ou registra o período de molhamento;
- III. Pesagem da umidade depositada;
- IV. Mudanças na condutividade elétrica das superfícies de folhas naturais ou artificiais.

Detalhes mais amplos sobre tipos de registradores de orvalho encontramos em POST et alii (1963).

Fisher citado por POST et alii (1963), estabelece que os instrumentos registradores dos períodos de molhamento devem preencher os seguintes requisitos:

- a) Registrar o início e fim do período de molhamento em superfícies naturais, particularmente de folhagem;
- b) De fácil manuseio e leitura, devido ao uso por observadores não profissionais;
- c) Evitar interrupções de medição por causa de falhas técnicas;
- d) Deve ser construído de tal forma que a leitura exata do período de molhamento possa ser efetuada num tempo posterior para propósitos de conferimento e controle.

Finalmente deve-se levar em consideração a ve-

locidade do tempo de resposta do elemento sensível em registrar o início e fim do período de molhamento real.

Weger citado por BAIER (1966), concluiu em estudos comparativos sobre aparelhos que o registrador Kessler-Fuess (grupo III) é o instrumento mais disponível, embora a quantidade de orvalho registrada foi somente 75 a 98% do total registrado com outros aparelhos.

Um excelente artigo sobre medições de orvalho e aparelhos registradores foi publicado por WALLIN (1967), onde cita que o vento restringe sua utilidade.

LOMAS & SHASHOUA (1970) usaram os registradores do tipo Woelfle (grupo I) cujo elemento sensível está formado por fios de cânhamo que mudam de comprimento com a umidade e o registrador tipo Taylor (grupo II) que consiste em um prato de cristal giratório e um lápis de grafite; a umidade depositada no prato dissolve o grafite, o qual efetua os registros.

MARLATT (1971) usou a balança de Hiltner (grupo III) que difere do registrador Kessler-Fuess por possuir um mecanismo de proteção dos registros contra as oscilações excessivas causadas pelo vento.

PEDRO Jr. & GILLESPIE (1982a e 1982b), utilizaram placas de impedância elétrica (grupo IV), como sensores de orvalho em estudos de previsão da duração do período de molhamento. Estes sensores foram desenvolvidos por GILLESPIE & KIDD (1978).

Mais recentemente GALLI & STUTTGART (1984), reportaram o registrador do período de molhamento Lufft (grupo IV), cujo elemento sensor consiste em um papel filtro especial colocado entre dois eletrodos anulares. Este aparelho é incorporado a um higró-termôgrafo.

SUTTON et alii (1984), encontraram dois tipos de sensores como sendo convenientes para uma ampla variedade de culturas: os pratos de superfícies planas com eletrodos estampados na forma de dedos engrenados e, os cilindros de acrílico, sobre os quais se encaixam em canaletas rasas, fios de eletrodos em espirais paralelos. O sensor é revestido com pintura branca de látex, ligeiramente escurecida com pigmento negro ou verde para que sirva como meio que absorve umidade e aumente a sensibilidade ao orvalho inicial. As características do sensor podem ser ajustadas a uma cultura em estudo mediante diferenças de tonalidade da pintura.

2.5. ESTIMATIVA DA FORMAÇÃO DE ORVALHO

MONTEITH (1957), estudou "precipitação" e "destilação" de orvalho considerando-os como fluxos de calor latente. A "destilação" representava a transferência de calor latente desde o solo até as folhas, e "precipitação", transferência de calor latente desde a atmosfera para as folhas. No entanto, este autor se interessou mais em determinar a quantida

de de orvalho do que em estimar a duração do período de molhamento (DPM).

DAVIS (1958), descreveu um método de previsão da DPM, em diversas culturas, ajudado por nomogramas que envolvem parâmetros sinópticos. Para a formulação destes nomogramas foi preciso analisar a radiação líquida, as características da depressão do ponto de orvalho e velocidade do vento na superfície. Posteriormente esta técnica foi analisada em estações meteorológicas de várias bases aéreas, nos Estados Unidos, e os resultados não foram tão animadores quanto os obtidos em outros lugares sobre as superfícies das culturas.

HOFMANN (1958), desenvolveu um modelo para quantificar a formação de orvalho. Usou como variáveis independentes a radiação efetiva perdida, os fluxos de calor do ar, a velocidade do vento e a umidade relativa. O primeiro termo da equação representa o total de energia perdida pela superfície do solo e o segundo expressa a evaporação a qual é inversamente proporcional à umidade relativa e aumenta com o vento.

Na Austrália uma teoria foi desenvolvida para prever o início do orvalho na superfície de folhas delgadas (COLLINS & TAYLOR, 1961). Este modelo se baseia na previsão de 100% da umidade relativa na superfície da folha e leva em consideração os efeitos de transpiração, radiação, temperatura, velocidade e umidade do vento. Um teste com trinta noites revelou um erro de 0,8 horas.

WALLIM (1967), revisou vários artigos sobre previsão de orvalho. Entre outros, cita as previsões rotineiras de ocorrência e não ocorrência de orvalho efetuadas em algumas estações meteorológicas nos Estados Unidos. O método é empírico e envolve conhecimento de temperatura mínima esperada, ponto de orvalho, radiação e massas de ar.

CROWE et alii (1978), desenvolveram modelos para prever a duração do orvalho. Nestes modelos as variáveis climáticas estudadas foram a umidade relativa, velocidade do vento, temperatura mínima, cobertura de nuvens e umidade do solo. A melhor correlação ($R^2 = 0,92$) foi encontrada com as três primeiras variáveis, em análise de regressão múltipla. A acuracidade do modelo em estimar a duração do orvalho foi de 3 horas. Os autores concluíram que o desenvolvimento de um modelo de previsão de orvalho é de difícil aplicação geral, se não impossível. Sobre esta conclusão, GETZ (1979), comenta que o registrador de orvalho Taylor usado pelos autores é insensível a depósitos leves de orvalho, gerando erros que excedem de uma hora na duração do orvalho; isto explica em grande parte as dificuldades encontradas por Crowe et alii.

PEDRO Jr. (1980), usou a técnica do balanço de energia para prever a duração do período de molhamento (DPM) em milho, soja e macieira. Muitos termos na equação do balanço de energia foram estimados usando dados de uma estação meteorológica padrão. O início do orvalho aconteceu quando o fluxo de calor latente era maior que zero, e o fim quando a condensação acumulada era consumida pela mesma quantidade de eva-

poração, durante a manhã. O autor considerou duas situações: folhas na sombra e folhas expostas ao sol. Em média, as diferenças entre os valores estimados e observados da DPM foi ≤ 1 hora em folhas expostas e $\leq 1,5$ horas em folhas sombreadas. Estas diferenças foram atribuídas ao uso da radiação solar difusa medida fora do dosel como um estimador da radiação incidente sobre as folhas sombreadas de milho e soja.

MOTA & OLIVEIRA (1981), encontraram uma boa correlação ($r = 0,89$) entre os valores decadais médios do período de molhamento (obtidos com a balança de Hiltner) e o número de horas médias decadal com umidade relativa $\geq 90\%$. O erro padrão foi de 1,46 horas. Estes resultados coincidem amplamente com SUTTON et alii (1984), que afirmaram que a DPM pode ser estimada da duração de umidade relativa $\geq 90\%$ obtida de higro-termôgrafos.

Recentemente foi confirmada a necessidade de se examinar a praticidade da estimativa do período de molhamento para auxílio nos esquemas de manejo de pestes, pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), nos termos de referência de um novo grupo de trabalho sobre aspectos agrometeorológicos de medidas operacionais de proteção às culturas (GILLESPIE & BARR, 1984).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL E CLIMA

O experimento foi conduzido, sob condições de campo, no posto meteorológico e área experimental adjacente, do Departamento de Física e Meteorologia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, em Piracicaba, SP (22°42' 30"S, 47°38'00" W e 576 m). Esta área adjacente ao posto (600 m²) foi plantada com feijão da variedade "Carioca".

Pela classificação climática de Köppen, o clima da região é Cwa, isto é, subtropical úmido com estiagem no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C, também denominado de tropical de altitude por PAES DE CAMARGO et alii (1974).

3.2. EQUIPAMENTO

A coleta de dados foi efetuada utilizando-se os seguintes equipamentos:

3.2.1. REGISTRADOR DO PERÍODO DE MOLHAMENTO LUFFT

É um higrotermôgrafo da Lufft, modelo 8341, modificado pela adição de uma terceira pena para registro contínuo da temperatura e umidade relativa do ar e da duração do período de molhamento (DPM) (Figura 1). O período de molhamento é determinado por um pequeno disco de papel filtro especial, que vai colocado entre dois eletrodos anulares. Este elemento sensível é instalado em local e altura desejados e conectado ao sistema registrador por fios elétricos. O circuito eletrônico requer uma bateria de 9v para funcionamento e emite de 15 em 15 minutos um sinal para o sensor. Quando a água condensa sobre o papel de filtro, o circuito se fecha, e o sinal retorna a um solenóide, que aciona a pena registradora (3ª pena), registrando estes impulsos mediante marcas verticais sobre o diagrama, no tambor de relojoaria (GALLI & STUTTGART, 1984).

Um destes registradores foi instalado dentro de um abrigo meteorológico no feijoeiro, a 10 cm do solo, com o sensor na altura do topo da cultura. Um outro foi instalado dentro do abrigo padrão do posto meteorológico a 1,5 m de altura, com o sensor sobre o gramado, a 10 cm de altura.

3.2.2. ASPERGÍGRAFO TIPO WOELFLE

É um registrador de DPM, da marca R. Fuess modelo 64b (Figura 2). O elemento sensível é formado por fios de

cânhamo que se contraem pelo molhamento e se distendem pelo secamento. As variações de comprimento desses fios são regis-tradas por uma pena num diagrama localizado sobre um mecanis-mo de relojoaria (LIEBSTER & EIMERN, 1959). Foi instalado no gramado do posto meteorológico na altura de 10 cm.

3.2.3. ORVALHÓGRAFO TIPO KESSLER-FUESS

Registra a DPM por medidas da variação do peso do orvalho acumulado sobre um pequeno prato metálico exposto, que funciona como elemento sensível (Figura 3). O prato acio-na, através de um sistema de alavancas, uma pena que registra o movimento num diagrama situado no sistema de relojoaria (PE-DRO Jr. et alii, 1986). Foi também instalado na altura de 10 cm sobre o gramado do posto meteorológico.

3.2.4. ANEMÓGRAFOS

Foi instalado ao nível do topo da cultura um anemógrafo da marca Thies, modelo L.Nγ. 4.3900.10; enquanto que os dados de velocidade do vento do posto meteorológico foram ob-tidos através do anemógrafo universal, R. Fuess, modelo 82a, já existente e instalado a 10 m de altura.

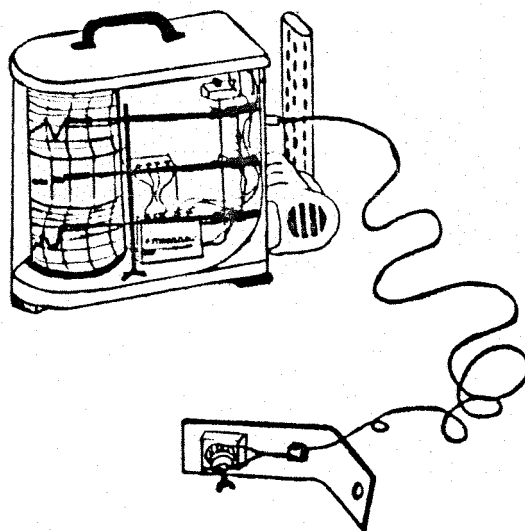


Figura 1. Registrador do período de molhamento - Lufft.

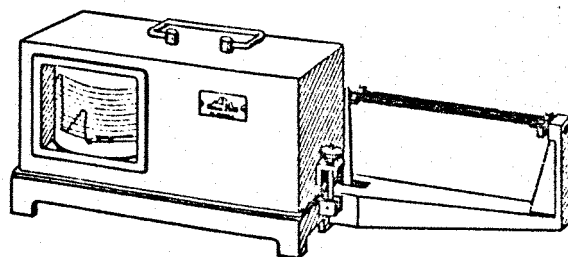


Figura 2. Aspergígrafo tipo Woelfle - Fuess.

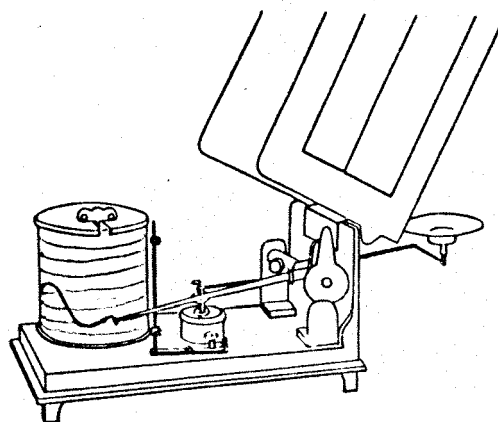


Figura 3. Orvalhōgrafo tipo Kessler - Fuess.

3.3. PERÍODO DE EXPERIMENTAÇÃO

Foram efetuadas observações visuais do horário de início e fim de duração do período de molhamento (DPM) por orvalho no feijoeiro, de 17 de abril a 31 de maio de 1986. O critério de amostragem baseou-se na observação da presença (início) ou do secamento (fim) do orvalho em cerca de 60% das folhas situadas no topo da cultura. Coletaram-se também, na cultura dados de velocidade do vento e de DPM registradas pelo equipamento da Lufft. No período de 22 de junho a 20 de julho foram coletados dados com os três equipamentos registradores de orvalho instalados no posto meteorológico (Lufft, Aspergígrafo e Orvalhógrafo), para o teste de equipamento.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Em todas as análises efetuadas com os dados coletados descartaram-se os dias nos quais houve chuva. Os dados de duração do período de molhamento, temperatura e umidade do ar, pressão de vapor e velocidade do vento foram submetidos a análise estatística de regressão linear simples e múltipla.

3.4.1. ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR SIMPLES E MÚLTIPLA

As regressões entre os parâmetros meteorológicos foram efetuadas em microcomputador da linha Apple marca

Unitron, com programas estatísticos para regressão linear simples e múltipla do tipo passo-a-passo ("stepwise regression") pelo método dos quadrados mínimos.

3.4.1.1. Estimativa da duração do período de molhamento visual (DPMv) em função de dados micrometeorológicos obtidos no feijoeiro

Para obter as equações de estimativa da DPMv utilizando os dados micrometeorológicos determinados na cultura, foram feitos as seguintes regressões:

- a) Regressão linear simples entre a duração do período de molhamento observada visualmente (DPMv) e os parâmetros meteorológicos medidos na cultura de feijão;
- b) Regressão linear múltipla entre a DPMv e os parâmetros meteorológicos medidos na cultura, utilizando-se somente os dados de maio de 1986.

3.4.1.2. Comparação dos parâmetros meteorológicos determinados no posto e o microclima do feijoeiro.

É difícil de estabelecer uma comparação entre o microclima das culturas e os dados do posto meteorológico e a utilização de relações empíricas têm-se mostrado útil.

Os parâmetros que poderiam influenciar na DPM e que foram analisados por regressões simples são: temperatura mínima; umidade relativa, pressão atual do vapor e velocidade do vento medidos as 21:00 horas; velocidade do vento média noturna; amplitude térmica diária; número de horas com umidade relativa igual ou maior que 90% ($NHUR > 90\%$) e número de horas com temperatura igual ou menor que a temperatura do ponto de orvalho (NHT_0) calculada para as 22:00 horas. O $NHUR \geq 90\%$ foi utilizado pois, em análise preliminar, mostrou melhor correlação com a DPM visual, quando comparado a outros níveis de umidade relativa ($NHUR \geq 85\%$, $NHUR \geq 90\%$ e $NHUR \geq 95\%$). Para a determinação do NHT_0 a temperatura de ponto de orvalho foi calculada às 22:00 horas, devido a ter mostrado melhor correlação com a CPMv em relação a outros horários.

Para efeito de análise a altura da velocidade do vento foi estimada a um nível padrão de 0,5 m (Z_2), que é a altura da cultura do feijoeiro, em função da do posto meteorológico a 10m de altura (Z_1). Supondo-se uniformidade do terreno e que as características de rugosidade são similares para ambas as bases do ar (em Z_1 e Z_2), a velocidade do vento num nível padrão (Z_2) pode ser expressa como uma função da velocidade do vento em um outro nível (Z_1), mediante uma lei mecânica (PANOFSKY, 1977):

$$V_2 = V_1 (Z_2/Z_1)^P \quad (3.1)$$

onde V_2 e V_1 representam as velocidades do vento nas alturas Z_2 e Z_1 , respectivamente. A constante P é uma função da estratificação térmica (DAVIS, 1958) e depende da: altura média geométrica; rugosidade superficial e estabilidade atmosférica (PANOFSKY, 1977).

Assumiu-se que a expressão (3.1) poderia ser aplicada para velocidade de ventos noturnos e o valor de P foi estimado mediante a expressão de PANOFSKY (1977):

$$p = \frac{1}{\ln\left(\frac{\sqrt{Z_1, Z_2}}{Z_0}\right)} \quad (3.2)$$

onde Z_0 é o parâmetro de rugosidade que depende da forma, altura e espaçamento dos elementos rugosos. Correlações empíricas fornecem um valor estimado de $Z_0 = 0,13h$ para superfícies uniformes (CAMPBELL, 1977). Nas condições experimentais h é igual a 0,5 m (altura média de feijão) e obteve-se um valor de $Z_0 = 0,065$ m (6,5 cm), que se encontra entre os valores típicos de 0,01 cm para superfícies de água ou gelo, 1,0 cm para grama curta, 25 cm para pastagem, e 100 cm para florestas e cidades (PANOFSKY, 1977).

Substituindo os valores de $Z_1 = 10$ m, $Z_2 = 0,5$ m e $Z_0 = 0,065$ m na equação 3.2, encontrou-se um valor de $p = 0,28$, o qual é muito próximo ao valor de 0,29 encontrado por O'Neill em Nebraska em 1953 (DAVIS, 1958). Ao substituir-se o valor de $p = 0,28$ na expressão (3.1) obtivemos a expressão final de $V_2 = 0,43 V_1$, a qual foi usada na transformação dos dados de velocidade do vento do posto meteorológico.

3.4.1.3. Estimativa da DPM baseada em parâmetros observados no posto meteorológico

As equações de estimativa foram obtidas com dados meteorológicos obtidos durante maio de 1986, através do uso de regressão múltipla, utilizando-se:

- a) equação de estimativa com parâmetros corrigidos usando as funções que relacionam microclima - posto meteorológico;
- b) equação de estimativa com parâmetros medidas no posto meteorológicos e obtida por regressão linear múltipla.

A validade das equações de estimativa foi testada comparando-se valores observados visualmente e estimados de DPM, no período de abril de 1986.

3.4.1.4. Comparação entre equipamentos usados na determinação da DPM.

Foi avaliado o desempenho de equipamentos de medição de DPM: Lufft, aspergígrafo, orvalhógrafo e higro-termógrafo ($NHUR \geq 90\%$ e NHT_0).

A avaliação foi feita levando-se em consideração: a) duração do período de molhamento; b) horário de início e de fim da DPM.

Preliminarmente com os resultados obtidos em feijoeiro durante o período de abril-maio de 1986, foi testada a validade da utilização do equipamento da Lufft como referencial de comparação.

A comparação dos resultados dos diferentes equipamentos, no posto meteorológico, foi feita com os dados de junho-julho de 1986, através de regressões simples.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ESTIMATIVA DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO POR ORVALHO EM FEIJOEIRO

Tem-se efetuado muitas tentativas de estimativa da duração do período de molhamento (DPM), porém tem-se encontrado numerosas dificuldades (DAVIS, 1958). No entanto, estimativas rotineiras de ocorrência ou não de orvalho são efetuadas em diversos lugares dos Estados Unidos (LOMAS & SHASHOUA, 1970).

Os resultados obtidos na cultura do feijoeiro e no posto meteorológico são apresentados nas Tabelas 1 e 2. A partir destes procurou-se desenvolver um modelo matemático que permitisse estimar a DPM por orvalho em feijoeiro, em função de parâmetros meteorológicos comumente observados nos postos.

4.1.1. REGRESSÕES LINEARES SIMPLES ENTRE A DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO OBSERVADA VISUALMENTE (DPM_v) E OS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS MEDIDOS NO FEIJOEIRO

Na Tabela 3 e nas Figuras 4, 5 e 6 são mos-

Tabela 1. Valores dos horários de ocorrência de início, do fim e da duração do período de molhamento (DPM) obtidos visualmente (visual), registrados pelo Lufft (Lufft) e determinados pelo número de horas com umidade relativa $\geq 90\%$ (NHUR $\geq 90\%$) e pelo número de horas com temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (NHTo), obtidos em feijoeiro, em abril e maio de 1986.

Data	Visual			Registrado (Lufft)			NHUR $\geq 90\%$			NHTo		
	Início	Fim	DPM	Início	Fim	DPM	Início	Fim	(horas)	Início	Fim	(horas)
Abril												
17-18	23:00	7:30	8,5	22:00	6:45	8,8	22:00	7:00	9,0	23:00	8:00	9,0
18-19	21:30	9:00	11,5	19:00	8:00	13,0	21:30	9:00	11,5	22:00	9:00	11,0
19-20	23:00	11:00	12,0	20:30	8:00	11,5	21:00	9:30	12,5	22:00	9:30	11,5
20-21	0:30	8:30	8,5	23:00	11:00	12,0	21:00	9:00	12,0	22:30	9:00	10,5
22-23	1:30	9:00	7,5	0:00	8:00	8,0	21:00	9:00	12,0	23:00	9:00	10,0
23-24	23:30	7:30	8,0	23:00	7:00	8,0	19:30	9:30	14,0	0:00	9:00	9,0
24-25	22:30	8:15	9,8	22:30	8:30	10,0	19:30	9:30	14,0	23:30	9:00	9,5
25-26	21:30	8:30	11,0	21:30	10:00	12,5	21:00	10:00	13,0	22:00	10:00	12,5
26-27	23:00	9:30	10,5	22:15	10:00	11,8	20:00	11:00	15,0	23:00	10:30	11,5
27-28	23:00	9:00	10,0	23:30	9:30	10,0	20:00	10:00	14,0	23:30	9:30	10,0
28-29	2:00	6:30	4,5	4:00	6:15	2,2	23:00	8:00	9,0	0:00	8:00	8,0
29-30	23:00	9:00	10,0	23:15	8:45	10,5	21:00	9:00	13,0	23:00	9:00	10,0
30-1	22:00	10:00	12,0	21:00	10:00	13,0	19:30	11:00	15,5	21:30	11:00	13,5
Mai												
1-2	21:30	8:00	10,5	22:30	9:00	11,0	21:00	9:30	12,5	21:00	10:00	13,0
2-3	22:00	8:30	10,5	22:30	9:00	11,0	21:00	10:00	13,0	22:30	9:30	11,0
3-4	22:00	8:30	10,5	22:30	8:30	10,0	21:00	9:00	12,0	22:00	9:30	11,5
4-5	22:00	8:30	10,5	23:45	10:00	10,2	21:00	10:30	13,5	21:30	9:30	12,0
5-6	22:30	10:30	12,0	19:00	8:30	13,5	20:30	9:30	13,0	21:30	9:30	12,0
9-10	17:00	11:00	18,0	19:00	15:00	20,0	18:00	15:00	21,0	20:30	10:30	14,0
13-14	20:00	9:30	15,5	18:00	9:30	15,5	16:30	10:30	18,0	21:00	9:00	12,0
14-15	20:00	8:00	12,0	23:00	9:00	10,0	20:00	10:00	14,0	21:30	9:00	11,5
15-16	20:00	9:00	13,0	20:30	9:30	13,0	19:30	10:30	15,0	22:00	10:00	12,0
16-17	19:00	8:30	13,5	19:30	9:00	13,5	18:00	10:00	16,0	22:30	9:00	10,5
17-18	20:30	8:30	12,0	21:45	10:15	12,5	20:00	10:30	14,5	23:00	9:00	10,0
19-20	19:00	9:30	14,5	19:00	10:00	15,0	17:30	11:00	17,5	22:00	11:00	13,0
20-21	19:00	10:00	15,0	19:00	11:00	16,0	19:30	12:00	16,5	21:00	11:00	14,0
21-22	19:00	8:00	13,0	20:00	8:00	12,0	18:30	9:30	15,0	20:30	10:00	13,0
22-23	20:00	8:00	12,0	23:00	9:15	10,2	19:00	10:30	15,5	22:30	9:30	11,0
23-24	21:00	8:30	11,5	23:15	9:15	10,0	20:00	10:00	14,0	22:30	9:30	11,0
27-28	20:00	8:00	12,0	22:30	9:30	10,5	18:00	9:30	15,5	22:00	9:30	11,5
28-29	21:30	8:30	11,0	23:00	9:00	10,0	21:00	9:30	12,5	22:00	9:30	11,5
29-30	1:00	7:00	6,0	3:00	7:30	4,5	19:30	8:30	13,0	23:00	8:30	9,5
30-31	20:30	10:00	13,5	20:30	10:30	14,0	18:00	10:00	16,0	21:30	11:00	13,5
Média			11,2			11,3			14,0			11,2
S			2,68			3,21			2,38			1,52
C.V.(%)			23,9			28,4			17,0			13,5

Tabela 2. Valores obtidos na cultura de feijão (C) e no posto meteorológico (P) de temperatura mínima (T_m); amplitude térmica (ΔT); número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90% (NHUR ≥ 90%); número de horas com temperaturas iguais ou inferiores a temperatura do ponto de orvalho (NHTo); umidade relativa (U₂₁); tensão atual do vapor (e₂₁) e velocidade do vento (U₂₁) das 21:00 horas e velocidade do vento média noturna (U \bar{x}), em abril e maio de 1986.

Data	T _m (°C)		ΔT(°C)		NHUR≥90%(h)		NHTo (h)		UR ₂₁ (%)		e ₂₁ (mmHg)		U ₂₁ (m/s)		U \bar{x} (m/s)	
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
Abril																
17-18	11,0	12,5	15,0	15,5	9,0	10,0	9,0	10,0	90	90	14,0	15,8	1,81	2,09	0,51	0,77
18-19	12,0	15,5	14,5	14,5	11,5	10,5	11,0	10,5	90	90	15,5	15,8	0,86	0,86	0,95	0,95
19-20	15,0	18,0	10,0	12,0	12,0	10,0	10,5	9,5	95	92	16,7	17,9	0,89	0,89	0,90	0,90
20-21	15,0	15,0	13,5	14,5	12,0	10,0	10,0	10,5	90	82	17,3	17,3	1,91	1,91	1,25	1,38
22-23	15,5	16,0	12,5	12,5	14,0	13,5	9,0	8,5	95	88	16,9	16,4	1,85	1,85	0,60	0,60
23-24	17,0	17,0	12,5	13,0	14,0	11,0	9,5	9,0	98	90	18,3	17,6	0,83	0,83	0,77	0,77
24-25	18,0	18,5	12,0	13,0	13,0	10,5	12,5	10,5	87	84	19,5	19,6	0,69	0,60	0,69	0,69
25-26	18,0	19,0	10,0	11,0	15,0	12,0	11,5	10,5	95	90	19,3	19,0	0,49	0,66	0,57	0,69
26-27	13,0	14,0	12,5	12,5	14,0	12,0	10,0	10,0	93	90	14,4	14,4	1,94	1,70	1,20	1,12
27-28	12,0	13,0	13,0	13,0	9,0	7,5	8,0	8,0	97	94	13,4	14,6	2,57	2,10	1,85	1,63
28-29	10,0	10,5	15,5	15,5	13,0	12,0	10,0	10,5	95	92	13,8	15,2	1,49	1,55	0,89	0,95
29-30	10,0	10,5	16,0	16,5	15,5	12,0	13,5	12,0	97	86	13,9	13,3	0,56	1,03	0,43	0,60
30-1																
Maio																
1-2	8,0	11,5	16,0	16,5	12,5	10,5	13,0	10,0	94	87	12,3	12,1	1,19	1,09	0,66	0,86
2-3	9,0	10,5	16,5	19,0	13,0	10,5	11,0	9,5	90	80	12,8	13,2	1,04	1,10	0,69	0,73
3-4	9,5	11,0	17,0	19,0	12,0	10,0	11,5	10,5	90	86	13,1	15,1	0,69	0,81	0,65	0,77
4-5	11,5	13,0	14,5	17,0	13,5	12,0	12,0	8,5	90	90	13,1	14,8	0,76	0,89	0,66	0,77
5-6	11,0	12,0	17,5	19,0	13,0	10,8	10,0	9,5	95	89	14,7	15,6	0,97	1,14	0,79	0,95
9-10	14,0	15,5	10,0	10,5	21,0	15,0	14,0	11,5	99	98	15,8	17,2	0,49	0,66	0,64	0,86
13-14	14,5	16,5	3,5	3,5	18,0	16,0	12,0	10,0	90	92	13,0	14,2	0,30	0,52	0,25	0,52
14-15	13,5	13,5	9,0	9,5	14,0	11,5	11,5	9,5	93	92	12,7	14,2	1,25	1,20	0,72	0,82
15-16	13,5	15,5	11,5	13,5	15,0	13,0	12,0	10,5	96	95	14,9	16,7	0,10	0,30	0,33	0,60
16-17	14,0	15,5	12,0	15,5	16,0	12,5	10,5	8,0	98	96	16,2	18,3	0,63	0,89	0,54	0,86
17-18	16,0	18,5	10,0	11,5	14,5	9,0	10,0	6,0	95	90	15,6	17,8	0,28	0,48	0,53	0,82
19-20	15,0	16,5	9,0	11,0	17,5	14,5	13,0	11,5	100	100	19,3	21,0	0,30	0,72	0,41	0,77
20-21	15,0	16,5	11,5	12,5	16,5	11,5	14,0	9,0	98	97	14,2	15,5	0,22	0,66	0,38	0,77
21-22	13,0	15,0	9,0	9,0	15,0	13,0	13,0	8,0	100	98	14,3	16,2	0,14	0,48	0,23	0,56
22-23	10,0	12,0	14,0	13,5	15,5	14,0	11,0	10,0	98	97	12,5	13,2	0,97	1,20	0,54	0,77
23-24	11,0	13,0	13,5	14,0	14,0	13,0	11,5	10,0	95	95	14,1	15,6	1,32	1,62	0,79	0,82
27-28	11,5	13,0	14,5	16,0	15,5	11,5	11,5	10,0	95	95	14,5	16,7	0,21	0,72	0,54	1,03
28-29	11,0	13,0	15,0	15,5	12,5	11,5	11,5	10,0	90	90	13,9	15,5	0,38	0,98	0,40	0,95
29-30	12,0	14,0	14,0	14,5	13,0	9,0	9,5	9,0	93	83	13,1	13,2	0,39	1,01	0,49	1,20
30-31	13,0	15,0	11,0	11,0	16,0	13,0	13,5	10,0	100	99	17,5	16,3	3,0	2,66	1,42	1,63

Tabela 3. Equações de regressão da forma $y = a + bx$, da duração do período de molhamento observado visualmente (DPMv) em função dos elementos meteorológicos observados em feijoeiro (abril e maio de 1986).

Regressão (y/x)	a	b	R ²	r
DPMv/NHUR \geq 85%	- 2,2	0,86	0,49	0,70
DPMv/NHUR \geq 90%	- 1,84	0,93	0,69	0,83
DPMv/NHUR \geq 95%	0,49	0,90	0,55	0,74
DPMv/NHTo	- 4,0	1,35	0,59	0,77
DPMv/Tm	10,08	0,09	0,008	0,09
DPMv/ Δ T	16,11	-0,39	0,18	-0,42
DPMv/UR ₂₁	-20,8	0,34	0,19	0,44
DPMv/e ₂₁	9,39	0,12	0,01	0,10
DPMv/U ₂₁	12,86	-1,41	0,14	-0,38
DPMv/U \bar{x}	14,03	-3,63	0,23	-0,48

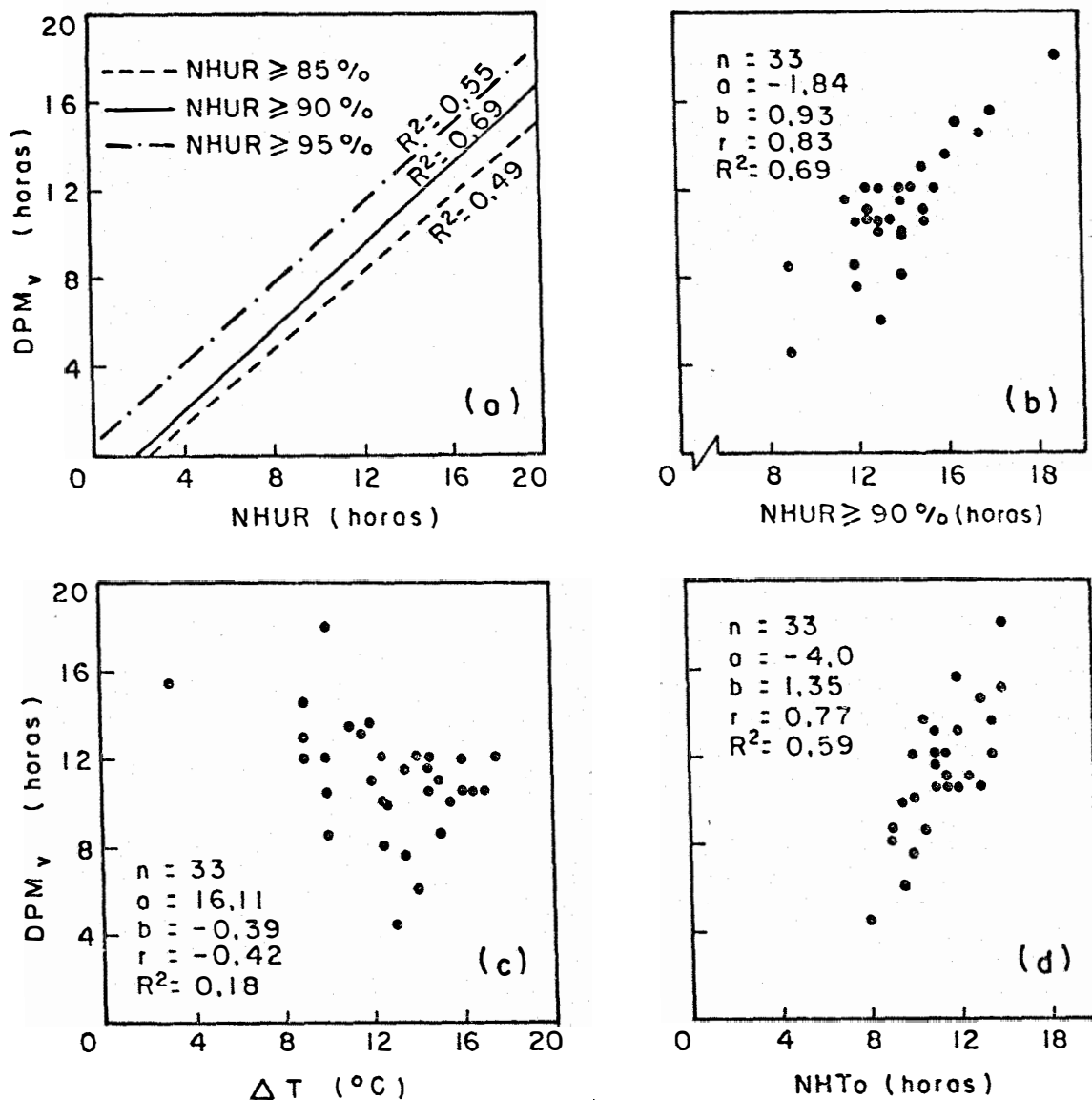


Figura 4. Regressões lineares da duração do período de molhamento observado visualmente (DPM_v) em função do número de horas de umidade relativa maior e igual que 85, 90 e 95% (a) e (b); da amplitude térmica, ΔT (c); e do número de horas com temperatura igual ou menor que a temperatura do ponto de orvalho, NHT_o (d), na cultura de feijão em abril e maio de 1986.

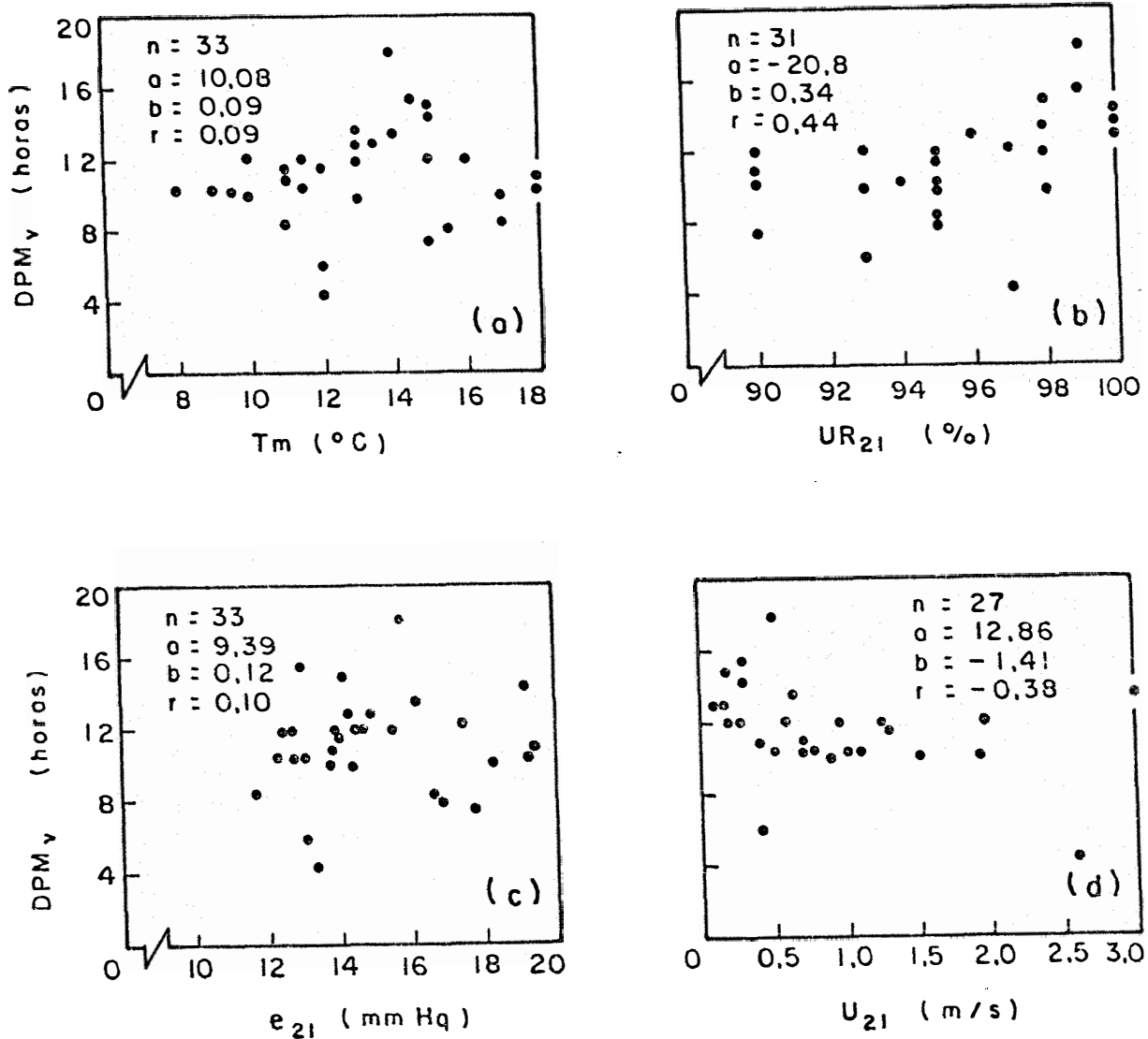


Figura 5. Regressões lineares da duração do período de molhamento observado visualmente (DPM_v) em função da temperatura mínima (a); umidade de relativa (b), tensão atual do vapor (c) e velocidade do vento (d) das 21:00 horas, no feijoeiro em abril e maio de 1986.

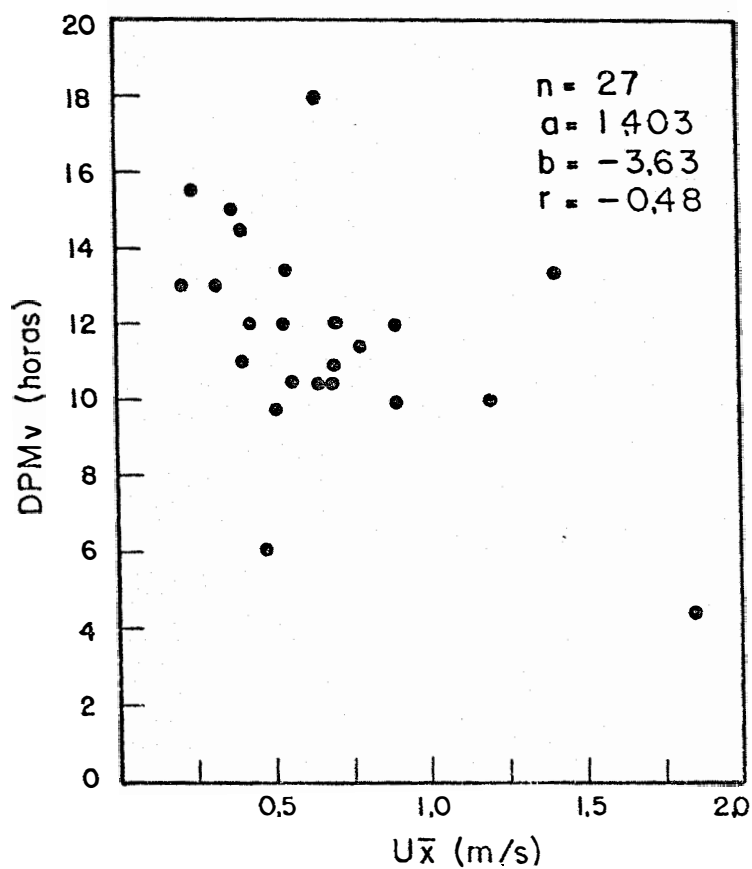


Figura 6. Regressão linear entre a duração do período de molhamento observado visualmente (DPMv) e a velocidade do vento média das 18:00 às 06:00 horas ($U\bar{x}$) no feijoeiro (abril-maio de 1986).

tradas as equações de regressão simples, entre valores na duração do período de molhamento observados visualmente (DPMv) e dos diversos parâmetros meteorológicos determinados em feijoeiro.

Na Tabela 3 pode ser observado que o número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% ($NHUR \geq 90\%$) é a que melhor se correlaciona com os dados de DPMv, embora o $NHUR \geq 95\%$ é o que mais se aproxima à relação 1:1 (Figura 4a), apresentando, entretanto, maior dispersão de pontos quando relacionado com a DPMv. Este fato permite escolher o $NHUR \geq 90\%$ para as análises efetuadas a seguir; valor que coincide com o usado por CROWE et alii (1978), num estudo de previsão de orvalho o qual mostrou alta correlação ($r = 0,69$) com a DPMv. Este mesmo autor determinou empiricamente que de 166 casos, 160, ou seja 96% dos dias com períodos de orvalho maiores que zero, tinham $NHUR \geq 90\%$ com duração de 6 horas ou mais.

LOMAS & SHASHOUA (1970), testando o desempenho de três tipos de registradores de molhamento em folhas, usaram o $NHUR \geq 85\%$, obtido de uma estação meteorológica padrão. Foi observado que sob condições de baixa umidade relativa as diferenças entre a DPM registrada pelos três aparelhos e o $NHUR \geq 85\%$ eram muito grandes, enquanto que com umidades relativas altas as diferenças decresceram consideravelmente.

GETZ (1979), comenta que o uso dos dados de umidade relativa de um higrógrafo introduz erros de 5 a 10%, devido à calibração. Mais recentemente McCOWN & WALL (1981), estudando o emboloramento de feno, encontraram que o efeito da

umidade devia-se à duração de umidade relativa acima de 95%, determinada a 10cm acima do chão.

Na Figura 4c observa-se que a relação entre a amplitude diária da temperatura (diferença entre a temperatura máxima e a mínima) e a DPM apresenta uma dispersão muito grande. Enquanto que o número de horas com temperatura igual ou menor que a temperatura do ponto de orvalho (NHT_0), calculada para as 22:00 horas apresenta um coeficiente de determinação $R^2 = 0,59$ (Figura 4d). RAMAN et alii (1973), observaram que a influência da temperatura média do ponto de orvalho $(03 + 12 \text{ GMT})/2$, na condensação da umidade, é mais eficiente do que a temperatura mínima noturna. De todas as regressões com a DPMv analisadas, a que apresenta o coeficiente de determinação mais baixo ($R^2 = 0,008$) é a temperatura mínima (Figura 5a), embora seja este um parâmetro muito considerado em estudos de orvalho. Foi utilizada nos estudos efetuados por TULLER & CHILTON (1973), ao analisar o papel do orvalho no balanço de umidade estacional de um clima de verão seco; CROWE et alii (1978), também incluíram a temperatura mínima (T_m) como variável independente em modelos de estimativa de DPM e observaram que as $T_m \leq 6,7^\circ\text{C}$ foram as mais favoráveis para a formação de orvalho.

Nas Figuras 5b e 5c pode-se observar que a umidade relativa (UR_{21}) e a tensão atual do vapor d'água (e_{21}) das 21:00 horas apresentam grande dispersão de pontos quando plotadas contra a DPMv sendo os coeficientes de determinação 0,19 e 0,21, respectivamente (Tabela 3). De igual maneira acontece com os dados de velocidade do vento (U_{21}) as 21:00 horas

(Figura 5d) e velocidade do vento média noturna medida no topo da cultura (Figura 6) que apresentam $R^2 = 0,14$ e $R^2 = 0,23$, respectivamente. No entanto a velocidade do vento medida em postos meteorológicos tem sido citada na literatura como sendo importante na formação de orvalho (MONTEITH, 1957; COLLINS & TAYLOR, 1961; MONTEITH, 1961; SLAYTER, 1961; WALLIN, 1967; FRITSCHEN & DORAISWAMY, 1973) e utilizado em análises de estimativa de presença de orvalho e da DPM (DAVIS, 1958; CROWE et alii, 1978; SMITH, 1978; PEDRO Jr., 1980; PEDRO Jr. & GILLESPIE, 1982a e 1982b; GILLESPIE & BARR, 1984).

4.1.2. REGRESSÕES LINEARES MÚLTIPLAS ENTRE A DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO OBSERVADA VISUALMENTE (DPMv) E OS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS MEDIDOS NO FEIJOEIRO

Na Tabela 4 observam-se as combinações efetuadas entre DPMv e os elementos meteorológicos medidos na cultura. Estas análises foram efetuadas com os dados de maio de 1986. O elemento que melhor se correlacionou isoladamente com a DPMv foi o NHUR $\geq 90\%$, e a adição de um ou mais elementos na regressão múltipla não contribuiu para melhorar o grau de correlação.

Das combinações apresentadas na Tabela 4 optou-se por analisar mais detalhadamente as de nº 1, 3 e 4, porque:

a) a combinação nº 1, $DPMv = f(NHUR \geq 90\%)$, oferece um coeficiente de determinação ($R^2 = 0,746$) maior que o

Tabela 4. Análises de correlação entre DPMv e elementos meteorológicos observados na cultura de feijão (maio de 1986).

Nº	Regressões	r
1	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%)$	0,864
2	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, U_{21})$	0,865
3	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, U\bar{x}, Tm)$	0,865
4	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, U_{21}, Tm)$	0,864
5	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, e_{21}, U_{21})$	0,866
6	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, U_{21}, e_{21}, \Delta T)$	0,866
7	$DPMv = f(NHUR \geq 90, U\bar{x})$	0,864
8	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, e_{21})$	0,866
9	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, e_{21}, U_{21}, \Delta T, Tm)$	0,866
10	$DPMv = f(NHUR \geq 90\%, e_{21}, U_{21}, \Delta T, UR_{21}, Tm)$	0,867
11	$DPMv = f(NHTo)$	0,650
12	$DPMv = f(NHTo, Tm)$	0,790
13	$DPMv = f(NHTo, Tm, U\bar{x})$	0,790
14	$DPMv = f(NHTo, Tm, \Delta T)$	0,800
15	$DPMv = f(NHTo, Tm, \Delta T, UR_{21})$	0,807
16	$DPMv = f(NHTo, Tm, \Delta T, UR_{21}, e_{21})$	0,810
17	$DPMv = f(NHTo, Tm, \Delta T, UR_{21}, e_{21}, U_{21})$	0,811
18	$DPMv = f(UR_{21})$	0,510
19	$DPMv = f(UR_{21}, e_{21})$	0,550
20	$DPMv = f(UR_{21}, e_{21}, U_{21})$	0,570

$R^2 = 0,36$ encontrado por CROWE et alii (1978). É provável que estas diferenças se devam, em parte, à calibração do higrógrafo;

b) a combinação nº 3, $DPMv = f(NHUR \geq 90\%, U\bar{x}, Tm)$, foi analisada por CROWE et alii (1978), para estimar a duração do período de molhamento e apresentou um coeficiente de determinação múltipla alto ($R^2 = 0,92$);

c) foi testada a combinação nº 4, $DPM = f(NHUR \geq 90\%, U_{21}, Tm)$, difere da anterior pelo fato de usar velocidade do vento as 21:00 horas (U_{21}) e não a velocidade média noturna ($U\bar{x}$) das 18:00 às 6:00 horas.

Nas Tabelas 5, 6 e 7 são mostradas as análises de variância e as equações de regressão obtidas para as combinações e, na Tabela 8, os valores do teste t. Pode-se observar que as três combinações possuem coeficientes de determinação iguais ($R^2 = 0,75$) e são significativos ao nível de 1% quando efetuado o teste de F. Enquanto que no teste t (Tabela 8), podemos ver com maior clareza que o fato de adicionar as variáveis independentes X_2 , \bar{X}_2 e X_3 não contribui muito para refinar os modelos, sendo que os valores de t para os coeficientes destas variáveis não são significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Análise de variância da DPMv em função do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (X) no feijoeiro.

Devida a	GL	SQ	QM	F	R ²
Regressão	1	85,206	85,206	53,02**	
Resíduo	18	28,931	1,607		0,746
Total	19	114,137			

Equação de regressão:

$$\text{DPM} = -1,88 + 0,95X \quad (4.1)$$

Tabela 6. Análise de variância da DPMv em função do NHUR $\geq 90\%$ (X), velocidade do vento média noturna (\bar{X}_2) e a temperatura mínima (X_3) no feijoeiro.

Devida a	GL	SQ	QM	F	R ²
Regressão	3	85,274	28,424	15,75**	0,747
Resíduo	16	28,863	1,804		
Total	19	114,137			

Equação de regressão:

$$\text{DPM} = -2,13 + 0,94X + 0,24\bar{X}_2 + 0,02X_3 \quad (4.2)$$

Tabela 7. Análise de variancia da DPMv em função do NHUR $\geq 90\%$ (X_1), velocidade do vento as 21:00 horas (X_2) e temperatura mínima (X_3) no feijoeiro.

Devida a	GL	SQ	QM	F	R ²
Regressão	3	85,458	28,485	15,89**	
Resíduo	16	28,679	1,792		0,749
Total	19	114,137			

Equação de regressão:

$$DPM = -2,21 + 0,94X_1 + 0,18X_2 + 0,0336X_3 \quad (4.3)$$

Tabela 8. Valores encontrados no teste de t efetuado às equações 4.1, 4.2 e 4.3.

Equação	b ₁	b ₂	b ₃	Erro médio (%)
4.1	7,280**			7,87
4.2	5,047**	0,188	0,135	7,84
4.3	5,035**	0,371	0,239	7,88

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4.2. COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS DETERMINADOS NO POSTO METEOROLÓGICO E O MICROCLIMA DO FEIJOEIRO

Na Tabela 9 e nas Figuras 7 e 8 pode ser observado o alto grau de correlação existente entre os parâmetros determinados no feijoeiro e no posto meteorológico. Nas equações de regressão não se obtiveram os coeficientes lineares iguais a zero nem os coeficientes angulares igual a um; mesmo assim, houve uma aproximação a estes valores com exceção da umidade relativa que é maior na cultura e as temperaturas e velocidades do vento que são menores.

Os registros de velocidades do vento, tanto no feijoeiro quanto no posto meteorológico, são inferiores aos valores considerados ótimos por diversos autores, para a formação de orvalho. MONTEITH (1957), encontrou na Inglaterra velocidades ótimas de vento, para a formação de orvalho, entre 1 e 3 m/s; Masson citado por DAVIS (1958), observou que a velocidade de vento mais favorável para a formação de grandes quantidades de orvalho foi em torno de 1,0 m/s, mas que a velocidade do vento teve pouco ou nenhum efeito em ar saturado ou próximo à saturação. Observou, também, velocidades noturnas médias de vento de 0,5 m/s, valores estes bastante próximos aos da Tabela 2. SHARMA (1976), observou velocidades ótimas entre 10 e 12 Km/h (2,8 e 3,3 m/s); enquanto que CROWE et alii (1978), observaram que com velocidades acima de 2,2 m/s não houve formação de orvalho; TUBELIS & NASCIMENTO (1984), comentam que a velocidade do vento não pode ser nula porque embora

Tabela 9. Regressões lineares da forma $y = a + bx$ dos parâmetros meteorológicos determinados no feijoeiro (Y) em função dos parâmetros determinados no posto meteorológico (X).

Feijoeiro/posto	a	b	R ²	r	Unidades
NHUR \geq 90%	2,32	1,02	0,69	0,83	horas
NHTO	5,67	0,58	0,22	0,47	horas
Tm	-1,89	1,04	0,92	0,96	°C
ΔT	0,74	0,87	0,92	0,96	°C
UR ₂₁	47,0	0,52	0,61	0,78	%
e ₂₁	0,14	0,93	0,77	0,88	mmHg
U ₂₁	-0,47	1,32	0,92	0,96	m/s
U \bar{x}	-0,28	1,08	0,71	0,84	m/s

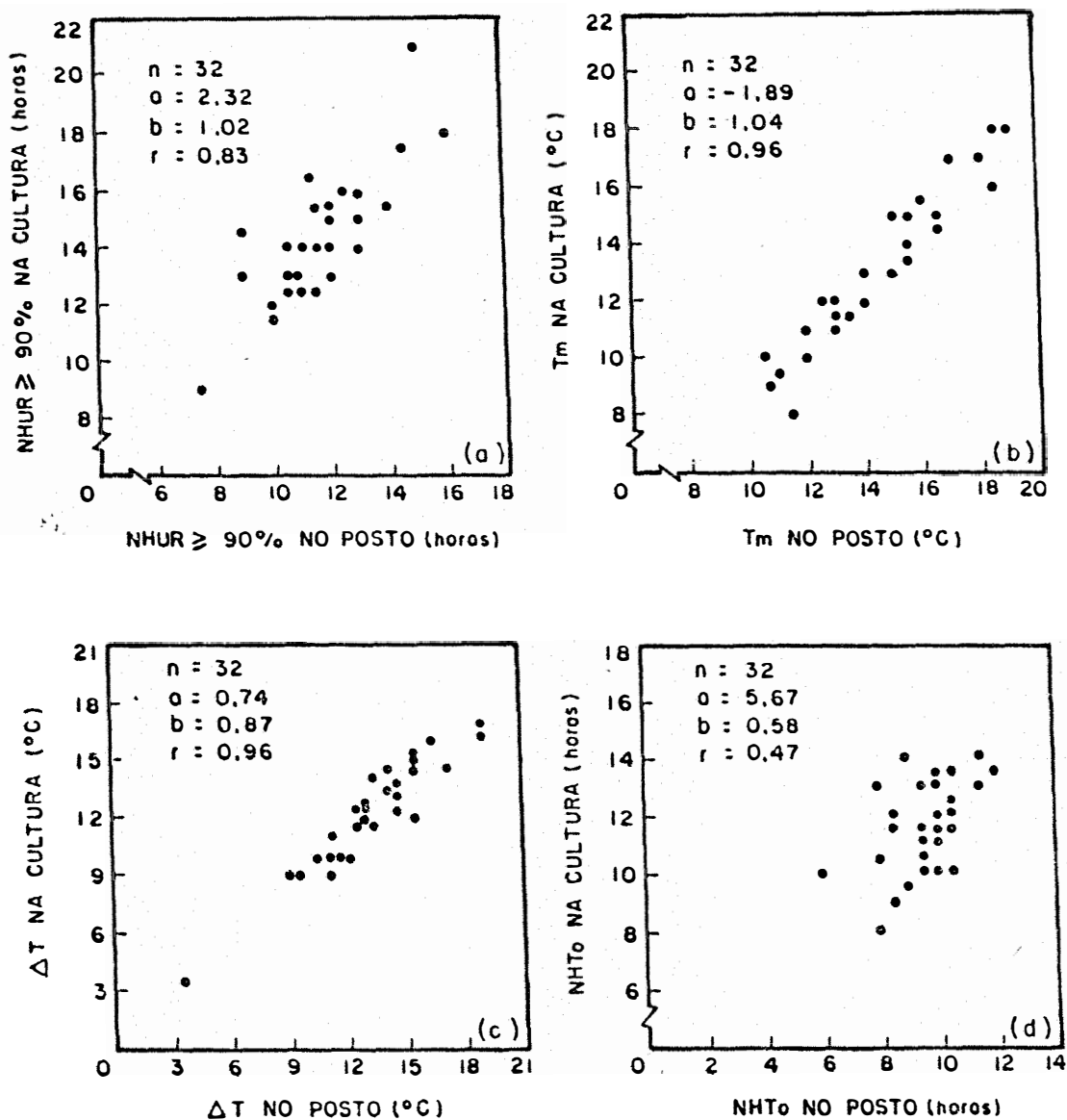


Figura 7. Regressões lineares simples entre parâmetros meteorológicos medidos no posto meteorológico e o microclima na cultura de feijão: número de horas com umidade relativa igual ou maior a 90% (a), temperatura mínima (b), amplitude diária de temperatura (c) e o número de horas com temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (d).

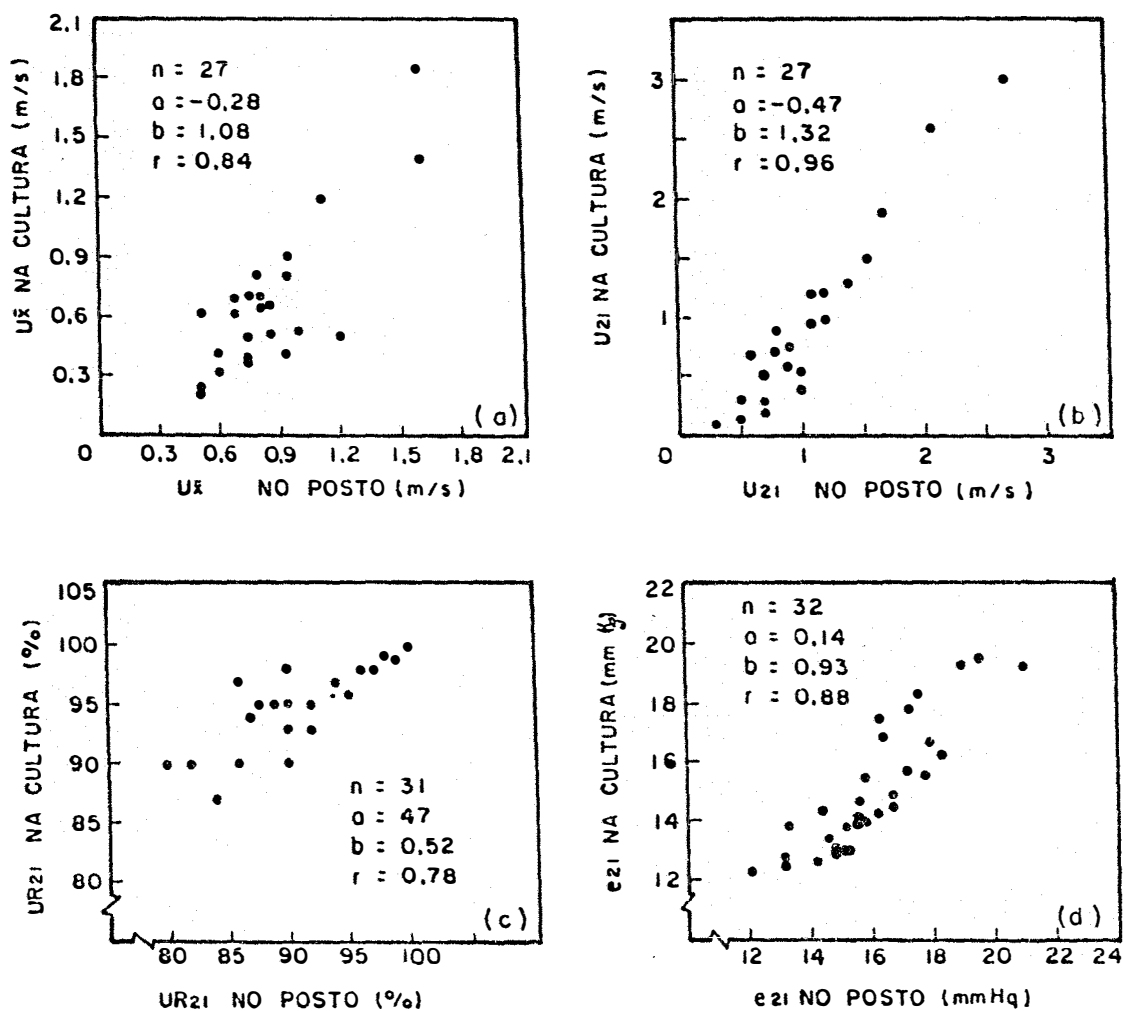


Figura 8. Regressões lineares simples entre os parâmetros meteorológicos medidos no posto meteorológico, e na cultura de feijão: velocidade noturna média do vento (a); velocidade do vento (b), umidade relativa (c) e tensão do vapor de água no ar (d) medidos as 21:00 horas.

ela aumente o fluxo de calor sensível do ar, aumenta também o fluxo de vapor de água para a superfície de condensação. A transferência do vapor de água para a superfície de condensação é essencialmente uma função do gradiente de pressão do vapor e de um coeficiente de transferência, envolvendo difusão molecular perto da superfície e transferência turbulenta em distâncias maiores (SHARMA, 1976).

As diferenças encontradas entre os dados meteorológicos medidos no feijoeiro e no posto podem ser explicadas principalmente pelo gradiente em altura e pela própria natureza da cultura (cobertura foliar, altura, transpiração, coloração, etc.) assim como pelos efeitos da irrigação e as características da área adjacente ao feijoeiro.

4.3. ESTIMATIVA DA DPM BASEADA EM PARÂMETROS OBSERVADOS NO POSTO METEOROLÓGICO

Para estimar a duração do período de molhamento na cultura (DPMv), a partir dos dados meteorológicos observados no posto, utilizou-se como fatores de ajuste as equações de regressão da Tabela 9, para substituir as variáveis independentes nas equações 4.1, 4.2 e 4.3. Os ajustes utilizados foram funções de transferência (equações de regressão) para relacionar o macroclima (posto meteorológico) ao microclima (feijão). Os resultados dessas substituições estão representados pelas equações:

$$\text{DPMv} = 0,32 + 0,97X \quad (4.4)$$

$$\text{DPMv} = -0,06 + 0,96X + 0,26\bar{X}_2 + 0,02X_3 \quad (4.5)$$

$$\text{DPMv} = -0,17 + 0,96X + 0,24X_2 + 0,035X_3 \quad (4.6)$$

onde:

X = NHUR \geq 90% (horas)

\bar{X}_2 = velocidade média do vento noturna, entre 18:00 e 06:00 horas, no posto meteorológico a 0,5 m de altura (m/s);

X_2 = velocidade do vento as 21:00 horas no posto meteorológico a 0,5 m de altura (m/s);

T_m = temperatura mínima no abrigo do posto meteorológico (°C).

As equações 4.4, 4.5 e 4.6 estatisticamente le variam a estimativas de DPM com erros acumulados das equações que as compõem. Para evitar estes tipos de erros foram feitas também correlações para estimativa de DPM em função de parâmetros obtidos diretamente no posto meteorológico.

A Tabela 10 mostra as equações de regressão de estimativa da duração do período de molhamento na cultura (DPMv), obtidas sem usar as funções que relacionam microclima-macroclima. As correlações foram feitas usando dados obtidos no posto meteorológico e a DPMv obtida no feijoeiro, durante o período de maio de 1986.

Tabela 10. Equações de estimativa da DPM na cultura com parâmetros medidos no posto meteorológico, sem serem ajustados.

Equação*	R ²	F	Erro médio(%)	nº
DPMv = 0,65 + 0,965X	0,558	10,3**	10,3	(4.7)
DPMv = -2,58 + 0,81X + 0,49X ₂ + 0,39X ₃	0,666	10,6**	10,0	(4.8)
DPMv = -2,75 + 0,83X - 0,24X ₂ + 0,37X ₃	0,666	10,6**	10,0	(4.9)

* As variáveis são as mesmas usadas na eq. 4.4, 4.5 e 4.6

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As equações da Tabela 10 estimam a DPM com um erro médio de 10%, ou seja 3% a mais do erro apresentado nas estimativas com as equações 4.1, 4.2 e 4.3. O teste de F foi também significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4.3.1. TESTE COMPARATIVO DAS EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA DE DPMv

A Tabela 11 mostra os resultados da duração do período de molhamento estimados pelas equações 4.4 a 4.9. Estes resultados foram comparados com a DPMv do mês de abril de 1986, isto é, valores que não tiveram participação na geração das equações. Nesta tabela observa-se que as equações 4.8 e 4.9 apresentam as maiores somas do quadrado dos desvios (SQD), enquanto que a equação 4.4 é a que menos desvios e menor erro

Tabela 11. Valores de duração do período de molhamento observados (DPMv) e estimados por diferentes regressões.

Data	DPMv	Equação							
		4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9		
Abri 1/86									
18-19	11,5	10,0	10,1	10,4	10,3	9,9	10,7		
19-20	12,0	11,0	11,0	11,1	11,3	11,9	12,8		
20-21	8,5	10,0	10,1	10,3	10,0	13,7	14,1		
22-23	7,5	10,0	10,2	10,4	10,3	10,8	11,6		
23-24	8,0	10,5	10,7	10,9	10,8	11,5	12,4		
24-25	9,8	11,0	11,0	11,2	11,3	12,7	12,9		
25-26	11,0	10,5	10,6	10,7	10,8	12,8	13,0		
26-27	10,5	12,0	12,0	12,2	12,2	14,2	14,4		
27-28	10,0	12,0	12,0	12,2	12,2	12,0	12,8		
29-30	10,0	12,0	11,9	12,1	12,2	10,8	11,5		
30-1	12,0	12,0	11,8	12,0	12,2	10,9	11,4		
SQD		29,94	31,6	36,27	35,85	83,94	107,6		
Erro médio (%)		15,9	16,2	17,2	17,2	25,6	29,2		

médio apresenta. Observa-se uma tendência, em todas as equações a superestimar os valores, o que faz com que os modelos analisados sejam menos eficientes para valores baixos do que para valores altos de DPM, devido ao fato dos dados de DPM_v, utilizados para gerar as equações, oscilar, em sua maioria, entre 10 e 15 horas (Tabela 1).

Quando se estima a DPM com a finalidade de estudar doenças em vegetais estas equações poderiam ser de utilidade prática principalmente a equação 4.4, que apresentou as estimativas mais próximas aos valores observados no feijoeiro.

A maioria de agentes patogênicos (fungos e bactérias) precisam de períodos de molhamento longos para poderem se manifestar ativamente (ROTEM & REICHERT, 1964). JANUZZI (1987), encontrou que o número máximo de infecções por ferrugem em feijoeiro ocorre a partir de dez horas de molhamento.

Como a equação tende a fornecer estimativas de DPM com valores mais elevados, em sistemas de previsão para fins fitopatológicos, os erros seriam direcionados para maior segurança do usuário, no caso de uso de produtos para controle do desenvolvimento de doenças.

Por outro lado, CROWE et alii (1978), sugere que devido à complexidade da interação dos fatores meteorológicos na formação de orvalho, é difícil o uso generalizado dos modelos de estimativa de DPM, sem que seja testada sua validade nas diferentes condições agro-ecológicas.

4.4. AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS USADOS NA DETERMINAÇÃO DA DPM

Tem sido realizadas muitas tentativas para comparar o desempenho de vários aparelhos medidores de orvalho (Hofmann, 1955; Liebster & Eimern, 1959; Mattsson, 1962; Nager, 1962; citados por LOMAS & SHASHOUA, 1970). Em WALLIN (1967), encontramos também uma ampla revisão sobre autores testando a acuracidade de equipamentos registradores de orvalho.

WALLIN (1967), concluiu que não existe nenhum método padrão de registrar orvalho e que devem ser usados os instrumentos existentes levando em consideração as limitações e compensações que possuem. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) também organizou um programa internacional para comparar os instrumentos registradores de orvalho, existentes no mercado (SCHNELLE et alii, 1963).

O desempenho de três aparelhos registradores de orvalho instalados no posto meteorológico (Lufft, aspergígrafo e orvalhógrafo) foi testado e os resultados de hora de início e fim e DPM são apresentados nas Tabelas 1, 12 e 14.

Tabela 12. Durações dos períodos de molhamento observados visualmente (DPMv) e registrados pelo instrumento da Lufft (DPMl) no feijoeiro (abril e maio de 1986).

Data	DPMv	DPMl	Diferenças	
			horas	%
Abri1				
17-18	8,5	8,8	+0,3	3,53
18-19	11,5	13,0	+1,5	13,04
19-20	12,0	11,5	-0,5	-4,17
20-21	8,5	12,0	+3,5	41,18
22-23	7,5	8,0	+0,5	6,67
23-24	8,0	8,0	0	0
24-25	9,8	10,0	+0,2	2,04
25-26	11,0	12,5	+1,5	13,64
26-27	10,5	11,8	+1,3	12,38
27-28	10,0	10,0	0	0
28-29	4,5	2,2	-2,3	51,11
29-30	10,0	10,5	+0,5	5,00
30-1	12,0	13,0	+1,0	8,33
Maio				
1-2	10,5	11,0	+0,5	4,76
2-3	10,5	11,0	+0,5	4,76
3-4	10,5	10,0	-0,5	4,76
4-5	10,5	10,2	-0,3	2,86
5-6	12,0	13,5	+1,5	12,50
9-10	18,0	20,0	+2,0	11,11
13-14	15,5	15,5	0	0
14-15	12,0	10,0	-2,0	16,67
15-16	13,0	13,0	0	0
16-17	13,5	13,5	0	0
17-18	12,0	12,5	+0,5	4,17
19-20	14,5	15,0	+0,5	3,45
20-21	15,0	16,0	+1,0	6,67
21-22	13,0	12,0	-1,0	7,69
22-23	12,0	10,2	-1,8	15,00
23-24	11,5	10,0	-1,5	13,04
27-28	12,0	10,5	-1,5	12,50
28-29	11,0	10,0	-1,0	9,09
29-30	6,0	4,5	-1,5	25,00
30-31	13,5	14,0	+0,5	3,70
Média	11,2	11,3	±0,9	9,66
C.V. (%)	23,9	28,4		

4.4.1. COMPARAÇÕES ENTRE A DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO OBSERVADA VISUALMENTE (DPMv) E A REGISTRADA PELO LUFFT (DPMl) NA CULTURA DE FEIJÃO

Nas Tabelas 1 e 12 observam-se os valores de DPMv e DPMl obtidos no feijoeiro em abril e maio de 1986. Os testes de t e F na Tabela 13 indicam que os valores de DPMv es tão correlacionados significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, com os valores de DPM registrados pelo aparelho da Lufft, e existe uma relação quase que 1:1 entre eles (Figuras 9 e 10). Obteve-se uma média de 11,3 horas nos valores de DPMl com uma diferença no coeficiente de variação (C.V.) de apenas 4,5% (Tabela 12). Isto mostra claramente que o sensor do equipamento da Lufft registra muito bem a umidade condensada por orvalho em feijoeiro, com um erro médio de 9,66%, ou seja, $\pm 0,9$ horas (± 54 minutos).

Tabela 13. Análise de regressão entre a duração do período de molhamento observada visualmente (DPMv) e a duração do período de molhamento registrada pelo equipamento da Lufft, no feijoeiro (abril e maio de 1986).

Variável	Coef.	Erro-padrão	t	F	R ²
Constante	2,479	0,667	3,716		
Lufft	0,771	0,056	13,605**	185,116**	0,856

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

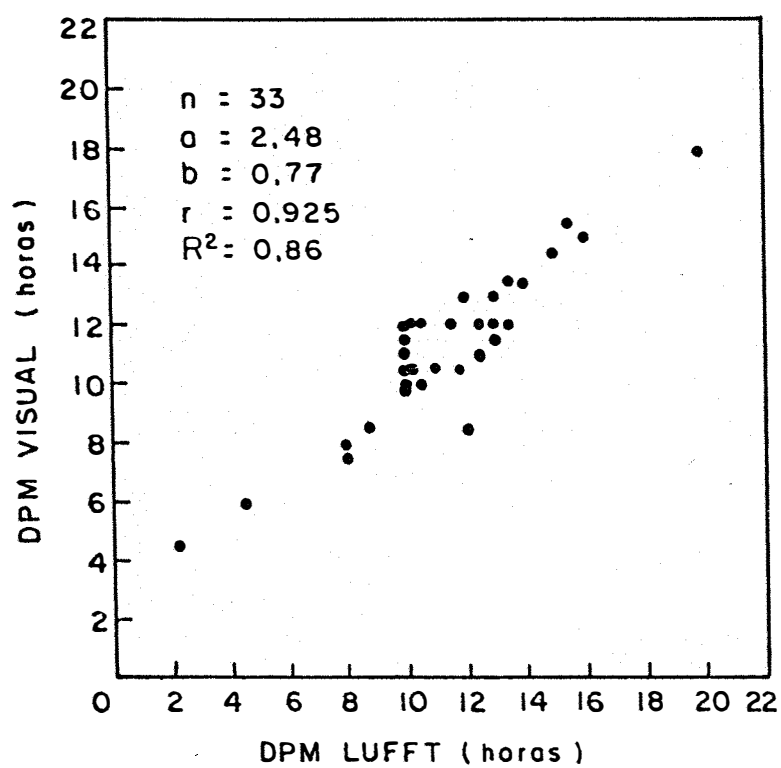


Figura 9. Correlação entre as durações do período de molhamento observado visualmente e registrado pelo aparelho da Lufft (abril-maio de 1986).

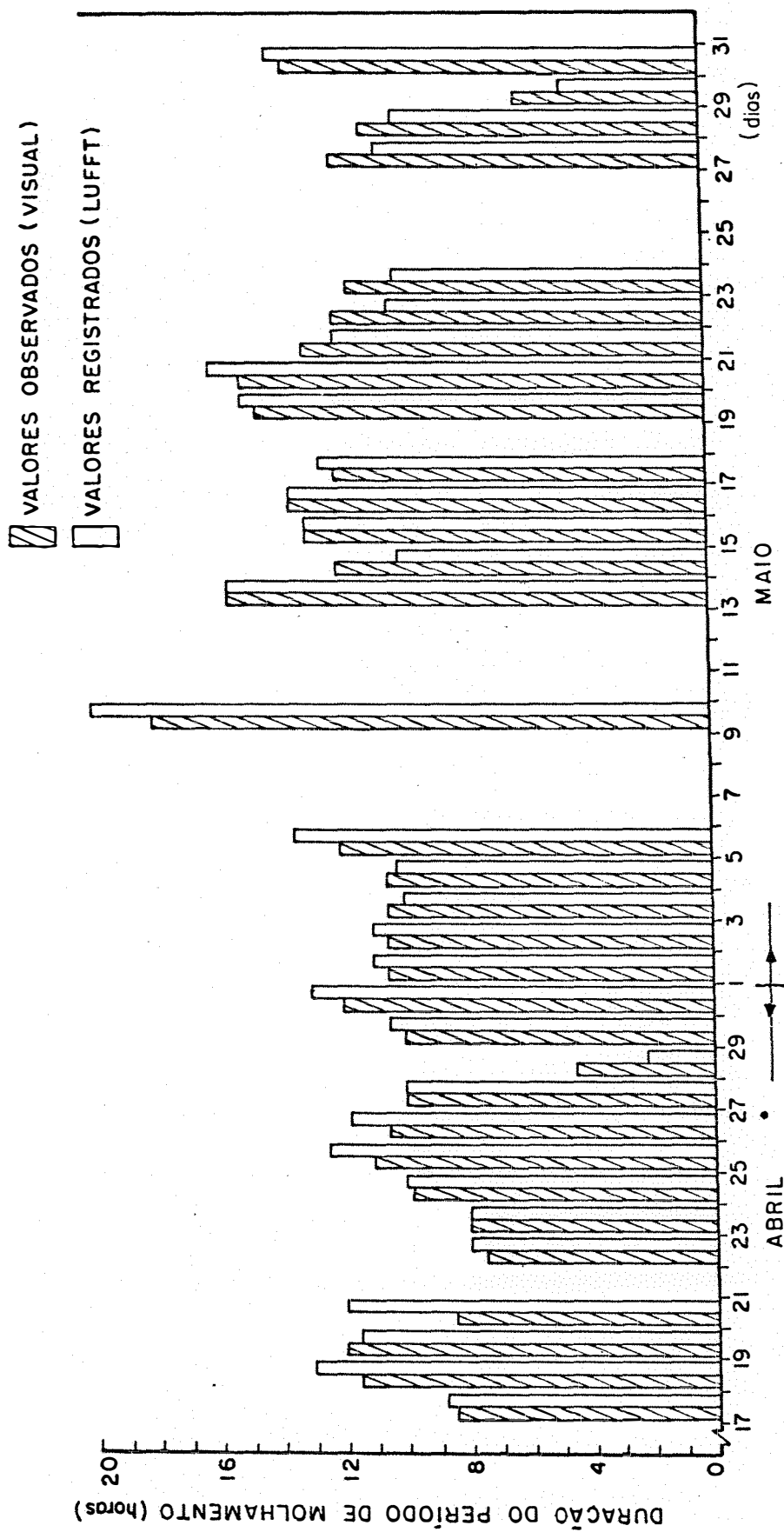


Figura 10. Comparações entre as observações visuais do período de molhamento e os registros pelo aparelho da Lufft na cultura de feijão em abril e maio de 1986.

LOMAS & SHASHOUA (1970), comentam que a DPM numa superfície viva vai ser diferente da DPM em um material físico inerte, devido às diferentes propriedades térmicas que possuem. Daí que, nunca se espera que processos estatísticos possam estabelecer uma relação com grau de acuracidade alto.

Na Figura 11 pode ser observado que quanto à hora de início e fim do período de molhamento, o registrador da Lufft acompanha quase paralelamente os valores observados visualmente, enquanto que o número de horas com umidade relativa igual ou maior que 90% ($NHUR \geq 90\%$) em 94% dos casos (31/33) indicou o início da DPM antes ou na mesma hora que a condensação, como se esperava, permanecendo geralmente até depois do orvalho se evaporar.

4.4.2. COMPARAÇÕES DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO (DPM) ENTRE OS TRÊS REGISTRADORES DE ORVALHO INSTALADOS NO POSTO METEOROLÓGICO

Na Tabela 14 são mostrados os resultados dos registros efetuados em junho e julho de 1986 pelos equipamentos: Lufft, Aspergígrafo e Orvalhógrafo instalados no posto meteorológico. O eficiente desempenho do registrador Lufft, contra as observações visuais, no feijoeiro, fez com que dos três aparelhos do posto, ele fosse tomado como referencial de comparação. São apresentados ainda resultados do $NHUR \geq 90\%$ e o número de horas com temperatura igual ou inferior à temperatura do ponto de orvalho (NHT_0).

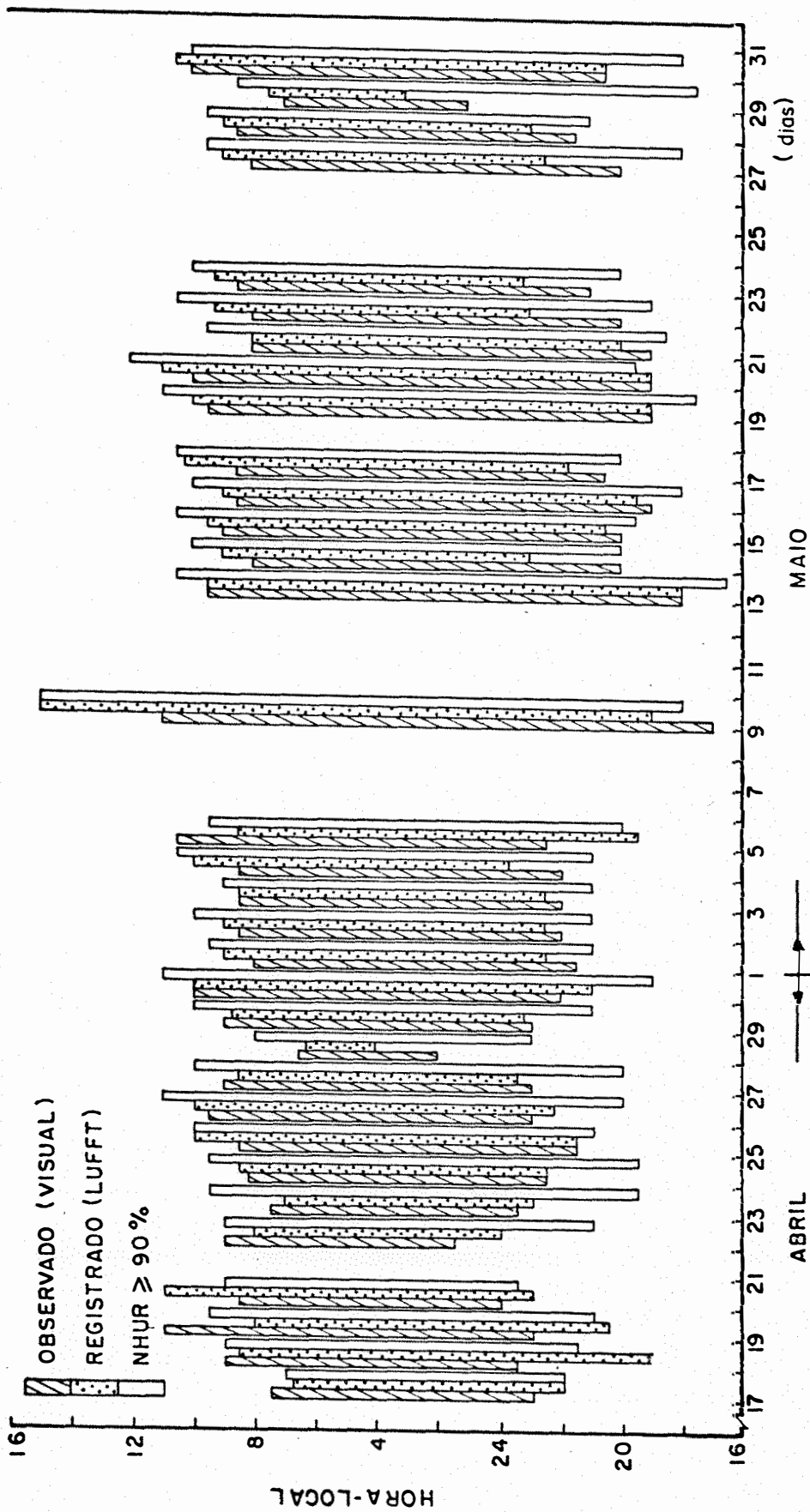


Figura 11. Horário de início e fim dos períodos de molhamento observados visualmente e registrados pelo equipamento Luffte do número de horas, com unidade relativa igual ou maior a 90% (NHUR \geq 90%) na cultura de feijão (abril-maio de 1986).

Tabela 14. Valores de início, do fim e da duração do período de molhamento (DPM) registrados no equipamento Lufft, aspergígrafo e orvalhógrafo; início, fim e duração do período (NH) com umidade relativa igual ou maior a 90% (NHUR \geq 90%) e temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (NHTo), no posto meteorológico em junho e julho de 1986.

Data	Lufft			Aspergígrafo			Orvalhógrafo			NHUR \geq 90%			NHTo		
	Início	Fim	DPM	Início	Fim	DPM	Início	Fim	DPM	Início	Fim	NH	Início	Fim	NH
Junho															
22-23	4:00	8:00	4,0	2:00	8:00	6,0	3:00	9:00	0,0	0:00	7:30	7,5	3:00	7:30	4,5
23-24	22:30	9:30	10,5	20:00	9:00	12,0			6,0	21:00	8:00	11,0	23:00	9:00	10,0
24-25	21:00	9:30	12,5	19:00	9:00	14,0	3:00	9:00	0,0	0:00	9:30	9,5	1:00	9:30	8,5
25-26	22:30	9:30	11,0	20:00	9:00	13,0			0,0	22:00	9:00	11,0	0:00	9:30	3,5
26-27	21:00	10:15	13,2	19:00	9:00	14,0	1:00	10:00	9,0	21:30	9:30	12,0	1:00	9:00	8,0
27-28	21:00	12:00	15,0	18:00	9:00	15,0	3:00	12:30	9,5	21:30	11:00	13,5	23:30	11:00	11,5
28-29	23:00	10:00	14,0	21:00	9:00	12,0	3:00	11:00	8,0	23:00	9:00	10,0	23:30	10:00	10,5
29-30	22:15	10:15	12,0	19:00	8:00	13,0	3:00	10:00	7,0	23:00	9:30	10,5	23:00	10:00	11,0
30-1	6:00	7:30	1,5	4:30	8:00	3,5			0,0	7:30	8:00	0,5			0,0
Julho															
1-2	22:15	11:45	13,5	20:30	12:00	15,5	5:00	9:30	4,5	22:00	10:00	12,0	22:30	10:30	12,0
2-3	21:30	8:30	11,0	18:00	9:00	15,0	3:00	9:00	6,0	20:30	8:00	11,5	23:30	7:00	7,5
3-4	21:30	10:15	12,8	20:00	10:00	14,0	0:00	9:00	9,0	20:30	9:30	13,0	23:00	10:00	11,0
4-5	22:15	10:00	11,8	21:00	10:00	13,0	3:00	9:00	6,0	0:00	10:00	10,0	1:00	9:00	8,0
6-7	22:00	10:30	10,5	20:00	8:00	12,0	1:00	8:00	7,0	0:00	8:30	8,5	2:00	8:00	6,0
7-8	4:00	7:30	3,5	0:30	8:30	8,0				0:30	7:00	6,5	3:00	7:00	4,0
8-9	0:00	8:30	8,5	22:00	8:30	10,5				22:00	7:30	9,5	0:00	9:00	9,0
9-10	21:30	9:30	12,0	20:00	9:00	13,0				21:00	9:00	12,0	0:00	11:00	11,0
10-11	22:00	11:00	13,0	20:30	9:30	13,0				22:00	9:45	11,8	22:30	10:00	11,5
11-12	22:00	9:30	11,5	20:00	8:00	12,0				23:30	8:30	9,0	0:00	9:00	9,0
12-13	0:30	9:30	9,0	21:00	8:00	11,0				0:30	8:30	8,0	0:00	9:00	9,0
13-14	2:30	10:00	7,5	22:00	9:00	11,0				1:00	8:00	7,0	1:30	9:00	7,5
14-15	4:00	12:00	7,0	1:00	8:00	7,0				0:30	7:00	6,5	3:00	8:00	5,0
15-16	4:00	8:00	4,0	0:00	7:30	7,5	20:00	21:00	0,0	0:00	7:30	7,5	2:30	8:00	5,5
16-17	2:00	9:00	7,0	23:00	8:00	9,0			1,0	0:00	8:00	8,0	3:30	8:30	5,0
17-18	2:00	8:00	6,0	22:00	8:00	10,0			0,0	23:45	7:45	8,0	2:00	8:30	6,5
18-19	1:45	11:45	10,0	21:00	8:00	11,0			0,0	0:00	8:30	8,5	0:30	9:00	8,5
19-20	21:15	9:45	12,5	19:00	8:00	13,0	3:00	7:00	4,0	23:00	9:00	10,0	0:30	9:00	8,5
Média (h)			9,7			11,4			6,4			9,4			8,1
S			3,51			2,95			2,44			2,66			2,82
C.V.(%)			36,2			25,9			38,0			28,4			34,9
SQD						119,52			843,22			84,16			152,72

Na Tabela 15 apresentam-se os resultados das análises de regressão efetuadas.

Tabela 15. Análises de regressão linear simples entre a duração do período de molhamento registrada pelo Lufft (Y) e o Aspergígrafo (A), orvalhógrafo (W), o NHUR \geq 90% (X) e o número de horas com temperaturas iguais ou menores que a temperatura do ponto de orvalho (To)

Relação	Regressão	R ²	F**	t**
A/Y	$Y = -3,08 + 1,12A$	0,88	190,9	13,8
W/Y	$Y = 7,18 + 0,69W$	0,49	17,3	4,2
X/Y	$Y = -1,09 + 1,15X$	0,76	79,4	8,9
To/Y	$Y = 0,98 + 1,08To$	0,75	75,0	8,7

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 14 pode-se ver que dos 20 valores registrados pelo orvalhógrafo (W) 8, isto é 40%, não acusam formação de orvalho, enquanto que o Lufft e o Aspergígrafo registraram períodos significativos de molhamento. Por outro lado, 100% dos valores registrados pelo orvalhógrafo são inferiores aos registrados pelo Lufft e Aspergígrafo (A). Em média, o Lufft registrou 9,7 horas. O Aspergígrafo 11,4 e o Orvalhógrafo 6,4 horas. Estes valores, e os coeficientes lineares das equações de regressão, na Tabela 15, indicam que os registros do Orvalhógrafo, em média, são inferiores aos do Lufft em 34%

e os do Aspergĩgrafo são superiores em 17,5%. Estas diferen_ças são mais evidentes, ainda, quando vemos o comportamento dos desvios (SQD) em relação ao Lufft (Tabela 14), sendo que as médias dos valores do NHUR $\geq 90\%$ (9,4 horas) e NHTo (8,1 horas) são mais pr_óximos ao valor médio da DPM no Lufft (9,7 horas). Este grau de associação é também observado nos grãfi_cos da Figura 12. Deduz-se que ao invés de usar os valores da DPM do Orvalh_ógrafo, é mais confiável estimá-los a partir dos dados do NHUR $\geq 90\%$ ou do NHTo, obtidos com um higroterm_ógrafo, os quais apresentam coeficientes de determinação maiores (0,76 e 0,75 respectivamente), coeficientes angulares pr_óximos a um e coeficientes lineares mais pr_óximos a zero quando correlacionados com o Lufft (Figuras 12c e 12d).

Deve-se salientar que a quantidade de orvalho e a duração do período de molhamento indicados por um regis_trador, instalado num determinado local, são o resultado da in_{te}ração das propriedades t_érnicas do seu elemento sensível e das características microclimáticas do meio ambiente em que se encontra. Então, pode-se dizer que o aparelho de maior acurac_idade em registrar DPM vai ser aquele que possua o elemento sensível com características t_érnicas mais pr_óximas às do vege_tal considerado. No momento continua a necessidade de encon_trar formas e meios para medições da DPM com instrumentos que sejam relativamente baratos de fãcil manuseio e manutenção, re_sistente às condições de campo e de alta acurac_idade quando o prop_ósito seja estudar desenvolvimento de doenças vegetais (LO_UMAS & SHASHOUA, 1970).

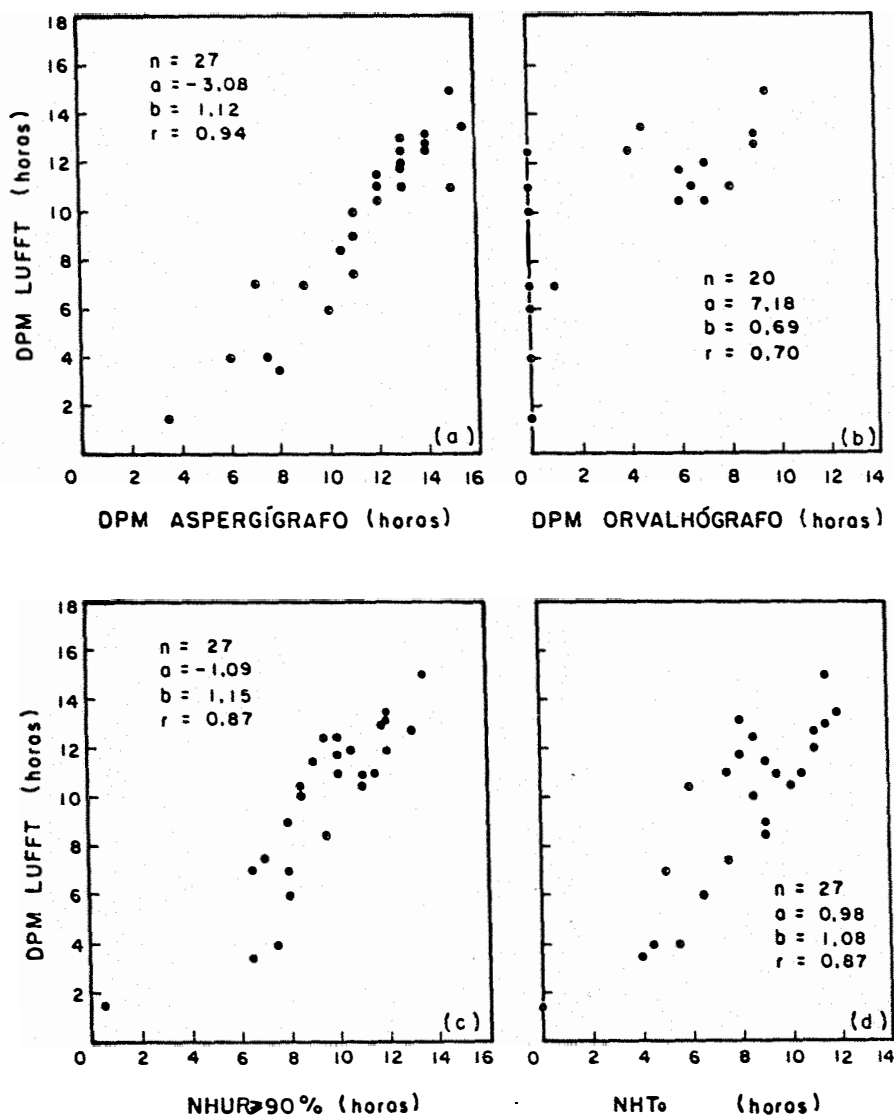


Figura 12. Regressões lineares simples entre a duração do período de molhamento (DPM) registrada pelo Lufft e a DPM registradas no aspergígrafo (a) e no orvalhógrafo (b) e entre o número de horas de umidade relativa iguais ou maiores que 90% (c) e o número de horas com temperaturas iguais ou inferiores à temperatura do ponto de orvalho (d), no posto meteorológico (junho-julho).

Ao compararmos os tempos de resposta (Tabela 14), o orvalhógrafo mostra-se mais demorado para registrar a hora de início da formação de orvalho; a sua superfície exposta (prato de alumínio), acumula água quando chove, mesmo quando a intensidade de orvalho é alta, cuja quantidade demora várias horas para se evaporar, depois da condensação cessar. Além disto, o dispositivo que elimina os efeitos ocasionados pela turbulência do vento, não é muito eficiente, sendo que muitas das vezes, os registros são causados pelo vento e não pelo peso do orvalho formado. Isto coincide com a crítica efetuada por MADE (1955), ao encontrar a enorme sensibilidade que o orvalhógrafo (Kessler-Fuess) tem ao vento, afetando sua utilização, sendo útil apenas para observações em climas de ventos moderados. MADE (1955) observou, ainda, diferenças de resultados em diferentes orvalhógrafos. Gelbke citado por WALLIM (1967), comenta que estas diferenças são devidas à falta de uniformidade nas propriedades físicas dos diferentes pratos de condensação.

Na Figura 13 observa-se que a DPM registrada pelo aspergígrafo (Welfle), é sempre maior que a registrada pelo Lufft, isto porque os fios de cânhamo que possui são muito sensíveis a umidades relativas altas, acima de 80% (LIEBSTER & EIMERN, 1959), ficando mais evidente ao observar a Figura 14, onde 100% dos casos observados o aspergígrafo indicou o início de formação de orvalho primeiro do que o Lufft e somente em 4 ocasiões a hora do fim da DPM foi depois do que no Lufft, indicando que o cânhamo seca mais rapidamente ao nascer do sol.

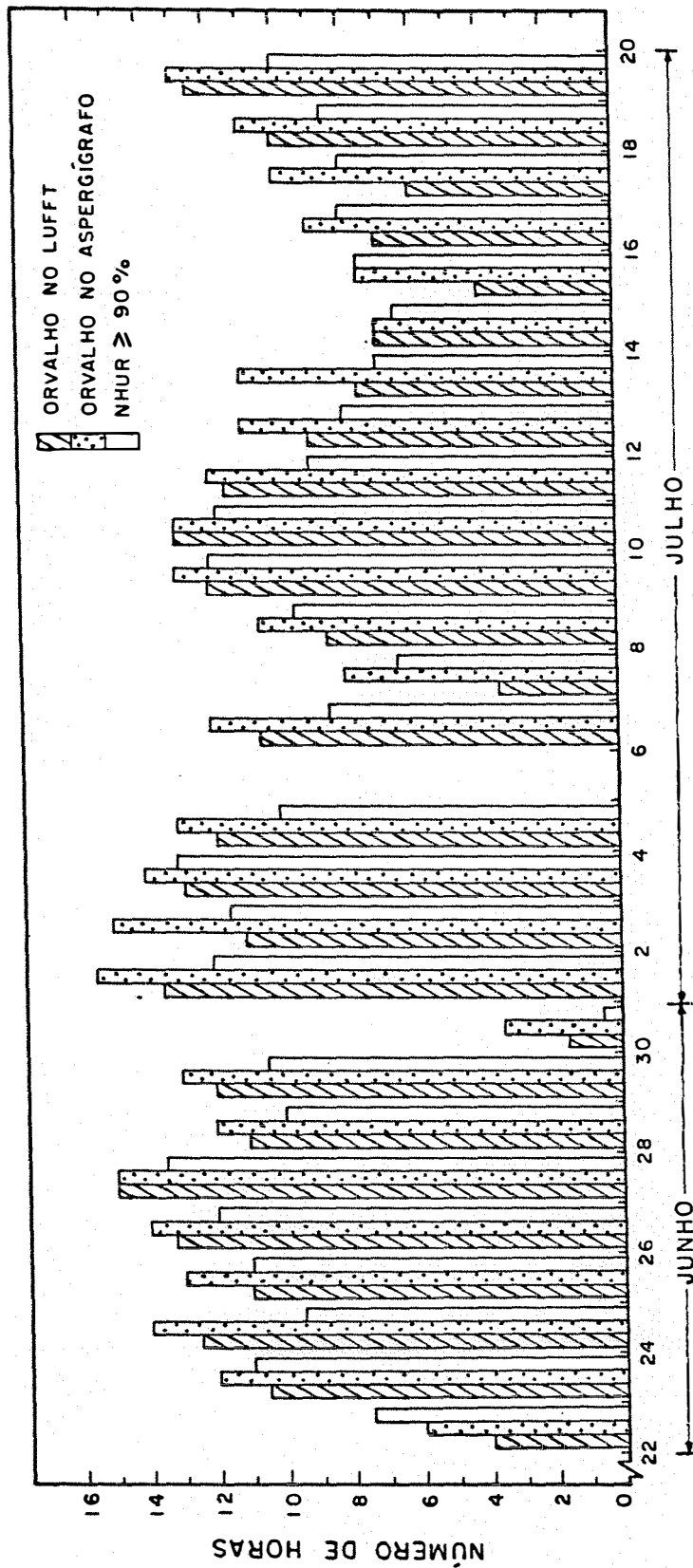


Figura 13. Comparações entre o número de horas de molhamento registrados no equipamento Lufft e aspergígrafo e o número de horas com umidade relativa igual ou maior a 90% no posto meteorológico em junho e julho de 1986.

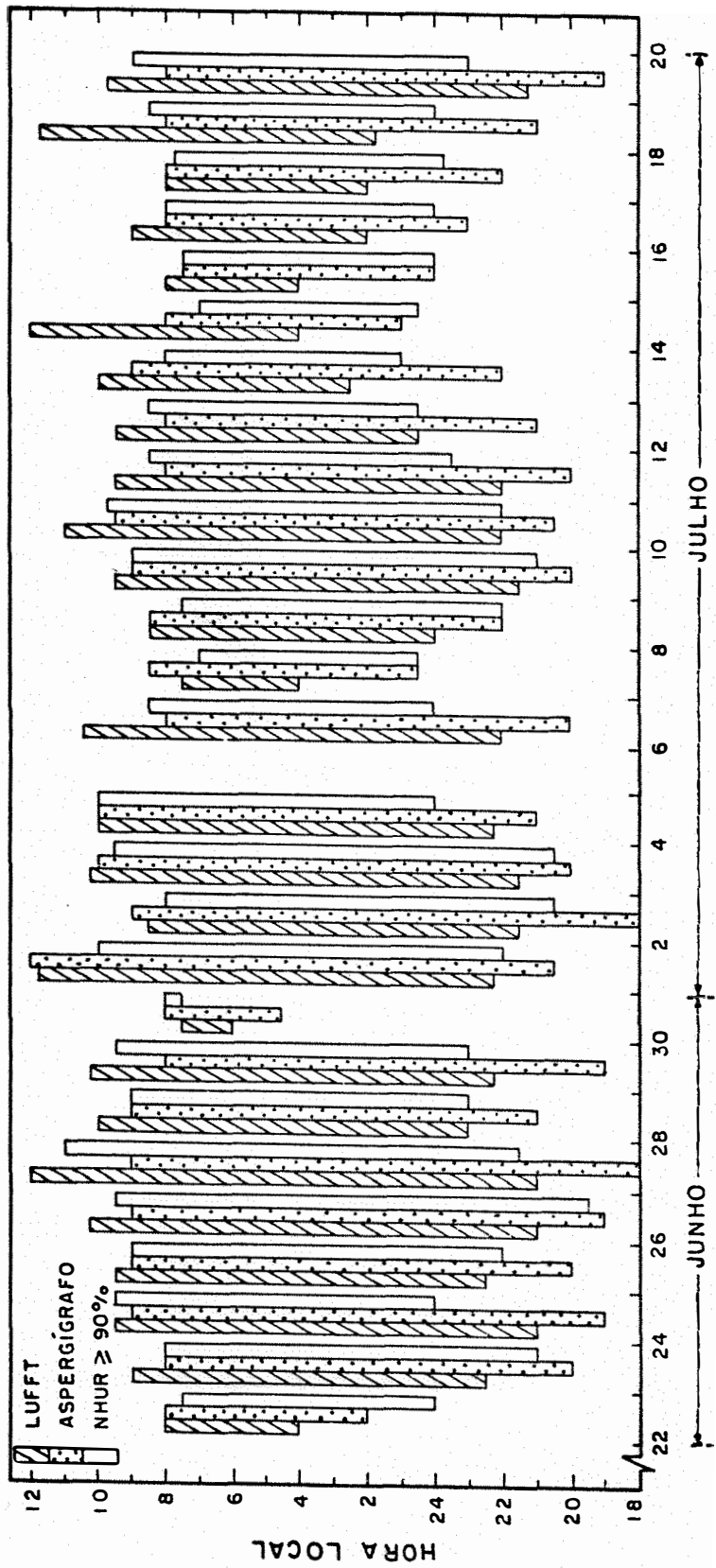


Figura 14. Horário do início e fim dos períodos de molhamento registrados no Lufft e aspergigrafo e o início e fim dos períodos com umidades relativas iguais ou maiores a 90% no posto meteorológico (junho e julho de 1986).

Deduz-se destes resultados que a tendência do aspergígrafo é superestimar a DPM, embora seu desempenho seja bem melhor quando comparado com o orvalhógrafo

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos nas condições experimentais permitiu concluir que:

- a duração do período de molhamento (DPM) em cultura de feijoeiro pode ser estimada em função do número de horas com umidade relativa igual ou superior a 90% (X) medido: na cultura por $DPM = -1,88 + 0,95X$, com um erro médio de 7,9% e no posto meteorológico, por $DPM = 0,65 + 0,965X$ com um erro médio de 10,3%;
- para medição da duração do período de molhamento, por orvalho, os seguintes equipamentos mostraram uma eficiência decrescente em seu desempenho: Lufft, com erros médios de 9,7% em relação às observações visuais; aspergígrafo com valores 17,5% superiores aos do Lufft e, o orvalhógrafo com valores 34,0% inferiores aos do Lufft.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIER, W. Studies on dew formation under semi-arid conditions. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 3: 103-112, 1966.
- BERTON, O. & MELZER, R. Controle da sarna da macieira pelosis tema de Mills. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 19(10): 1211-17, 1984.
- BOOTSMA, A. Estimating minimum temperatures from screen minimum values and other climatological parameters. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 16: 103-113, 1976.
- BURRAGE, S.W. Dew on wheat. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 10: 3-12, 1972.
- CAMPBELL, G.S. An introduction to environmental biophysics. New York, Springer-Verlag, 1977. 159p.
- COLLINS, B.G. & TAYLOR, R.J. Conditions governing the onset of dew on large leaves. Australian Journal of Applied Science. Townsville, 12(1): 23-9, 1961.
- COOK, R.T.A. The effect of weather conditions on infection by coffee berry disease. Kenya Coffee, Kenya, 190-7, 1975.
- CROWE, M.J.; COAKLEY, S.M.; EMGE, R.C. Forecasting dew duration at Pendleton, Oregon, using simple weather observations. Journal of Applied Meteorology. Boston, 17(10): 1482-87, 1978.

- EVERSMEYER, M.G. & BURLEIGH, J.R. A method of predicting epidemic development of wheat leaf rusts. Phytopathology. St. Paul. 60: 805-811, 1970.
- FERRAZ, E.C. Apontamentos de fisiologia vegetal. 1ª parte. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Fisiologia Vegetal, 1984. 138p.
- FOLONI, L.L. Microclima em cafezal (*Coffea arabica* L.): temperatura do ar e das folhas. Piracicaba, 1977. 92p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FRITSCHEN, L.J. & DORAISWAMY, P. Dew: an addition to the hidrologic balance of Douglas fir. Water Resources Research. Washington, 4: 891-94, 1973.
- GALLI, P. & STUTTGART, J.R. Zum einsatz von warm-und registriergeräten bei der abwehr des apfelschorfs im integrierten pflanzenschutz. Erwerbsobstbau. Berlin, 26: 82-7, 1984.
- GEIGER, R. Manual de microclimatologia - O clima da camada de ar junto ao solo. Trad. I. de Gouveia. 4a. ed. Lisboa, Verlag, 1961. 556p.
- GETZ, R.R. Coments on "forecasting dew duration at pendleton, Oregon, using simple weather observations". Journal of Applied Meterology. Boston, 18(8): p.1087, 1979.
- GILLESPIE, T.J. & KIDD, G.E. Sensing duration of leaf moisture retention using electrical impedance grids. Canadian Journal of Plant Science. Ottawa, 58: 179-187, 1978.
- GILLESPIE, T.J. & SUTTON, J.C. A pradictive scheme for timing fungicide applications to control alternaria leaf blight in carrots. Canadian Journal of Plant Pathology. Ottawa, 1: 95-9, 1979.

- GILLESPIE, T.J. & BARR, A. Adaptation of a dew estimation scheme to a new crop and site. Agricultural and Forest Meteorology. Amsterdam, 31: 289-295, 1984.
- GIORDA, L.M.; MARTELOTTO, E.; SEVERINA, E.V. Viruela del maíz; Características y manejo de la enfermedad. Secretaría de Agricultura y Ganadería; Publicación de extensión nº 116. Argentina, 1984. 7p.
- GUZMAN, O. & GOMEZ, L. Permanencia de agua libre sobre las hojas de cafeto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4., Londrina, 1985. Resumos. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.91.
- HERNANDEZ, J.M. Los servicios comarcales de avisos en la lucha contra el mildiu de la vid. Hojas divulgadoras, 5, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1963. 63p.
- HINE, R.B. Epidemiology of pink disease of pineapple fruit. Phytopathology. St. Paul, 66: 323-7, 1976.
- HOFMANN, G. Dew measurement by thermodynamical means. International Union of Geodesy and Geophysics. Toronto, 2: 443-5, 1958.
- JANUZZI, B.M. Influência de parâmetros de clima e do hospedeiro no desenvolvimento da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.). Piracicaba, 1987. 102p. (Doutoramento - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- LIEBSTER, V.G. & EIMERN, J.V. Hilfsinstrumente zur bestimmung der spritztermine in der schorfbekämpfung. Erwerbsobstbau. Berlin, 1: 70-4, 1959.

- LOMAS, J. & SHASHOUA, Y. The performance of three types of leaf-wetness recorders. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 7: 159-166, 1970.
- MacCOWN, R.L. & WALL, B.H. The influence of weather on the quality of tropical legume pasture during the dry season in northern Australia. II Moulding of standing hay in relation to rain and dew. Australian Journal of Agricultura Research. Townsville, 32(4): 589-598, 1981.
- MacHARDY, W.E. A simplified non-computerized program for forecasting potato late blight. Plant Disease Reporter. Beltsville, 63(1): 21-5, 1979.
- MADDEN, L.; PENNYPACKER, S.P.; MacNAB, A.A.; Fast, a forecast sistem for *Alternaria solani* on tomato. Phytopathology. St. Paul, 68: 1354-8, 1978.
- MADE, A. On the methods of dew recording. Wiss. Z. Martin Luther University. Wittemberg, 5(3): 483-512, 1955.
- MARLATT, W.E. A note on the variation of dew amount with elevation. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 8: 151 - 4, 1971.
- MARTINEZ, J.A. Epidemiologia e controle de doenças destrutivas das plantas tropicais; Mal de Sigatoka ou cercosporiose da bananeira. Fitopatologia Brasileira. Brasília, 8(3): 522-6, 1983.
- MATTSSON, J.O. A simple dew recorder. Weather. London, 17: 268-272, 1962.

- MONTEITH, J.L. Dew. Quarterly Journal Royal of the Meteorology Society. London, 83(357): 322-341, 1957.
- MONTEITH, J.L. Dew: Dacts and fallacies. In: RUTTER, A.J. & WHITEHEAD, F.H. The water relations of plants; BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY, 3, London, 1961. Symposium. New York, John Wiley & Sons Inc., 1961. p.35-56.
- MONTEITH, J.L. & BUTLER, D.R. Dew and thermal lag: a model for cocoa pods. Quartely Journal Royal of the Meteorological Society. London, 105(443): 207-15, 1979.
- MOTA, F.S. da & OLIVEIRA, M.O. Uso do higrôgrafo na avaliação do período de molhamento de plantas em séries climatológicas históricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., Pelotas, 1981. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1981. p.220-5.
- MOTA, F.S. da. Meteorologia agrícola. 2a. ed. São Paulo, Nobel, 1985. 376p.
- PAES DE CAMARGO, A.; PINTO, H.S.; PEDRO Jr., M.J.; ALFONSSI, R.R.; ORTOLANI, A.A. Clima do estado de São Paulo. In: SA-EESP. Instituto Agrônômico, Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo, Campinas, 1974. Vol. 1.
- PANOFSKY, H.A. Wind structure in strong winds below 150 m. Wind Engineering. Pennsylvania, 1(2): 91-103, 1977.
- PASQUILL, F. Atmospheric diffusion. Toronto, D. Van Nostrand, Co. Ltd., 1962. 245p.
- PEDRO Jr., M.J. Relation of leaf surface wetness duration to meteorological parameters. Ontario, 1980. 147p. (PhD-University of Guelph).

- PEDRO Jr., M.J. & GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration I. Utilizing Micrometeorological data. Agricultural Meteorological. Amsterdam, 25: 283-96, 1982a.
- PEDRO Jr., M.J. & GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration II. Utilizing standard weather station data. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 25: 297-310, 1982b.
- PEDRO Jr., M.J.; PAES DE CAMARGO, M.B.; MACEDO, L.A. Guia para o observador dos postos agrometeorológicos do Instituto Agronômico. Campinas, Instituto Agronômico, 1986. 50p.
- POST, J.J.; ALLISON, C.C.; BURCKHARDT, H.; PREECE, T.F. The influence of weather conditions on the occurrence of apple scab. WMM, Tech. Note n° 55, Geneva, 1963. 41p.
- RAMAN, C.R.V.; VENKATARAMAN, S.; KRISHNAMURTHY, V. Dew over India and its contribution to winter-crop water balance. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 11: 17-35, 1973.
- ROTEM, J. & REICHERT, I. Dew - A principal moisture factor enabling, early blight epidemics in a semi-arid region of Israel. Plant Disease Reporter. Beltsville, 48: 211-5, 1964.
- SCHNELLE, F.; SMITH, L.P.; WALLIN, J.R. Report on instrument recording the leaf wetness period. WMM Tech. Note. Geneva, 55: 15-41, 1963.
- SHARMA, M.L. Contribution of dew in the hidrologic balance of a semi-arid grassland. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 17: 321-31, 1976.
- SHOEMAKER, J.B. & LORBEER, J.N. The role of dew and temperature on the epidemiology of botrytis leaf blight of anion. Phytopathology. St. Paul, 67: 1267-72, 1977.

- SLATYER, R.O. & McILROY, I.C. Practical microclimatology. Melbourne; CSIRO, 1961. 406p.
- SMITH, P.D. The effect of wind and dew point on vegetative wetting duration. NOAA Tech. Memorandum NWS SR-94, January Florida, 1978. 7p.
- SUTTON, J.C.; SWANTON, C.J.; GILLESPIE, T.J. Relation of weather variables and host factors to incidence of airborne spores of *Botrytis squamosa*. Canadian Journal of Botany. Ottawa, 56(20): 2460-9, 1978.
- SUTTON, J.C.; GILLESPIE, T.J.; HILDEBRAND, P.D. Monitoring weather factors. Plant Disease. Beltsville, 68(1): 78-84, 1984.
- SUZUKI, H. Meteorological factors in the epidemiology of rice blast. Phytopathology. St. Paul, 13: 239-256, 1975.
- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. Meteorologia descritiva; Fundamentos e Aplicações. São Paulo, Nobel, 1984. 374p.
- TULLER, S.E. & CHILTON, R. The role of dew in the seasonal moisture balance of a summer-dry climate. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 11: 135-142, 1973.
- WALLIN, J.R. Agrometeorological aspects of dew. Agricultural Meteorology. Amsterdam, 4: 85-102, 1966.