

VICENTE DE PAULA LELIS

MOLHAMENTO FOLIAR - UMA INVESTIGAÇÃO
PARA A CULTURA DO CAFÉ

BIBLIOTECA
DEPTO. ENG. AGRÍCOLA

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorologia
Agrícola, para Obtenção do Título de
"Magister Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
DEZEMBRO - 1986

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central

T

L541m Lelis, Vicente de Paula.
1986 Molhamento foliar - uma investigação para a cultura do café. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1986.
76p. ilustr.

Tese (M.S.) - UFV

1. Meteorologia agrícola. 2. Ferrugem do cafeeiro - Aspectos meteorológicos. 3. Café - Molhamento foliar. 4. Molhamento foliar. 5. Café - Doenças e pragas. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

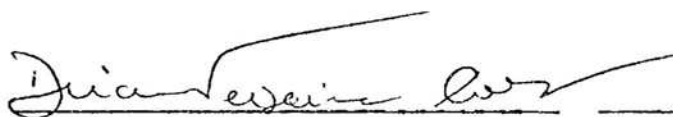
CDD 18.ed.: 630.2515
CDD 19.ed.: 630.2515

MOLHAMENTO FOLIAR - UMA INVESTIGAÇÃO
PARA A CULTURA DO CAFÉ

por

VICENTE DE PAULA LELIS

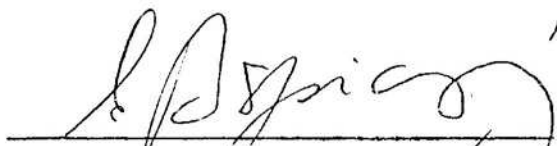
APROVADA: 21 de Agosto de 1986



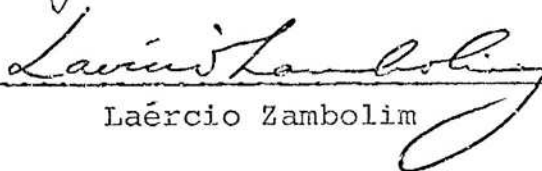
Dirceu Teixeira Coelho



Gilberto Chohaku Sedyama



Celestino Aspiazu



Laércio Zambolim



Rubens Leite Vianello
(Orientador)

À minha esposa Maria,
Aos meus filhos Davi, Levi,
E ao que vem aí.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este Curso.

Ao Professor Dr. Rubens Leite Vianello, amigo e orientador, pela disponibilidade, pela segurança e pela dedicação, que me marcaram profundamente durante o Curso e na realização deste trabalho.

À minha mãe, pelo incentivo constante.

Às minhas primeiras professoras, Conceição Lelis Leal, Maria Célia e Donana, por terem acompanhado os meus primeiros passos escolares.

À D. Dorica Machado, D. Zuza Nasser e à saudosa Dona Chiquinha, por terem possibilitado a minha caminhada inicial nos estudos.

Aos Professores Dr. Dirceu Teixeira Coelho, Dr. Gilberto Chohaku Sedyama, Dr. José Maria Nogueira da Costa, José Eduardo Prates e Hêlio Alves Vieira, pelo apoio e pelo interesse.

Aos meus colegas Luiz Claudio, José Ângelo e Wathney, do Curso de Meteorologia, pelo convívio.

Aos estudantes José Eustáquio Sobreira, Izabel Cristina e José Maria de Souza, pela colaboração.

Aos colegas do Departamento de Física da U.F.V., pelo apoio.

Aos funcionários Artur, Floriano, José Coelho, Neuza, Sebastião e Waldemar, pelo apoio e pelo interesse.

A todos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes na execução deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

VICENTE DE PAULA LELIS, filho de Raimundo Camilo de Lelis e Maria Marta Lelis, nasceu em Canaã, Estado de Minas Gerais, no dia 14 de Março de 1956.

Em dezembro de 1979, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa.

Em junho de 1980, foi contratado pela Universidade Federal de Viçosa para exercer a função de Auxiliar de Ensino no Departamento de Física.

Em 1984, concluiu o Curso de Pós-Graduação em Ciências Térmicas, a nível de especialização, na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 1984, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, a nível de Mestrado, na Uniuersidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xi
EXTRATO.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Determinação do Período de Molhamento Foliar, P_{mf}	4
2.1.1. Parâmetros Agrometeorológicos.....	4
2.1.2. Aspergígrafo.....	5
2.1.3. Temperatura Foliar.....	5
2.1.4. Balanço de Energia.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Parcela Experimental.....	11
3.2. Umidade Relativa e Temperatura do Ar.....	11
3.3. Temperatura Foliar.....	12
3.4. Velocidade e Direção do Vento.....	12
3.5. Presença de Água Líquida.....	13
3.5.1. Circuito Elétrico.....	13
3.5.2. Aspergígrafo.....	13
3.5.3. Observações Visuais.....	13
3.5.4. Cálculo do Período de Molhamento Foliar.	15

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Temperatura Foliar.....	18
4.2. Umidade Relativa.....	19
4.3. Período de Molhamento Foliar.....	24
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	35
6. RECOMENDAÇÃO.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	44

LISTA DE QUADROS

QUADROS		Página
1	Período de Molhamento Foliar, em Horas, para a Cultura de Café por Diversos Processos....	25
2	Coeficiente de Correlação entre os P_{mf} das Observações Visuais para a Folha Sombreada, com os Diversos Tratamentos.....	26
3	Fluxo de Calor Latente, em Wm^{-2} , Calculado, Considerando Três Valores de Comprimento Efetivo de Folha de Café, para o Dia 26 de Julho de 1985.....	32
4	Período de Molhamento Foliar, em Horas, Calculado para Três Valores do Comprimento Efetivo da Folha, para os Dados de Temperatura da Folha Sombreada.....	34
5	Conversão da Temperatura do Ar em Temperatura da Folha do Cafeeiro para Folha Sombreada	41
1.C	Valores Observados das Temperaturas de Bulbos Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 23 e 24 de Julho de 1985.....	53
2.C	Valores Observados das Temperaturas de Bulbos Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 24 e 25 de Julho de 1985.....	57

QUADROS

Página

3.C	Valores Observados das Temperaturas de Bulbos Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 25 e 26 de Julho de 1985.....	61
4.C	Valores Observados das Temperaturas de Bulbos Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 26 e 27 de Julho de 1985.....	65
1.D	Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa, em Dois Termoígrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 23 e 24 de Julho de 1985.....	69
2.D	Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa, em Dois Termoígrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 24 e 25 de Julho de 1985.....	70
3.D	Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa, em Dois Termoígrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 25 e 26 de Julho de 1985.....	71
4.D	Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa, em Dois Termoígrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 26 e 27 de Julho de 1985.....	72
1.E	Valores Obtidos para os Números Adimensionais nos Quatro Períodos de Evaporação da água Condensada na Superfície Foliar.....	74
1.F	Valores Observados da Pressão, Temperatura, Umidade Relativa, Velocidade do Vento, Evaporação, Insolação e Nebulosidade na Estação Meteorológica Principal da Universidade Federal de Viçosa, para o Período de 23 a 27 de Julho de 1985.....	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		Página
1	Circuito Simples para Detectar a Presença de Água Líquida na Superfície Foliar.....	14
2	Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 23 e 24 de Julho de 1985.....	20
3	Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 24 e 25 de Julho de 1985.....	21
4	Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 25 e 26 de Julho de 1985.....	22
5	Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 26 e 27 de Julho de 1985.....	23
6	Marcha Horária da Temperatura da Folha, do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de Café, nos Dias 23 e 24 de Julho de 1985.....	28
7	Marcha Horária da Temperatura da Folha, do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de Café, nos Dias 24 e 25 de Julho de 1985.....	29

FIGURAS

Página

8	Marcha Horária da Temperatura da Folha, do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de café, nos Dias 25 e 26 de Julho de 1985.....	30
9	Marcha Horária da Temperatura da Folha, do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de Café, nos Dias 26 e 27 de Julho de 1985.....	31
10	Gráfico Psicrométrico Simplificado.....	40

LISTA DE SÍMBOLOS

- a - Absortividade da folha para ondas curtas;
 C_p - Calor específico do ar ($J g^{-1} °C^{-1}$);
 D - Comprimento efetivo da folha na direção do vento ou dimensão característica da folha (cm);
 e - Pressão atual de vapor (mb);
 e_{sa} - Pressão de saturação de vapor à temperatura ambiente (mb);
 e_{sf} - Pressão de saturação de vapor à temperatura da folha (mb);
 g - Aceleração da gravidade ($m s^{-2}$);
 Gr - Número de Grashof;
 H - Fluxo de calor sensível (Wm^{-2});
 \bar{H} - Fluxo médio de calor sensível (Wm^{-2});
 h_c, h_n - Coeficientes de transportes de calor sensível ($Wm^{-2} °C^{-1}$);
 h_w - Coeficiente de transporte de calor latente (Wm^{-2});
 k - Condutividade térmica ($Wm^{-2} °C^{-1}$);
 L - Calor latente de evaporação da água ($J g^{-1}$);
 LE - Fluxo de calor latente (Wm^{-2});
 \bar{LE} - Fluxo médio de calor latente (Wm^{-2});
 Nu - Número de Nusselt;

p	- Período para evaporar a água condensada na superfície foliar (h);
P_{mf}	- Período de molhamento foliar (h);
Pr	- Número de Prandtl;
R_l	- Radiação de ondas longas (Wm^{-2});
Re	- Número de Reynolds;
R_s	- Radiação solar global (Wm^{-2});
S	- Tangente da curva de saturação à temperatura do ar ($mb\ ^\circ C^{-1}$);
T_a	- Temperatura do ar ($^\circ C$);
T_d	- Temperatura do ponto de orvalho ($^\circ C$);
T_f	- Temperatura foliar ($^\circ C$);
T_{fe}	- Temperatura da folha exposta ($^\circ C$);
T_{fs}	- Temperatura da folha sombreada ($^\circ C$);
T_m	- Temperatura média entre T_f e T_a ($^\circ C$);
T_{TH}	- Temperatura registrada em termoigrógrafo ($^\circ C$);
T_{f1}, T_{f2}	- Temperaturas foliares calculadas através dos registros dos termoigrafos ($^\circ C$);
UR	- Umidade relativa (%);
UR_{TH}	- Umidade relativa registrada em termoigrógrafo (%);
V	- Velocidade do vento (ms^{-1});
α	- Albedo da superfície inferior da folha;
β	- Coeficiente de expansão térmica (K^{-1});
ϵ	- Emissividade da folha;
λ	- Água condensada na superfície foliar ($mgcm^{-2}$);
μ	- Viscosidade dinâmica ($Kg\ m^{-1}\ s^{-1}$);
ν	- Viscosidade cinemática ($m^2\ s^{-1}$);
σ	- Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}\ Wm^{-2}\ K^{-4}$);

EXTRATO

LELIS, VICENTE DE PAULA, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 1986. *Molhamento foliar - uma investigação para a cultura do café*. Professor Orientador: Rubens Leite Vianello. Professores Conselheiros: Gilberto Chohaku Sedyama, Dirceu Teixeira Coelho e José Maria Nogueira da Costa.

A duração do molhamento foliar, ou seja, o período em que as folhas do cafeeiro permanecem molhadas, é considerada pelos fitopatologistas como um dos principais fatores que influem na epidemiologia da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.). A determinação desse período tem sido dificultada em razão do alto custo dos equipamentos envolvidos. Aparelhos mais simples como aspergígrafo e orvalhógrafo não têm sido eficientes em alguns casos.

Este trabalho teve por objetivo principal propor e verificar uma metodologia para a obtenção do período de molhamento a partir de parâmetros agrometeorológicos, tais como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento etc.

A parcela experimental foi definida em um talhão de cafeeiro de 60 x 15 m, formado por 32 linhagens - com 15 anos de idade, altura média de 2 m e espaçamento de 1,80 x 2,80m-

localizado no "Campus" da Universidade Federal de Viçosa.

Mediram-se as temperaturas dos bulbos seco e úmido e a velocidade do vento, registrando-se a temperatura foliar por meio de dois termopares instalados em duas folhas: uma sombreada e outra exposta. Em um abrigo meteorológico, colocado no interior da parcela experimental, instalaram-se ainda dois termoigrógrafos.

O período de molhamento foliar foi observado de três maneiras: visualmente, através de um circuito elétrico e de um aspergígrafo.

Os dados observados foram submetidos à formulação teórica, resultando em um modelo físico-matemático para a obtenção do período de molhamento foliar. As observações foram utilizadas para o ajuste do modelo teórico e para a sua validação. Assim, é possível calcular o período de molhamento, com boa aproximação, utilizando-se apenas um psicrômetro ou um termoigrógrafo.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a constatação da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) ocorreu em 1970. Seu aparecimento despertou, então, muita atenção, pois as perdas decorrentes já eram suficientemente conhecidas na Ásia e na África (7).

Muitos estudos têm sido feitos para se conhecerem melhor os fatores que influem na epidemiologia da ferrugem. Já é sabido que a temperatura e a umidade afetam diretamente o desenvolvimento do patógeno de maneira relevante. Quanto à umidade, devem-se considerar a quantidade e a duração do molhamento foliar das plantas, ou seja, o período em que as folhas permanecem com água líquida em suas superfícies. Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no sentido de medir esses parâmetros, sendo a duração do molhamento o de maior importância. Os propágulos dos patógenos que se depositam na superfície da planta, em sua grande maioria, somente estão aptos para germinar e penetrar quando ocorrem condições favoráveis de temperatura e quando as folhas e outras partes das plantas estão cobertas com uma película de água durante certo período (1, 12, 15, 18, 29, 30).

No caso do cafeeiro, por exemplo, muitas pesquisas já foram e continuam sendo feitas para se conhecer melhor o

papel da umidade sobre a incidência do patógeno na cultura (1, 7, 12, 18, 28, 29), sendo constatada a importância da duração da película de água na folha.

Muitas técnicas têm sido utilizadas para a previsão do período de molhamento foliar, P_{mf} . Aparelhos como o aspergígrafo e o orvalhógrafo não se têm mostrado eficientes em muitos casos, havendo divergência entre aqueles que os utilizam quanto ao início e término do fenômeno (1, 29). O uso de parâmetros meteorológicos mais simples como temperatura do ar e umidade relativa ainda não foi bem explorado. O balanço de radiação é uma técnica bem difundida, mas percebe-se que essa alternativa não é acessível ao agricultor.

Considerando a importância do período de molhamento foliar para a ferrugem do cafeeiro e a dificuldade para a sua obtenção, propõem-se, para este trabalho, os seguintes objetivos:

- a) propor e verificar um modelo físico-matemático para a obtenção do período de molhamento em folhas do cafeeiro;
- b) investigar a influência da umidade relativa na duração do molhamento foliar;
- c) comparar o período de molhamento, registrado em um aspergígrafo, com observações visuais e o modelo proposto; e
- d) estabelecer relações entre as temperaturas da folha do cafeeiro e as do ar atmosférico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os elementos climáticos, tais como luz, temperatura e umidade, desempenham papel fundamental no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro (7). Esses elementos, aliados a outros como chuvas e ventos, condicionam a distribuição, a incidência e a severidade de ataque de patógenos.

O ponto de orvalho é a temperatura na qual o vapor d'água, de uma certa amostra de ar, torna-se saturado, ocorrendo, portanto, a condensação ou a temperatura, que deveria ser atingida por uma superfície exposta, para que ocorresse a formação de orvalho ou a condensação (20, 24). Após a condensação, se o líquido molhar a superfície, formando uma fina película, o processo é chamado de Condensação em Película (9).

AKUTSU (1) verificou que a temperatura ótima para a germinação dos uredósporos em folhas de cafeeiro é de 23°C. Observou ainda que a infecção iniciava-se aproximadamente após seis horas de água líquida, ou seja, uma película de água, e o máximo de infecção fora observado com 24 horas de água líquida em mudas de cafeeiro.

VALLECILLO (29) observou, em condições de campo, que a intensidade da doença atingiu níveis máximos em março, abril e maio. As variações climáticas, que melhor explicaram o desenvolvimento da doença, foram a temperatura mínima, os

dias que houve molhamento foliar, a precipitação e a umidade relativa.

O período de molhamento foliar pode ser observado diretamente mediante o uso de aparelhos ou, indiretamente, utilizando-se os dados observados.

2.1. Determinação do Período de Molhamento Foliar (P_{mf})

2.1.1. Parâmetros Agrometeorológicos

O uso de parâmetros agrometeorológicos tem sido de fundamental importância para a previsão de doenças em plantas cultivadas.

Segundo MOTA e AGENDES (19), vários pesquisadores usaram o número de horas de umidade relativa, igual ou superior a 90%, como um dos parâmetros para a previsão da infecção de sarna da macieira e do míldio da batatinha. Os mesmos autores, utilizando registros de higrógrafos e da balança de Hiltner, para determinar o número de horas de umidade relativa igual ou superior a 90% e o número de horas do período de molhamento, respectivamente, obtiveram equações de regressão linear do período de molhamento em função do número de horas de umidade relativa igual ou superior a 90%, obtendo coeficientes de correlação entre 0,89 e 0,94.

AKUTSU (1), com dados de temperatura horária, número de horas de água líquida na folha e precipitação diária, obteve equações para a germinação e a infectividade dos uredós poros de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br.

Segundo PEDRO JÚNIOR (23), Collins e Taylor, utilizando elementos climáticos, tais como umidade relativa, temperatura e radiação, desenvolveram, na Austrália, um método para prever a ocorrência de água na superfície foliar.

2.1.2. *Aspergígrafo*

Este aparelho é dotado de um cordão de fibra de cânha mo que, ao absorver umidade, sofre variação em seu comprimento, a qual é transmitida e ampliada através de um sistema de alavancas, sendo o registro final feito em gráfico adequado.

O período de molhamento foliar foi considerado por AKUTSU (1) a partir do momento em que o aspergígrafo indicava o início de ocorrência até a ausência total. Já VALLECILLO (29) comprovou que quando o aspergígrafo marcava 20, para uma escala máxima de 50, que tem esse aparelho, as folhas do cafeeiro mantinham-se recobertas com água líquida.

2.1.3. *Temperatura Foliar*

Um parâmetro importante para se obter o molhamento é a temperatura da folha.

As plantas, como os animais, precisam regular suas temperaturas para funcionarem a um ótimo de eficiência fisiológica, o que é conseguido através dos fenômenos físicos de radiação, transpiração e convecção.

A temperatura da folha é normalmente superior à temperatura ambiente, durante o dia, e inferior, à noite, sendo a transpiração o principal mecanismo de perda de calor para o ambiente no período diurno, impedindo que as plantas atinjam temperaturas extremas (6). Outros fatores como vento, cobertura de nuvens e disposição espacial das folhas são também muito importantes para se evitar o superaquecimento (20).

Durante a noite, em virtude do fechamento dos estômatos, não há perda de calor por transpiração. Na escuridão, a folha pode emitir mais energia do que propriamente recebe, tornando-se mais fria que o ar circundante (20). Em noites nubladas, a folha perde menos calor por irradiação, causando, assim, menor diferença de temperatura entre a folha e o ambiente. Daí a formação do orvalho na superfície foliar ser maior em noites claras do que em nubladas (20). Segundo Shaw,

citado por CHANG (6), uma folha de tomateiro estava aproximadamente 1°C mais fria que o ar a 1 cm acima dela.

A parte superior da planta tende a perder mais calor por irradiação que as partes inferiores (20). Com isso, o ar que circunda as folhas das copas, por contato, tende a esfriar a camada fina de ar que as rodeia. Este ar frio, por ser mais denso, tende a descer, resfriando as partes inferiores da planta, as quais chegam a ter intensidade maior de molhamento que as partes superiores.

A velocidade do vento também afeta a temperatura foliar e a formação de orvalho. Segundo MONTEITH (16), a velocidade ótima do vento, para a formação de orvalho, encontra-se entre 1 e 3 metros por segundo. No ar completamente calmo, essa formação é desprezível, sendo inferior a 1% do total possível. Já na presença de ventos fortes, o resfriamento foliar também não é tão intenso, em virtude da turbulência do ar (17).

Outro fator muito importante a ser considerado é o poder emissivo dos corpos. Na própria planta, por exemplo, em folhas novas e velhas, esperam-se encontrar temperaturas distintas. Esse ponto é muito importante, pois, quando se compara a formação de orvalho na superfície foliar com a de outro corpo qualquer, os resultados são diferentes.

A medida da temperatura foliar pode ser feita por meio de termopares instalados na folha (17). O termopar é formado quando as extremidades de fios de metais diferentes são fixas uma na outra. A força eletromotriz que produz corrente elétrica em virtude da junção, ou seja, o poder termoelétrico, depende dos metais utilizados. Termopares de cobre-constantan têm poder termoelétrico de $40 \mu\text{V}^{\circ}\text{C}^{-1}$, enquanto os de Chromel-Constantan possuem poder de $60 \mu\text{V}^{\circ}\text{C}^{-1}$ (4). A temperatura foliar pode também ser medida por meio de termômetros de radiação infravermelha (6 e 8) ou, ainda, pelo balanço de energia, que permite a obtenção indireta da temperatura foliar (17 e 23).

2.1.4. Balanço de Energia

O balanço de energia tem sido utilizado por muitos autores para a previsão da umidade na folha. MONTEITH (16) fez um estudo, em termos quantitativos, com a grama, obtendo de 0,61 a 2,9 mg cm⁻² h⁻¹ de orvalho, dependendo da época do ano. Mintah, citado por PEDRO JÚNIOR (23), desenvolveu um modelo numérico de balanço de energia para obter a duração do molhamento. Nesse modelo, considera-se que a duração do molhamento tem início quando o calor latente de evaporação (LE) na superfície foliar for positivo, e termina quando a condensação acumulada durante a noite for consumida por igual quantidade de evaporação durante a manhã. Em média, esse modelo subestimou o período de molhamento em 1,5 h.

PEDRO JÚNIOR (23) determinou a duração do molhamento foliar em culturas de maçã, milho e soja, utilizando-se o modelo de Mintah. Através de um balanço de energia, esse autor chegou a uma equação para calcular a diferença entre temperaturas da folha e do ar, ou seja:

$$\Delta T = \frac{\{ (aR_s + \alpha aR_s + \epsilon R_\ell - \epsilon \sigma (T_a + 273)^4 - (0,622/P) \cdot 2h_w (e_{sa} - e) \}}{[4\epsilon \sigma (T_m + 273)^3 + 2h_c + (0,622/P) ah_w S]}$$

eq. 1

em que:

$$\Delta T = T_f - T_a;$$

$$T_a = \text{temperatura ambiente (}^\circ\text{C)};$$

$$T_f = \text{temperatura da folha (}^\circ\text{C)};$$

$$e_{sa} = \text{pressão de saturação de vapor à } T_a \text{ (mb)};$$

$$T_m = \text{temperatura média entre } T_f \text{ e } T_a \text{ (}^\circ\text{C)};$$

$$S = \text{tangente da curva de saturação à temperatura do ar (mb }^\circ\text{C}^{-1}\text{)},$$

$$R_s = \text{radiação solar global (Wm}^{-2}\text{)};$$

$$\alpha = \text{albedo da superfície inferior da folha};$$

$$\epsilon = \text{emissividade da folha};$$

R_l = radiação de ondas longas (Wm^{-2}),
 σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$);
 h_c = coeficiente de transporte de calor sensível ($\text{Wm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$);
 P = pressão atmosférica (mb);
 h_w = coeficiente de transporte de calor latente (Wm^{-2});
 e = pressão atual de vapor (mb); e
 a = absortividade da folha para ondas curtas.

Segundo PEDRO JÚNIOR (23), o coeficiente de transporte de calor sensível, para a convecção forçada, foi derivado de números adimensionais por Polhansen, ou seja:

$$\text{Nu} = \beta \cdot 0,68 \text{ Re}^{1/2} \text{ Pr}^{1/3}, \quad \text{eq. 2}$$

em que:

Nu = número de Nusselt;
 Re = número de Reynolds; e
 Pr = número de Prandtl.

Para níveis baixos de turbulência associada com orvalho, o valor de β é igual a 1. Usando-se as definições dos números adimensionais e os parâmetros destes números para o ar, à temperatura de 20°C , resulta na equação para se calcular o coeficiente de transporte de calor sensível, ou seja,

$$h_c = 40 \left(\frac{V}{D} \right)^{1/2}, \quad \text{eq. 3}$$

em que:

V = velocidade do vento (ms^{-1}); e
 D = comprimento efetivo da folha na direção do vento (cm).

O coeficiente de transporte de calor latente foi proposto por Ede, em 1967 (23), como:

BIBLIOTECA DEPTO. ENG. AGRÍCOLA

$$h_w = 1,07 h_c L / C_p \quad \text{eq. 4}$$

em que:

L = calor latente de evaporação da água (Jg^{-1}); e
 C_p = calor específico do ar ($Jg^{-1}O_C^{-1}$).

O fator numérico 1,07 depende da razão entre a difusividade do vapor d'água e a do calor.

Usando o valor da temperatura foliar estimada na equação 1, PEDRO JÚNIOR (23) calculou o fluxo de calor latente, LE , pela equação:

$$LE = - \left(\frac{0,622}{p} \right) 2 h_w (e_{sf} - e), \quad \text{eq. 5}$$

em que:

e_{sf} = pressão de saturação de vapor à temperatura da folha (mb).

O coeficiente de transporte de calor sensível por convecção natural é derivado também de relações entre números adimensionais. Uma relação empírica, que leva ao valor deste coeficiente, é citada por vários autores (3, 11, 26), ou seja,

$$Nu = 0,59 (Gr. Pr)^{1/3}. \quad \text{eq. 6}$$

Usando-se as definições dos números adimensionais e os parâmetros desses números para o ar, à temperatura de $20^{\circ}C$, resulta na equação para se calcular o coeficiente de transporte de calor sensível por convecção natural, ou seja,

$$h_n = 7,1 (\Delta T)^{1/3}, \quad \text{eq. 7}$$

em que:

h_n = coeficiente de transporte de calor sensível por convecção natural; e

ΔT = diferença entre as temperaturas do ar e da folha.

O fluxo de calor sensível por convecção natural, H , em Wm^{-2} , pode ser calculado pela expressão:

$$H = h_n \Delta T \quad \text{eq. 8}$$

A equação 2 é válida para $Re < 5 \times 10^5$ e $Pr > 0,6$, enquanto a condição de validade para a equação 6 é $10^4 < Gr.Pr < 10^9$ (3).

A ocorrência da convecção natural, da convecção forçada ou das duas simultaneamente é definida pela relação $\frac{Gr}{Re^2}$.

Para valores inferiores a 1 dessa razão, há predominância da convecção forçada, enquanto isso, se a razão for aproximadamente igual a 1, ou maior, vai indicar que está ocorrendo tanto a convecção forçada quanto a natural (3, 5).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Parcela Experimental

Pelo fato de o período frio apresentar maior formação de orvalho, a tomada de dados no campo foi efetuada do dia 23 ao dia 27 de julho de 1985.

A parcela experimental foi definida em um talhão de cafeeiro de 60 x 45 m, formado por 32 linhagens, com 15 anos de idade, altura média de dois metros e espaçamento de 1,80 m x 2,80 m. Essa parcela está localizada no "Campus" da Universidade Federal de Viçosa, no Setor de Agronomia, pertencente à área de Fitotecnia.

3.2. Umidade Relativa e Temperatura do Ar

As medições da umidade relativa e da temperatura do ar foram feitas por meio de dois termoigrógrafos instalados num abrigo meteorológico no interior da parcela experimental, mas de tal forma que sua presença não interferisse nas condições naturais do cafeeiro em estudo. Foram feitas também leituras em um psicrômetro de aspiração padrão, com intervalos de 15 minutos.

Com os dados das temperaturas de bulbos seco e úmido, calculou-se a umidade relativa (Apêndice A).

Foram desenvolvidas equações de regressão para cada termoigrógrafo, comparando os valores horários de temperatura e umidade relativa desses aparelhos, com a temperatura do psicrômetro e umidade relativa calculadas.

3.3. *Temperatura Foliar*

A temperatura foliar foi medida diretamente por meio de dois termopares de Chromel-Constantan, com fios de diâmetro de 0,8 mm, instalados na face dorsal da folha do cafeeiro. Foram tomados dois ramos, diametralmente opostos, no terço médio da planta, nos quais foi considerada a quarta folha de fora para dentro, tomando-se, dessa maneira, uma folha sombreada e outra exposta.

A calibração dos termopares foi feita por meio da tomada de dados simultâneos com um termômetro padrão. A partir desses dados foram obtidas equações de calibração.

Para a calibração e a coleta de dados no campo foi utilizado o milivoltímetro registrador ECB-RB 102, com escala de 0,02 mV e dois canais, fabricado pela Equipamentos Científicos do Brasil Indústria e Comércio Ltda.

Com os dados de temperatura foliar fornecidos pelos termopares e os das temperaturas do ar lidas no psicrômetro padrão, desenvolveu-se uma equação de regressão para calcular, indiretamente, a temperatura foliar. Através dessa equação e das equações para os dois termoigrógrafos, calculou-se, também indiretamente, a temperatura foliar a partir dos dados de temperatura registrados nesses aparelhos.

3.4. *Velocidade e Direção do Vento*

A velocidade do vento foi medida por meio de um anemômetro de hélice, portátil, marca Taylor, cuja a menor escala da medida é de 1 pé, instalado a 2 m acima do solo. O regis-

tro dessa medida foi feita paralelamente ao registro do período para se calcular a velocidade média do vento.

A direção foi observada com o auxílio de um indicador de direção instalado próximo ao anemômetro.

3.5. Presença de Água Líquida

3.5.1. Circuito Elétrico

Foi utilizado um circuito simples, constituído de dois conectores, instalados na superfície inferior da folha, ligados a uma bateria de três volts, em série, com um microamperímetro (Figura 1). Ligando os conectores, colocaram-se pequenos fios de algodão para absorver as gotículas de água condensadas na superfície foliar.

Quando se iniciava a condensação, a resistência à passagem da corrente elétrica entre os dois terminais diminuía; conseqüentemente, a corrente elétrica percorria o circuito, sendo detectada no microamperímetro. As leituras foram feitas a cada 15 minutos. A corrente elétrica permanecia enquanto houvesse água líquida entre os dois conectores.

3.5.2. Aspergígrafo

Um aspergígrafo, marca Fuess, foi instalado na parcela experimental a 1 m de altura, com a finalidade de detectar o início e o fim da condensação da água no ambiente. Considerou-se início do molhamento foliar o momento em que o registro tornava-se diferente de zero e, como final, ao retornar ao mesmo nível inicial.

3.5.3. Observações Visuais

Foram feitas observações visuais para se detectarem o início e o final do molhamento foliar. Considerou-se início

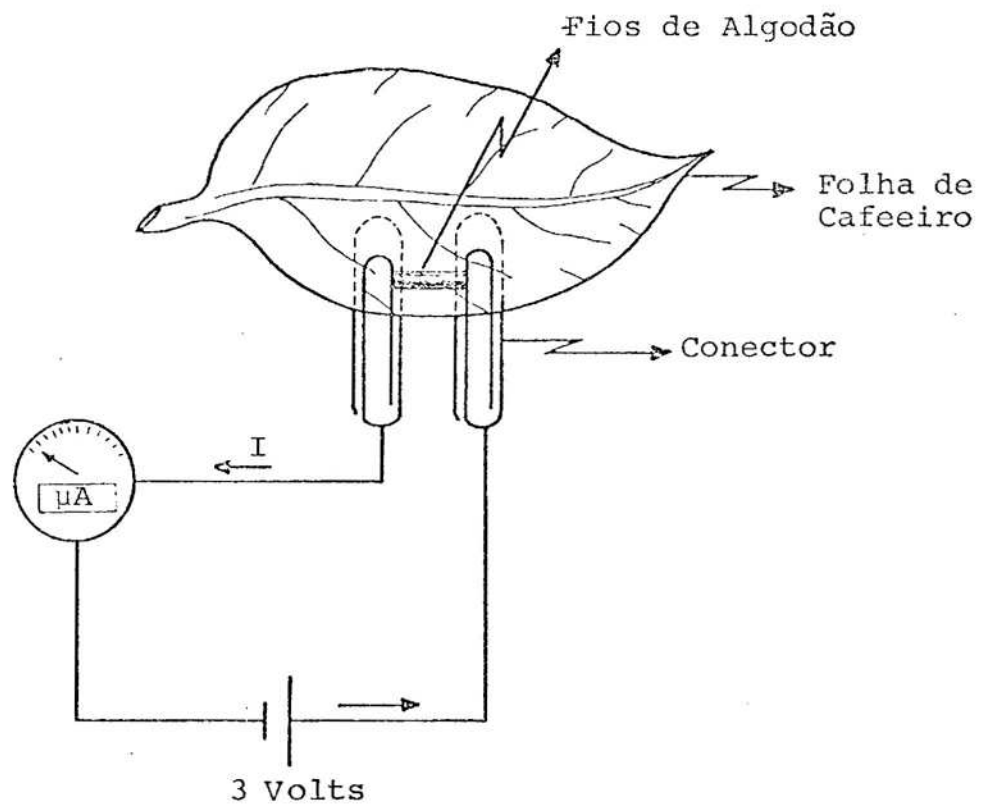


FIGURA 01 - Circuito Simples para Detectar a Presença de Água Líquida na Superfície Foliar .

do molhamento foliar o momento em que qualquer folha apresentava água líquida e, como final, quando não se constatasse molhamento em folha alguma. As observações de molhamento foram realizadas em todo o dossel.

3.5.4. Cálculo do Período de Molhamento

Admitiu-se que tão logo a temperatura da folha (T_f) atingisse valores inferiores à temperatura do ponto de orvalho do ar (T_d) iniciava-se o processo de condensação da folha, e tão logo atingisse valores superiores o processo de condensação cessava. Assim, o modelo proposto para se estimar o período de molhamento foliar é:

$$P_{mf} = (T_d - T_f) n + p \quad (T_d - T_f) > 0, \quad \text{eq. 9}$$

sendo p o período necessário para que a água da folha se evapore completamente e n , o número de horas em que a condição é satisfeita.

As temperaturas do ponto de orvalho foram obtidas através dos dados de temperatura do psicrômetro padrão (Apêndices B e C).

A quantidade de água condensada durante o período em que a temperatura foliar foi inferior à do ponto de orvalho foi obtida por pesagem. Observou-se que pela manhã as folhas estavam tão molhadas que chegavam a gotejar. Foram coletadas, em ramos do terço médio, as quartas folhas de fora para dentro, num total de 60 folhas. No laboratório, mergulharam-se essas folhas em água destilada. Ao escorrer o excesso de água, as folhas eram pesadas em uma balança de torção de precisão de 0,01 g. Quando essa água era evaporada da folha, fazia-se nova pesagem, obtendo-se, por diferença, a quantidade de água nas duas superfícies da folha. Foi calculado o índice de área foliar, chegando-se, portanto, à quantidade de água em mg cm^{-2} .

O cálculo do período necessário para que a água con-

densada evapore completamente foi feito através dos fluxos de calor latente e calor sensível. Obtiveram-se esses fluxos por meio das equações 5 e 8, ou seja,

$$LE = - \left(\frac{0,622}{P} \right) 2h_w (e_{sf} - e)$$

$$H = h_n \Delta T$$

O coeficiente de transporte de calor latente foi calculado pela equação:

$$h_w = 1,07 \frac{h_c L}{P}$$

O calor latente de evaporação foi obtido em tabelas termodinâmicas, considerando-se uma média das temperaturas foliar e do ar.

Os coeficientes de transporte de calor sensível por convecção forçada e por convecção natural foram calculados, respectivamente, pelas equações:

$$h_c = 40 \left(\frac{V}{D} \right)^{0,5}$$

$$h_n = 7,1 (\Delta T)^{1/3}$$

Considerou-se D como um comprimento efetivo da folha igual à raiz quadrada do produto entre o comprimento e a largura da parte central da folha, obtendo-se, dessa maneira, uma dimensão linear para D.

A pressão atmosférica foi medida na Estação Climatológica Principal da UFV, que dista, aproximadamente, 500 m da parcela experimental.

Com os valores de LE e H e a quantidade de água a ser

evaporada, chegou-se ao valor p , da seguinte maneira:

i) calcularam-se um valor médio para o fluxo de calor latente, \overline{LE} , e um valor médio para o fluxo de calor sensível, \overline{H} , considerando-se apenas o período de evaporação. Esse cálculo foi feito por aproximação e erro;

ii) os fluxos de calor latente e sensível foram calculados em Wm^{-2} ; o calor latente, em $J g^{-1}$; e a quantidade de água, em $mg cm^{-2}$. Assim, para se chegar ao tempo, em minutos, gasto para evaporar toda a água, utilizaram-se as seguintes equações:

$$p = \frac{L\lambda}{6 \overline{LE}} \quad \text{eq. 10}$$

ou

$$p = \frac{L\lambda}{6(\overline{LE} + \overline{H})}, \quad \text{eq. 11}$$

em que:

λ é a quantidade de água na superfície foliar, em $mg cm^{-2}$.

A equação 10 foi aplicada nos períodos em que a convecção forçada predominou sobre a natural, que foram o primeiro e o segundo períodos. Enquanto isso, a equação 11 é válida para aqueles períodos em que ocorreram as convecções natural e forçada, os quais foram o terceiro e o quarto período.

Voltando à equação 9, chegou-se ao período de molhamento foliar para os quatro dias considerados neste trabalho.

O cálculo do P_{mf} foi feito para a temperatura medida diretamente pelo termopar instalado na folha sombreada, juntamente com os dados de temperatura foliar obtidos através dos registros nos termoigrógrafos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Temperatura Foliar

Da correlação entre a temperatura do ar (T_a) obtida no psicrômetro padrão e as fornecidas pelos termopares das folhas sombreada e exposta, obtiveram-se as duas seguintes equações de regressão:

$$T_{fs} = -2,788 + 1,062 T_a, \quad r^2 = 0,95 \quad \text{eq. 12}$$

$$T_{fe} = -5,537 + 1,459 T_a, \quad r^2 = 0,90, \quad \text{eq. 13}$$

em que:

T_{fs} e T_{fe} são as temperaturas das folhas sombreadas e expostas, respectivamente.

Desenvolveram-se duas equações de regressão, correlacionando-se a temperatura do ar com as temperaturas registradas nos dois termoigrógrafos, T_{TH_1} e T_{TH_2} , ou seja:

$$T_a = -0,709 + 0,989 T_{TH_1}, \quad r^2 = 0,97 \quad \text{eq. 14}$$

$$T_a = 0,264 + 0,918 T_{TH_2}, \quad r^2 = 0,96 \quad \text{eq. 15}$$

Esses resultados mostram que existe diferença entre os termoigrógrafos, sendo recomendável o desenvolvimento de uma equação de calibração para os aparelhos em uso.

Os gráficos das Figuras 2, 3, 4 e 5 mostram a variação diária das temperaturas das folhas sombreada e exposta e da temperatura do ar. Esses gráficos deixam bastante evidente a razão dos bons índices de correlação das equações 12 e 13. Nota-se que a temperatura da folha sombreada foi geralmente inferior à temperatura da folha exposta. Durante o período diurno, essa diferença foi bastante evidente, o que era esperado, pois a folha exposta recebia muitas vezes a radiação solar direta, enquanto na sombreada isso não ocorria. No período noturno, a temperatura da folha exposta foi também superior à da folha sombreada. Isso pode ter ocorrido em virtude da ação do vento, pois quando a folha tende a esfriar por irradiação a chegada de uma massa de ar mais quente impede o declínio da temperatura da folha exposta, não ocorrendo o mesmo com a sombreada, que não se expõe tanto ao efeito do vento.

A temperatura da folha sombreada foi sempre inferior à temperatura do ar à noite e, algumas vezes, igual ou superior durante o dia. Por outro lado, a temperatura da folha exposta manteve-se abaixo da do ar, no período noturno, apenas no quarto período (Figura 5), oscilando em torno desta nos outros três períodos, o que também pode ser explicado pela ação do vento. Durante o dia, a temperatura da folha exposta manteve-se quase sempre superior à do ar, ultrapassando em alguns instantes os 40°C.

4.2. Umidade Relativa

A comparação de umidade relativa, calculada a partir das leituras no psicrômetro padrão com as umidades relativas fornecidas pelos termoigrógrafos, foi importante, pois os

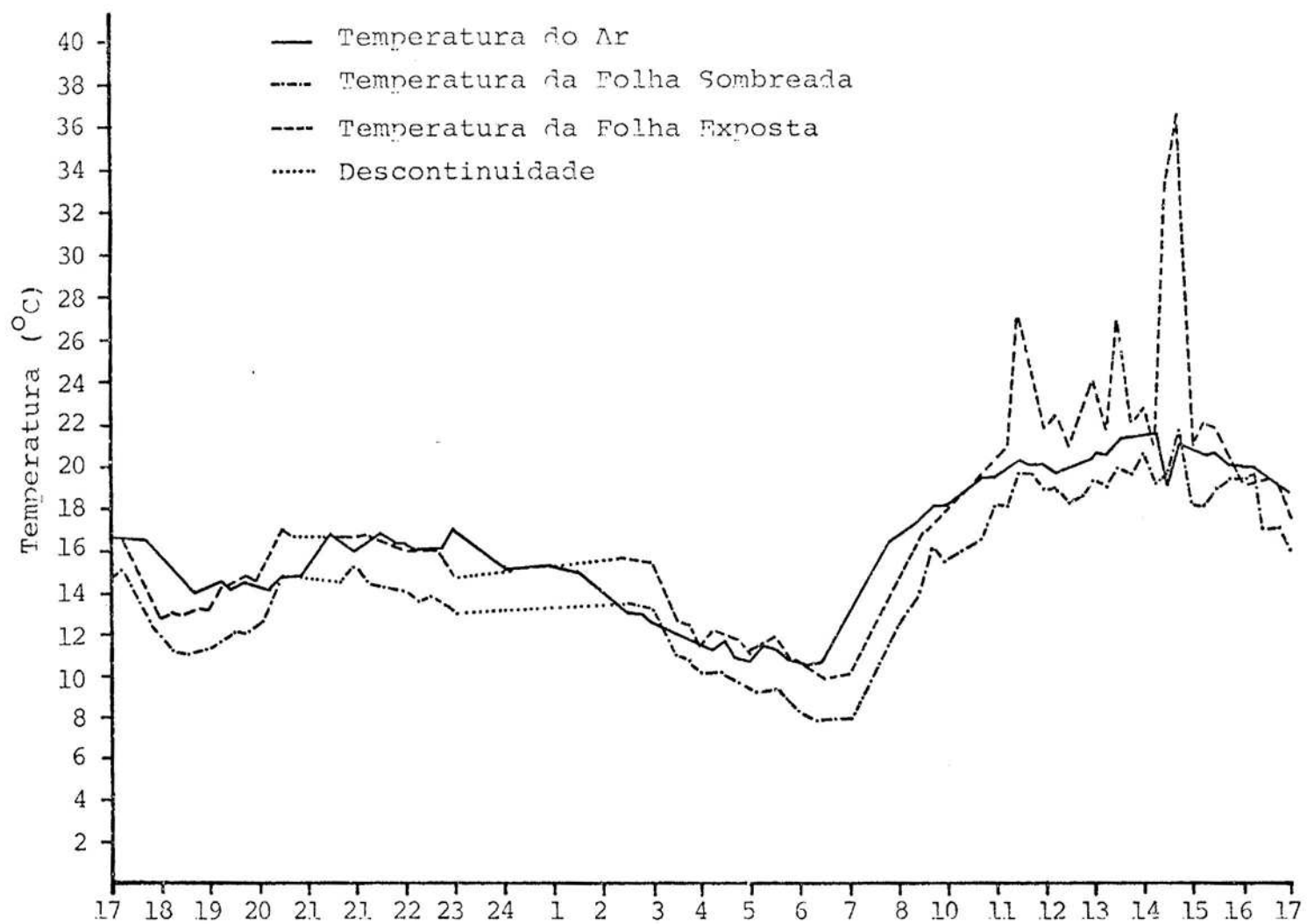


FIGURA 2 - Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar, para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 23 e 24 de Julho de 1985.

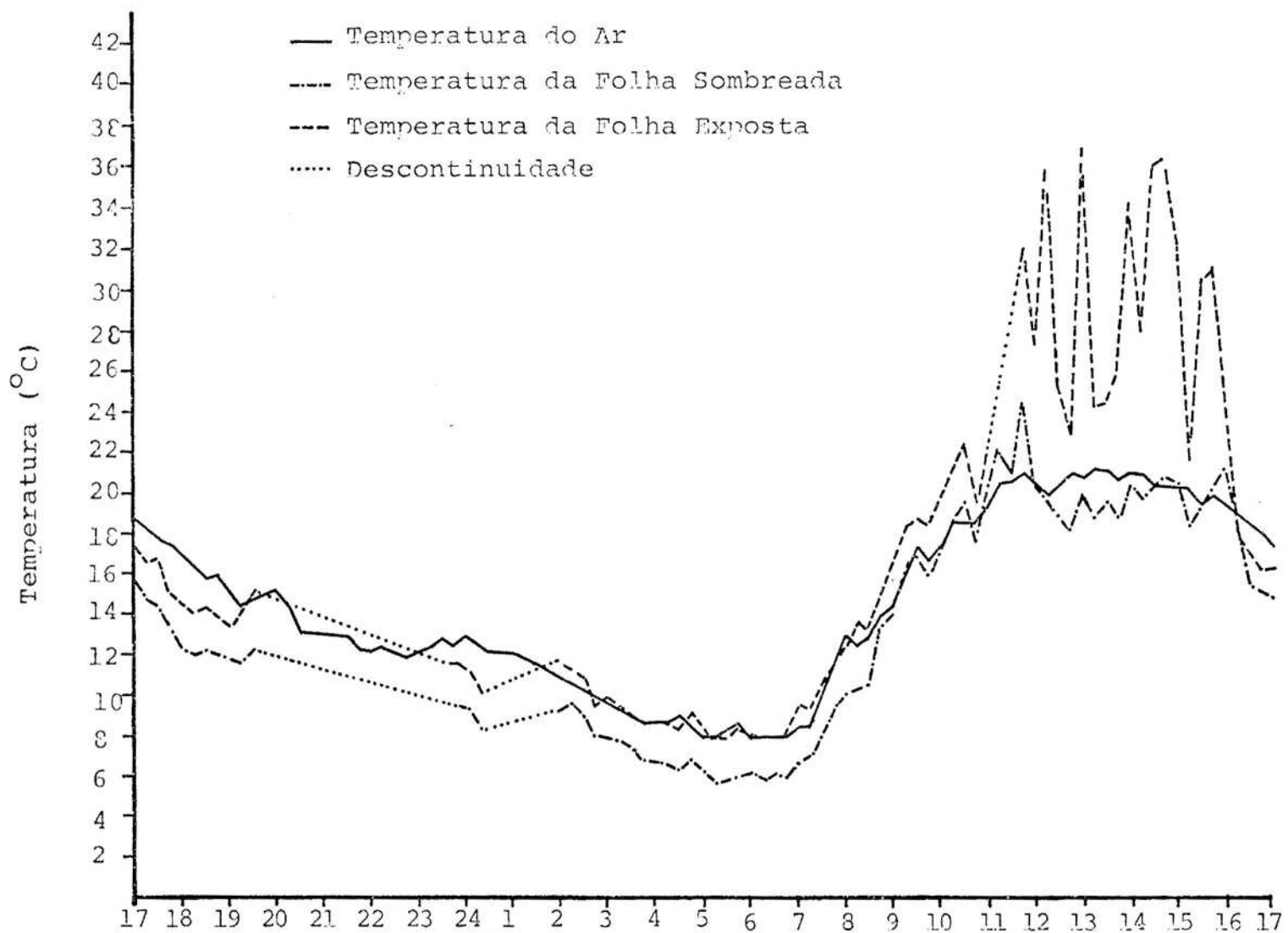


FIGURA 3 - Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar, para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 24 e 25 de Julho de 1985.

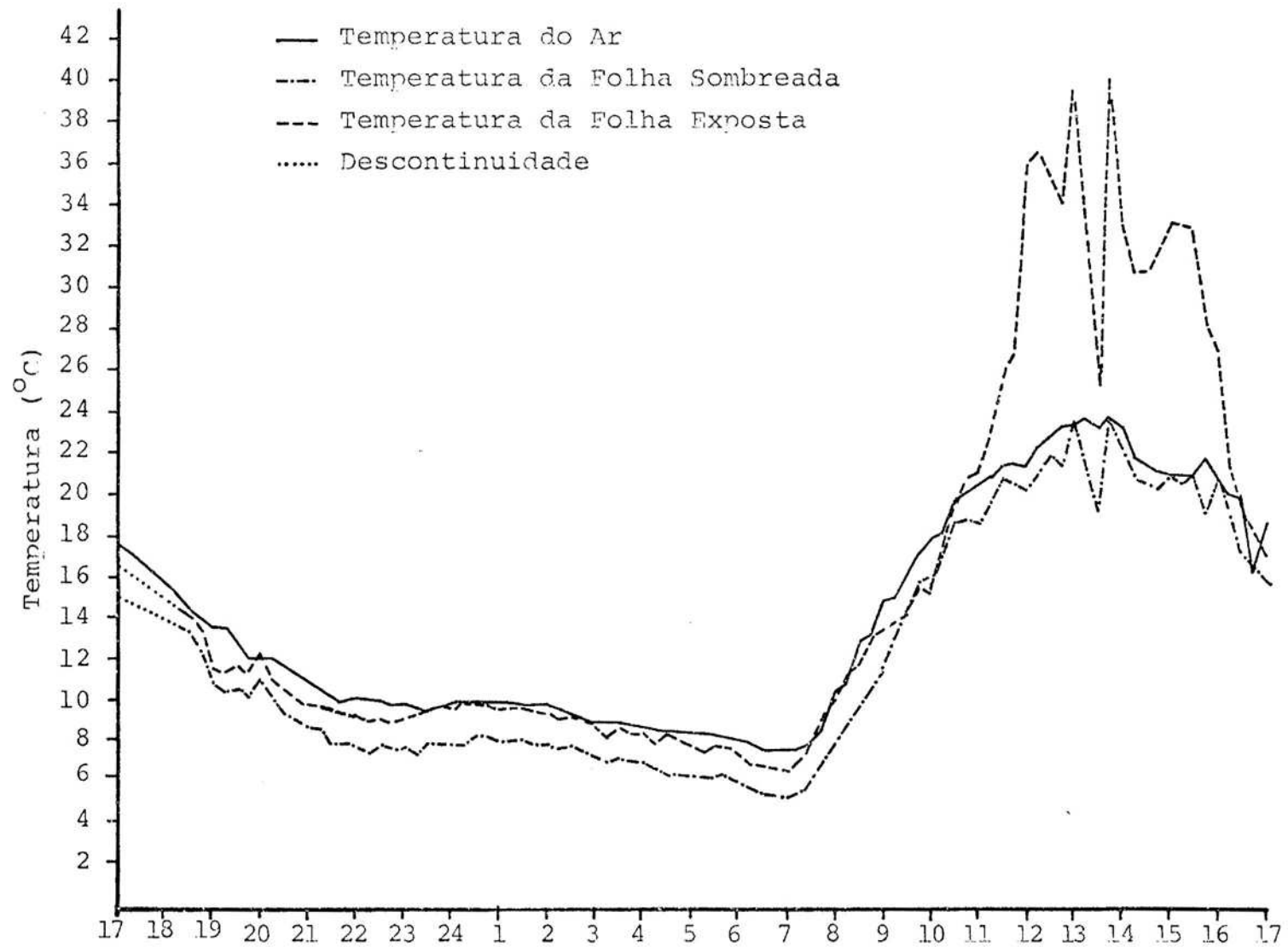


FIGURA 4 - Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar, para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 25 e 26 de Julho de 1985.

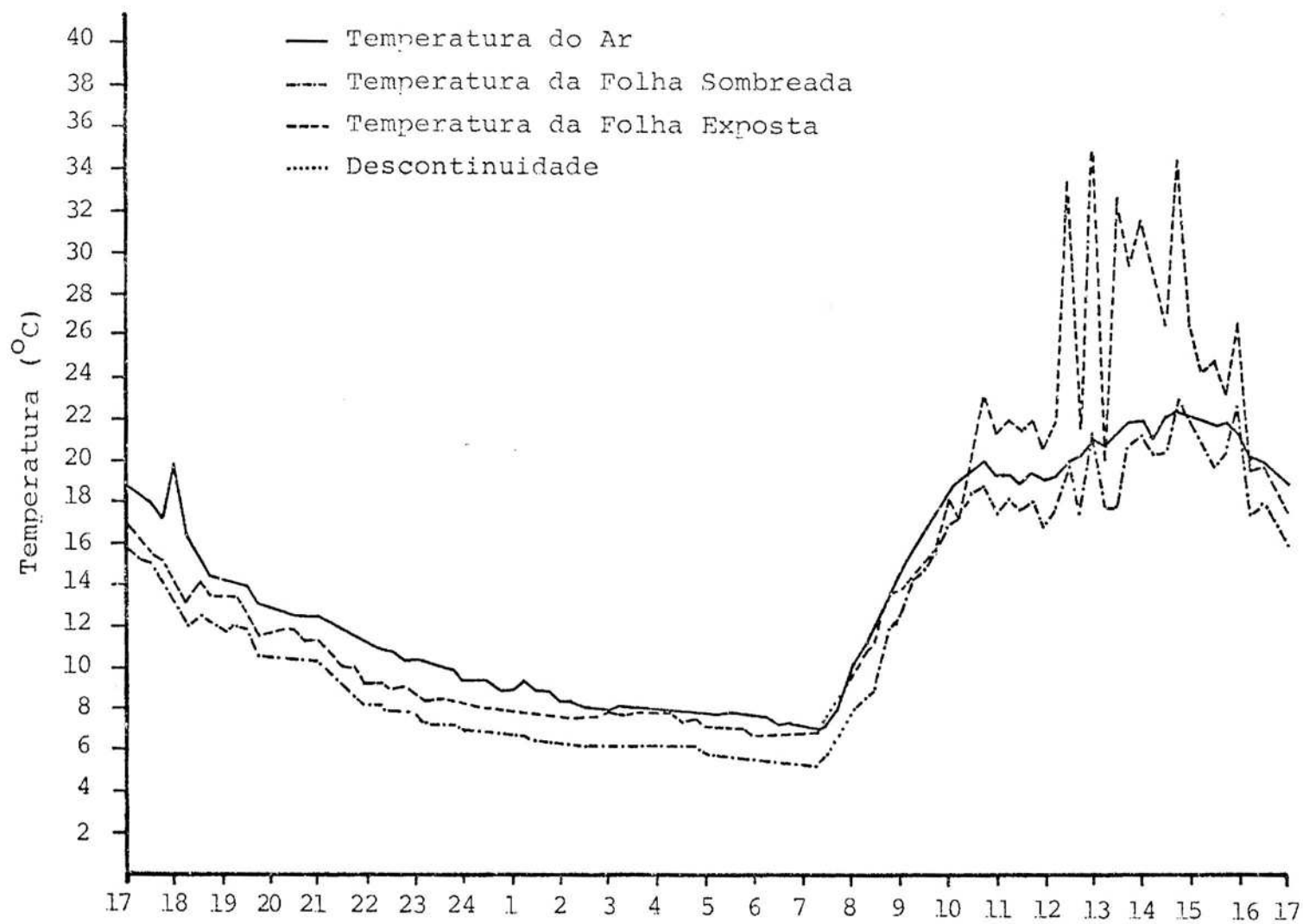


FIGURA 5 - Marcha Diária da Temperatura da Folha e da Temperatura do Ar, para a Cultura de Café, Obtida nos Dias 26 e 27 de Julho de 1985.

resultados mostram mais uma vez que é necessário desenvolver uma equação de calibração para o aparelho em uso.

As equações desenvolvidas para os dois termoigrógrafos utilizados neste trabalho foram:

$$UR = 11,91 + 0,896 UR_{TH_1}, \quad r^2 = 0,88, \quad \text{eq. 16}$$

$$UR = 9,962 + 0,914 UR_{TH_2}, \quad r^2 = 0,90, \quad \text{eq. 17}$$

em que:

UR = umidade relativa no psicrômetro padrão;

UR_{TH_1} = umidade relativa do termoigrógrafo 1; e

UR_{TH_2} = umidade relativa do termoigrógrafo 2.

4.3. Período de Molhamento Foliar

O Quadro 1 mostra os resultados do período de molhamento foliar para os diversos processos, em que T_{f_1} e T_{f_2} são as temperaturas foliares calculadas através dos registros dos termoigrógrafos.

O P_{mf} para o primeiro período, ou seja, do dia 23 para o dia 24, foi muito pequeno.

Os resultados do 2º e do 3º período para a folha sombreada foram bem coerentes com os períodos observados.

No 4º período, o P_{mf} observado foi bem inferior em relação ao calculado. Essa diferença foi principalmente em razão do instante de início do P_{mf} . Possivelmente a condensação tenha iniciado em torno das 20 horas, mas não foi possível detectá-la visualmente. Possivelmente a ocorrência de ventos, que foi observada desde às 19 horas e quarenta e cinco minutos até às 20 horas e quarenta e cinco minutos, em todas as medições e na medida das 21 horas e quinze minutos, pode

QUADRO 1 - Período de Molhamento Foliar, em Horas, para a Cultura de Café, para Diversos Processos

Dia		Observações Visuais			Calculado			Circuito	Aspergígrafo
		Dossel	Folha Sombreada	Folha Exposta	T _{fs}	T _{f1}	T _{f2}		
23-24	Início	2:45	2:45	2:45	5:00	3:30	3:30	2:45	3:30
	Término	9:05	9:05	8:30	9:56	9:17	9:18	7:45	8:45
	Período	6:20	6:20	5:45	4:56	5:47	5:48	5:00	5:15
24-25	Início	20:30	20:30	20:30	20:30	21:30	20:00	-	21:00
	Término	10:40	8:55	8:55	9:06	9:24	9:13	-	8:30
	Período	14:10	12:25	12:25	12:36	11:54	13:13	-	11:30
25-26	Início	20:30	20:30	20:30	20:30	20:30	20:30	21:00	21:00
	Término	10:40	10:30	10:30	10:19	8:51	9:00	8:30	8:50
	Período	14:10	14:00	14:00	13:49	12:21	12:30	11:30	11:50
26-27	Início	21:30	21:30	21:30	19:45	20:00	20:00	21:30	21:30
	Término	10:30	9:15	10:22	9:45	9:15	9:51	7:30	8:15
	Período	13:00	11:45	12:52	14:00	13:15	13:51	10:00	10:45

ter favorecido a evaporação da água condensada nos intervalos das observações (15 minutos). Nota-se ainda que o dispositivo elétrico (circuito) e o aspergígrafo só registraram a presença de umidade quando esta foi observada visualmente.

Comparando os resultados dos P_{mf} calculados para as temperaturas T_{f1} , T_{f2} e T_{f3} , observa-se que há uma boa concordância entre eles.

O circuito elétrico e o aspergígrafo apresentaram P_{mf} sempre inferior aos observados. É importante notar que esses dois processos foram razoavelmente coerentes, quanto ao início do molhamento, e indicaram sempre o término primeiro que os outros métodos. Esse registro diferencial já era esperado, pois trata-se de corpos com características físicas diferentes das folhas.

Foi feita uma análise de variância para os P_{mf} observados na folha sombreada, calculados, observados no circuito e registrados no aspergígrafo. Pelo teste F, os tratamentos diferiram significativamente ao nível de significância igual a 5%. Aplicando o teste de Tukey, a média das observações visuais diferiu apenas da média para os dados do circuito, também a 5% de significância.

Correlacionaram-se os P_{mf} das observações visuais com os outros tratamentos citados acima, encontrando os coeficientes mostrados no Quadro 2. Os resultados são muito bons,

QUADRO 2 - Coeficientes de Correlação entre os P_{mf} das Observações Visuais para a Folha Sombreada, com os Diversos Tratamentos

	T_{fs}	T_{f2}	T_{f3}	Circuito	Aspergígrafo
r	0,91	0,92	0,82	0,99	0,97

pois os valores de r foram elevados. A melhor correlação ocorreu exatamente para o tratamento cuja média diferiu, pelo

teste de Tukey, da média do P_{mf} observado. Isso mostra que, apesar da diferença entre os métodos, o P_{mf} observado no circuito manteve um padrão na diferença com o P_{mf} observado. Assim, um dispositivo desse tipo pode ser desenvolvido e aperfeiçoado para se obter o P_{mf} , por meio de uma equação de regressão. O fato de não se ter incluído o P_{mf} das observações do dossel e da folha exposta não causa nenhum transtorno, pois foi feita uma análise de variância entre as três observações visuais, e não houve diferença significativa entre os tratamentos a um nível de significância de 5%.

Os gráficos das Figuras 6, 7, 8 e 9 mostram a variação da temperatura da folha sombreada, do ponto de orvalho e da umidade relativa para os quatro períodos. Nota-se que a partir do instante em que T_{fs} tornava-se inferior à T_d iniciava-se o processo de condensação na folha, e o T_{fs} voltaria a ser superior a T_d somente ao amanhecer. Esses gráficos evidenciam a relação existente entre a umidade relativa e a formação de orvalho. Na primeira noite, a umidade relativa manteve-se acima de 80% somente a partir das duas horas, enquanto a formação de orvalho começou às duas horas e quarenta e cinco minutos. Nas três noites seguintes, evidenciou-se a mesma relação, ou seja, a condensação iniciava sempre que a umidade relativa ultrapassava a 80%.

Pelas observações realizadas na Estação Climatológica Principal da Universidade Federal de Viçosa, do dia 23 ao dia 27 de julho de 1985 (Apêndice F), nota-se que a nebulosidade influenciou em muito no período de molhamento da primeira noite. Em virtude do alto índice de nebulosidade nessa noite, a temperatura foliar não caiu muito, o que retardou o início da condensação.

O valor do comprimento efetivo da folha, empregado para o cálculo do coeficiente de transporte de calor sensível, foi de 10 cm. Em razão da incerteza da validade do procedimento empregado, calculou-se o fluxo de calor latente, que depende do coeficiente de transporte de calor sensível, para os valores de D iguais a 8 e a 12 cm. O Quadro 3 é um resumo dos resultados encontrados. Em termos relativos, a diferença encontrada para os fluxos de calor latente não foi grande.

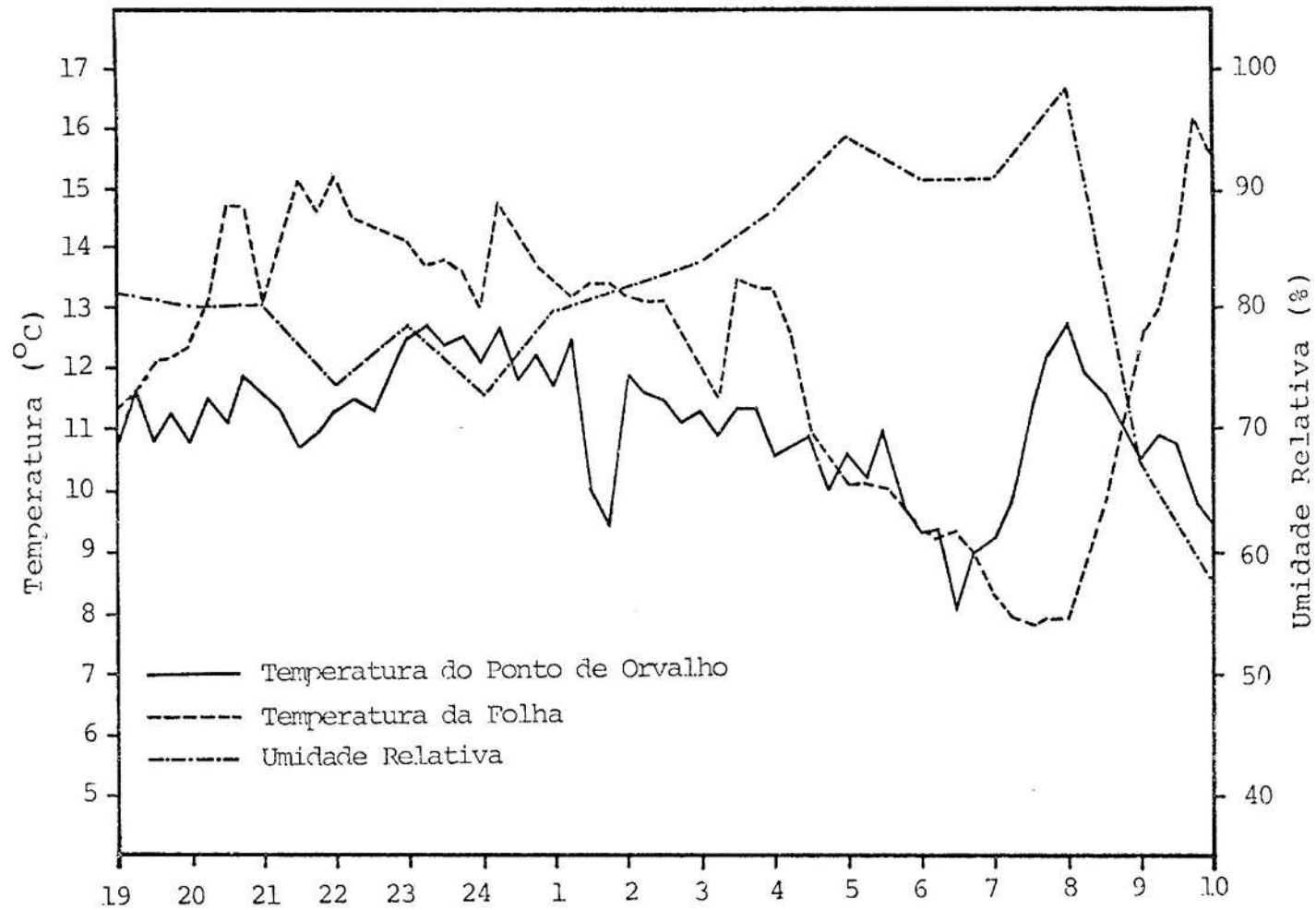


FIGURA 6 - Marcha Horária da Temperatura da Folha, Sombreada do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de Café, nos Dias 23 e 24 de Julho de 1985.

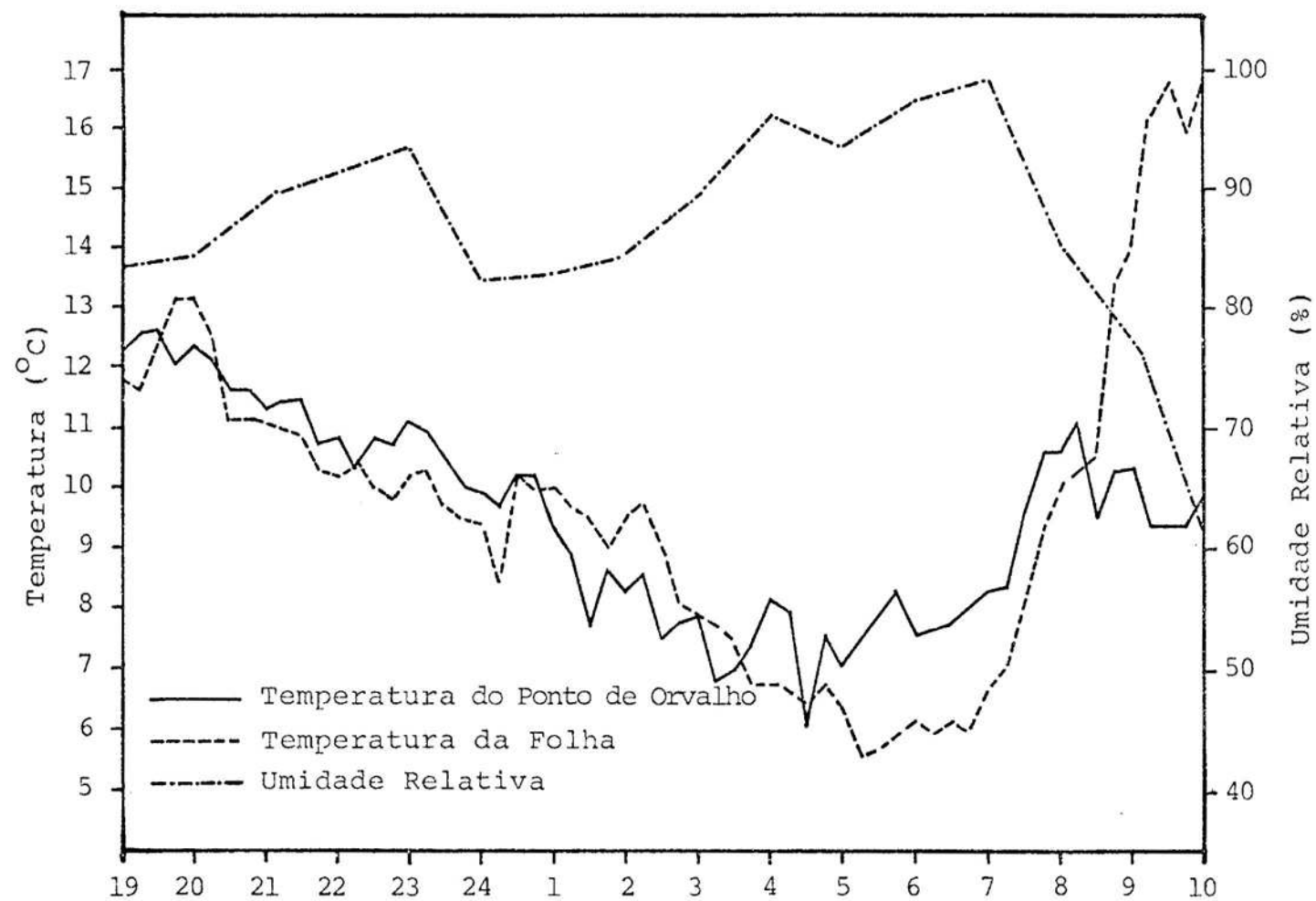


FIGURA 7 - Marcha Horária da Temperatura da Folha Sombreada, do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de Café, nos Dias 24 e 25 de Julho de 1985.

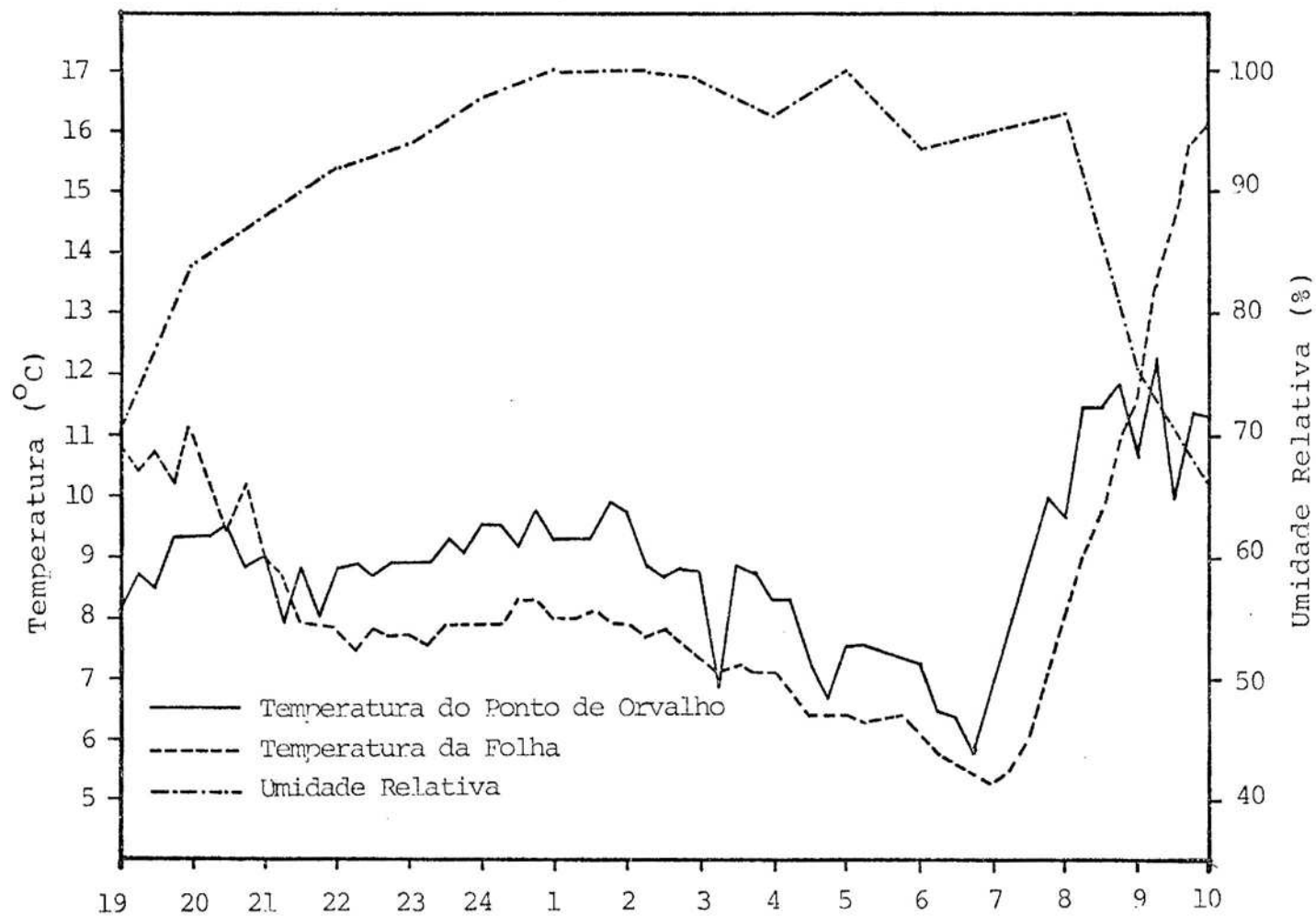


FIGURA 8 - Marcha Horária da Temperatura da Folha Sombreada, do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de Café, nos Dias 25 e 26 de Julho de 1985.

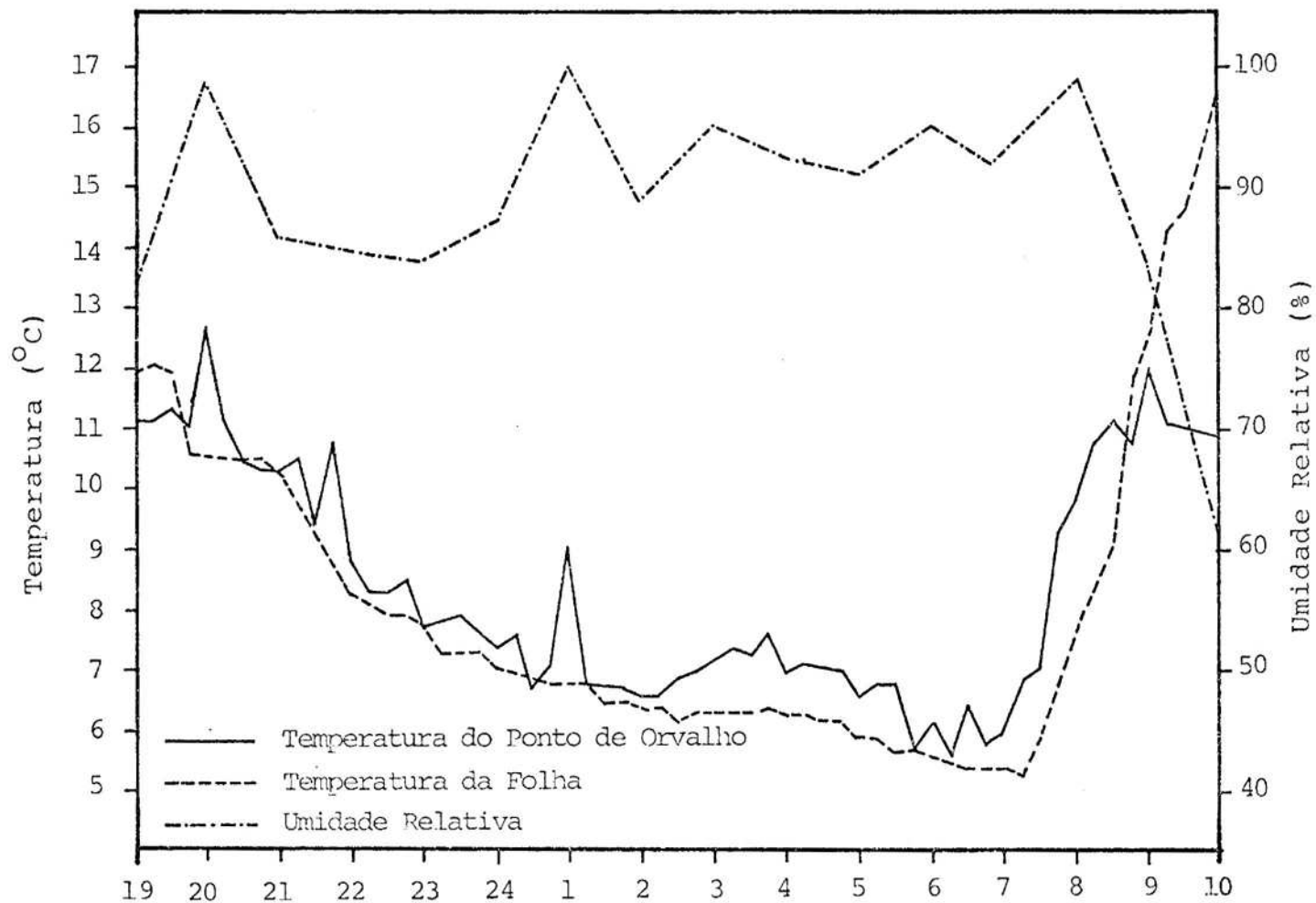


FIGURA 9 - Marcha Horária da Temperatura da Folha Sombreada, do Ponto de Orvalho e da Umidade Relativa, para a Cultura de Café, nos Dias 26 e 27 de Julho de 1985.

QUADRO 3 - Fluxo de Calor Latente, em Wm^{-2} , Calculado, Considerando Três Valores de Comprimento Efetivo da Folha de Café, para o Dia 26 de Julho de 1985

Hora	Comprimento Efetivo (cm)		
	8	10	12
9:00	- 8,43	- 7,54	- 6,88
9:15	-30,46	-27,25	-24,87
9:30	-10,00	- 8,95	- 8,17
9:45	-10,80	- 9,66	- 8,82
10:00	-51,39	-45,96	-41,96
10:15	-62,33	-55,75	-50,88
10:30	-40,36	-36,12	-32,95
10:45	-58,49	-52,33	-47,76
Média	-34,03	-30,44	-27,79

Para comparar os três valores de D, calculou-se o P_{mf} para os quatro períodos, e o Quadro 4 apresenta os resultados. A análise de variância pelo teste F mostrou-se significativo ao nível de 5% de significância e, pelo teste de Tukey, houve diferença significativa entre as três médias, também a 5% de significância. Por outro lado, considerando-se os P_{mf} encontrados para D igual a 10 cm, a maior diferença nos quatro períodos foi de 12 minutos, do dia 25 para o dia 26, em relação ao valor de D igual a 12 cm. Ora, se o período de molhamento foliar nesse dia foi em torno de 14 horas, 12 minutos não pareceu ser uma diferença tão grande.

Apesar dos bons resultados encontrados para o P_{mf} calculado em relação ao observado, algumas considerações devem ser feitas. Como foi dito inicialmente, dividiu-se a planta em três partes, instalando-se os termopares em ramos do terço médio na quarta folha, de fora para dentro. Apesar da redução da amplitude de variação da temperatura ao limitar-se apenas ao terço médio da planta, sabe-se que mesmo assim a temperatura ainda varia, pois neste trabalho foram encontrados valores diferentes entre as folhas sombreadas e exposta.

QUADRO 4 - Período de Molhamento Foliar, em Horas, Calculado para Três Valores do Comprimento Efetivo da Folha, para os Dados de Temperatura da Folha Sombreada

	Dia 23/24			Dia 24/25			Dia 25/26			Dia 26/27		
D (cm)	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8	10	12
Período de Molhamento	4:48	4:56	5:02	12:33	12:36	12:40	13:39	13:49	14:01	13:52	14:00	14:09

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A parcela experimental foi definida em um talhão de cafeeiro de 60 x 15 m, formado por 32 linhagens, com 15 anos de idade, altura média de 2 metros e espaçamento de 1,80 m x 2,80 m. Essa parcela está localizada no "Campus" da Universidade Federal de Viçosa.

Coletaram-se os dados no campo, do dia 23 ao dia 27 de julho de 1985, sendo as medidas tomadas em intervalos de 15 minutos. Mediram-se as temperaturas de bulbos seco e úmido e a velocidade do vento. Registrou-se a temperatura foliar por meio de dois termopares instalados em duas folhas, uma sombreada e outra exposta. Instalaram-se dois termoigrógrafos em um abrigo meteorológico, colocado no interior da parcela. Utilizaram-se, ainda, um circuito elétrico e um aspergígrafo para detectar a presença de umidade nas folhas. Fizeram-se observações visuais das folhas sombreadas e expostas e do dossel, para determinar, dessa maneira, o período de molhamento foliar.

Com os dados das temperaturas do psicrômetro, calcularam-se o ponto de orvalho e a umidade relativa. Comparando a temperatura foliar com o ponto de orvalho, determinaram-se o início e o término da condensação na superfície foliar.

Desenvolveram-se equações de regressão entre as temperaturas da folha, do bulbo seco e dos termoígrafos, com a finalidade de calcular a temperatura foliar indiretamente.

A quantidade de água condensada, por unidade de área foliar, foi estimada pelo processo de pesagens, em laboratório. O tempo gasto para essa água evaporar totalmente foi calculado por meio do fluxo de calor latente e calor sensível. Calcularam-se esses fluxos, empregando-se os coeficientes de transporte de calor sensível e calor latente.

O período de molhamento foliar foi, portanto, a soma do número de horas em que ocorria a condensação e o tempo gasto para evaporar totalmente a água condensada na superfície foliar. Dessa maneira, calculou-se o P_{mf} para a temperatura da folha sombreada e para a temperatura foliar obtida indiretamente dos registros dos termoígrafos e, ainda, obtiveram-se os P_{mf} de observações visuais, no aspergígrafo e no circuito elétrico.

Fez-se uma análise de variância, e o teste F mostrou uma diferença significativa entre os tratamentos, mas, pelo teste de Tukey, a média do P_{mf} da folha sombreada, encontrado pelas observações visuais, considerada a mais correta, diferiu apenas da média do circuito, ao nível de significância igual a 5%.

Com base nos resultados, pode-se concluir o seguinte:

- a temperatura de folhas sombreadas durante a noite é inferior à temperatura ambiente, em torno de $2,5^{\circ}\text{C}$. Durante o dia, as folhas expostas podem atingir valores superiores até a 15°C em relação à temperatura ambiente;

- o aspergígrafo mostrou-se eficiente para detectar o início do molhamento foliar, porém a evaporação neste aparelho sempre encerrava-se primeiro que nas folhas, indicando, portanto, um P_{mf} menor que o observado;

- o circuito elétrico teve comportamento semelhante ao do aspergígrafo;

- o fluxo de calor latente tornava-se sempre positivo quando $T_f \leq T_d$ e negativo quando $T_f \geq T_d$, sendo coerente com o fenômeno físico da evaporação e da condensação;

- os termoigrógrafos apresentaram resultados razoavelmente bons, sendo recomendável o desenvolvimento de uma equação de calibração específica para cada aparelho, antes de efetuar-se as medidas no campo, utilizando-se para tal um psicrômetro padrão;

- é possível calcular a temperatura foliar indiretamente, por meio do registro da temperatura do ar em termôgrafos ou lidas em termômetros;

- o período de molhamento foliar depende diretamente da umidade relativa, e sempre que esta ultrapassava a 80%, iniciava-se a condensação e, encerrando-se o P_{mf} , a umidade relativa estava por volta de 70%; e

- o valor do comprimento efetivo da folha, com desvio de mais ou menos 2 cm, considerado como a raiz quadrada do produto do comprimento pela largura, não alterou significativamente o P_{mf} .

6. RECOMENDAÇÃO

À luz dos resultados anteriores, é possível conhecer, com boa precisão, o início e o término da condensação, dispondo apenas de um termômetro de bulbo seco e outro de bulbo úmido, ou de um termoigrógrafo, procedendo-se da seguinte maneira:

1. com os termômetros, medem-se as duas temperaturas, no interior de um abrigo instalado no cafezal;

2. com esses dados e o gráfico da Figura 10, encontra-se a umidade relativa ou obtêm-se esta umidade diretamente no termoigrógrafo;

3. com a temperatura de bulbo seco ou a temperatura do termoigrógrafo, pelo Quadro 5, obtêm-se a temperatura foliar;

4. volta-se novamente à Figura 10 e encontra-se a temperatura do ponto de orvalho;

5. se a temperatura da folha for inferior ou igual ao ponto de orvalho, isso indica que a condensação já começou. No vas leituras devem ser feitas para verificar se o processo de condensação está se mantendo. A umidade relativa é um bom indicador, pois se esta se mantiver acima de 80%, provavelmente está havendo a condensação;

6. pela manhã, fazer novas leituras, e ao constatar que a temperatura da folha é igual ou superior à temperatura do ponto de orvalho será o sinal de que o processo de condensação já se encerrou; e

7. neste trabalho, constatou-se que o período médio gasto para evaporar toda a água condensada na superfície foliar foi de uma hora. Dessa maneira, o P_{mf} seria o número de horas em que a temperatura foliar foi menor ou igual ao ponto de orvalho, mais uma hora. É bom lembrar que este trabalho é específico para aquela parcela experimental e para o mês de julho.

Como aplicação, consideraram-se a noite do dia 24 e a manhã do dia 25. Tomaram-se as leituras das 20 às 22 horas e das sete às oito horas e trinta minutos, para se detectarem o início e o final da condensação. Com esses dados, encontraram-se, através do gráfico da Figura 10 e do Quadro 5, a umidade relativa, o ponto de orvalho e a temperatura foliar. Esses resultados são mostrados a seguir:

Hora	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Umidade Relativa (%)	Ponto de Orvalho	Temperatura Foliar
20:00	15,0	13,4	85	12,4	13,1
20:30	13,1	12,2	91	11,1	11,1
21:00	13,0	12,0	91	11,1	11,0
21:30	12,9	12,0	92	11,0	10,9
22:00	12,2	11,4	93	10,9	10,1
7:00	8,5	8,4	98	8,0	6,2
7:30	10,0	9,8	98	9,6	7,8
8:00	13,0	11,6	88	10,5	11,0
8:30	13,0	11,0	80	9,4	11,0

Nota-se que o item das 20 horas e 30 minutos, conforme especificado acima, $T_f \leq T_d$, indica que estava iniciando-se a condensação na superfície foliar e o das oito horas, $T_f \geq T_d$, o término da condensação. As leituras feitas após as vinte horas e trinta minutos serviram para confirmar que o processo estava se mantendo. Dessa maneira, pode-se afirmar que o período de molhamento foliar para essa noite foi de onze horas e trinta minutos, que foi o período de condensação na superfície foliar, mais uma hora para evaporar toda a água conden

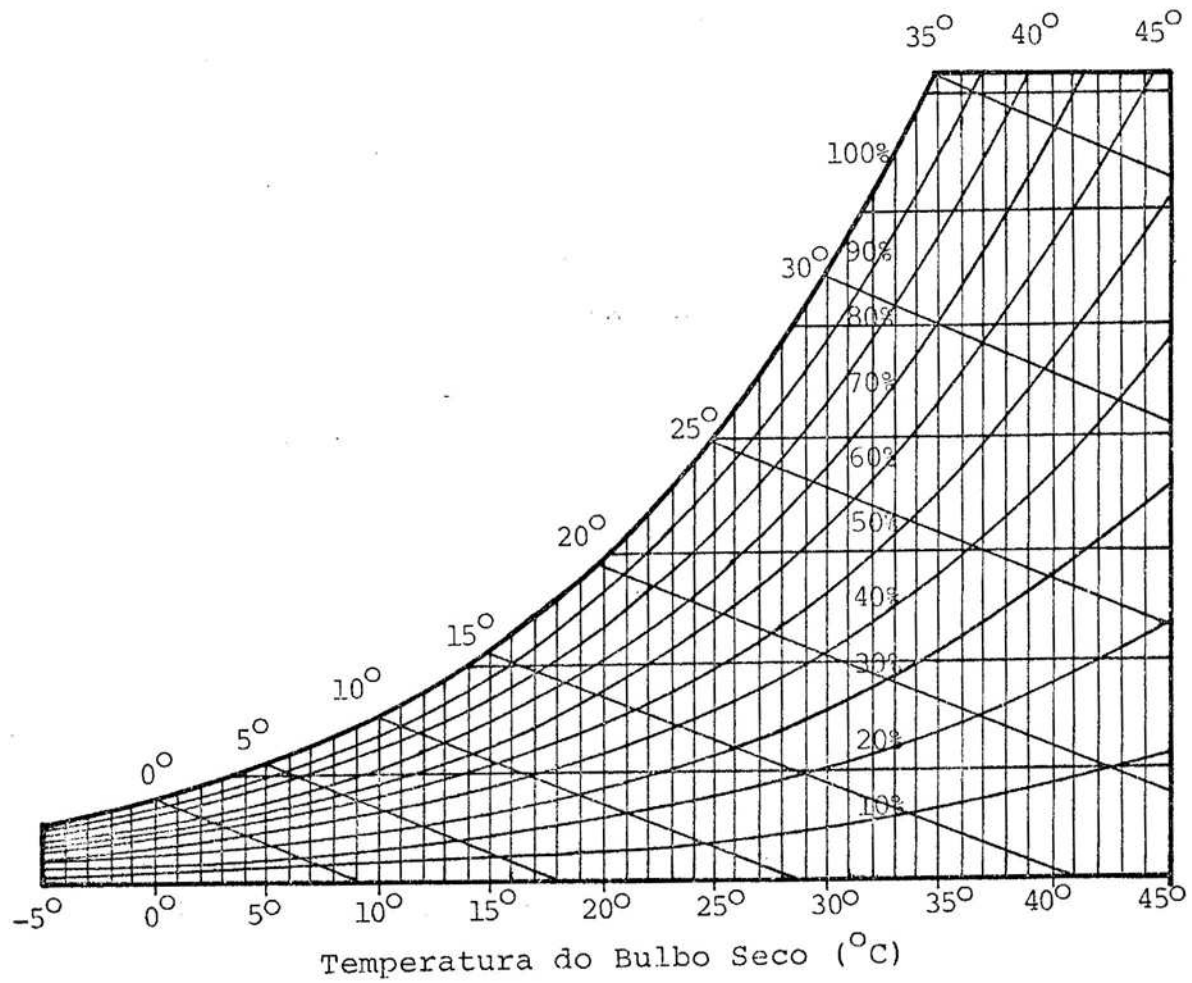


FIGURA 10 - Gráfico Psicrométrico Simplificado.

QUADRO 5 - Conversão da Temperatura do Ar em Temperatura da Folha do Cafeeiro para a Folha Sombreada*

Temperatura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
6	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
7	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,6
8	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6
9	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7
10	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7
11	8,8	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8
12	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,8	10,9
13	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9
14	12,0	12,1	12,2	12,3	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0
15	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,8	13,9	14,0
16	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	15,7	14,8	14,9	15,0	15,1
17	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,9	16,0	16,1	16,2
18	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2
19	17,3	17,4	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	17,1	18,2	18,3
20	18,4	18,5	18,6	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,3	19,4
21	19,5	19,6	19,7	19,8	19,9	20,0	20,1	20,2	20,3	20,4
22	20,5	20,6	20,7	20,8	21,0	21,1	21,2	21,3	21,4	21,5
23	21,6	21,7	21,8	21,9	22,0	22,1	22,2	22,3	22,4	22,5
24	22,7	22,8	22,9	23,0	23,1	23,2	23,3	23,4	23,5	23,6
25	23,7	23,8	23,9	24,0	24,1	24,2	24,3	24,5	24,6	24,7
26	24,8	24,9	25,0	25,1	25,2	25,3	25,4	25,5	25,6	25,7
27	25,8	25,9	26,0	26,2	26,3	26,4	26,5	26,6	26,7	26,8
28	26,9	27,0	27,1	27,2	27,3	27,4	27,5	27,6	27,7	27,9

(Cont...)

QUADRO 5 - Cont.

Temperatura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	28,0	28,1	28,2	28,3	28,4	28,5	28,6	28,7	28,8	28,9
30	29,0	29,1	29,2	29,3	29,4	29,6	29,7	29,8	29,9	30,0
31	30,1	30,2	30,3	30,4	30,5	30,6	30,7	30,8	30,9	31,0
32	31,1	31,3	31,4	31,5	31,6	31,7	31,8	31,9	32,0	32,1
33	32,2	32,3	32,4	32,5	32,6	32,7	32,8	33,0	33,1	33,2
34	33,3	33,4	33,5	33,6	33,7	33,8	33,9	34,0	34,1	34,2
35	34,3	34,4	34,5	34,7	34,8	34,9	35,0	35,1	35,2	35,3

*Observação: O Quadro foi elaborado, tomando-se por base a equação de regressão $T_f = -2,788 + 1,062 T_a$. Esta equação, por seu turno, foi ajustada com base em dados simultaneamente observados no interior do abrigo meteorológico (temperatura do ar) e na face inferior da quarta folha, de fora para dentro, em um ramo do terço médio do cafeeiro, em Viçosa-MG.

Leitura da Temperatura Foliar: no quadro acima, a primeira coluna representa a parte inteira da temperatura do ar e a primeira linha, a parte fracionária. A interseção desses dois valores dará a temperatura foliar correspondente.

sada. Assim, encontrou-se um P_{mf} de doze horas e trinta minutos, diferindo de apenas cinco minutos do P_{mf} observado para a folha sombreada (vide Quadro 1).

Apesar da incerteza na precisão da temperatura foliar medida neste trabalho, acredita-se que o processo, ora apresentado, é viável e resulta em uma boa estimativa para a obtenção do P_{mf} .

Para que o modelo aqui apresentado se torne operacional, é imprescindível ampliar a pesquisa em vários sentidos, dentre os quais destacam-se a tomada de dados em diferentes locais, épocas do ano e partes da planta; o aumento e a distribuição mais racional do número de plantas a serem pesquisadas e o uso de equipamentos mais confiáveis. Somente com a coleta de dados mais ampla e rigorosa será possível chegar a modelos operacionais incontestavelmente válidos. Por isso, recomenda-se a ampliação desta pesquisa com base nas conclusões anteriormente apresentadas.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. AKUTSU, M. *Relação de funções climáticas e bióticas com a taxa de infecção de ferrugem do cafeeiro. Hemileia Vastatrix*. Berk. et Br., Viçosa, Imprensa Universitária, 1980. 63 p. (Tese M.S.)
2. AMERICAN SOCIETY OF HEATING & REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. *Handbook 1977, Fundamentals*. New York, 1978. 760 p.
3. BENNETT, C.O. & MYERS, J.E. *Fenômenos de transporte*. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 1978. 822 p.
4. BRUNINI, O. *Uso da técnica psicrométrica para determinação do potencial de água em sistemas biológicos*. Campinas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. 17 p. (Boletim Técnico.)
5. CAMPBELL, G.S. *An introduction to environmental Biophysics*. New York, Springer-Verlag New York INC., 1977. 159 p.
6. CHANG, HEN-HU. *Climate and agriculture: an ecological survey*. Chicago, Aldine Publishing Company, 1968. 304 p.
7. CHAVES, G.M.; FILHO, J.C.; CARVALHO, M.G.; MATSUOKA, K.; COELHO, D.T.; SHIMOYA, C. *A ferrugem do cafeeiro (Hemileia Vastatrix), revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil*. *Revista Seiva*, 20:1-75, 1970 (Edição Especial.)
8. HESS, S.L. *Introduction to theoretical meteorology*. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1959. 362 p.

9. HOLMAN, J.P. *Transferência de calor*. São Paulo, Mc Graw Hill do Brasil, 1983. 639 p.
10. JENSEN, M.E. *Consumptive use of water and irrigation water requirements*. New York, American Society of Civil Engineers, 1973. 215 p.
11. KREITH, F. *Princípios da transmissão de calor*. São Paulo, Editora Edgar Blücher Ltda., 1977. 550 p.
12. KUSHALAPPA, A.C. Modelos de regressão e de "path" para a taxa de desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 5:411, 1980.
13. LINACRE, E.T. Leaf temperatures, diffusion resistances, and transpiration. *Agricultural Meteorology*, 10:365-82, 1972.
14. LIST, R.J. *Smithsonian meteorological tables*. Washington, Smithsonian Institution Press, 1971. 527 p.
15. MONTEITH, J.L. & BUTLER, D.R. Dew and thermal lag: a model for cocoa pods. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*. 105:207-15, 1979.
16. MONTEITH, J.L. Dew. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 83:322-41, 1957.
17. MONTEITH, J.L. *Vegetation and the atmosphere*. London, Academic Press, 1975. v.1. 278 p.
18. MONTOYA, R.H. & CHAVES, G.M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia Vastatrix*. Berk et Br. *Revista Experimentiae*, 18:240-66, 1974.
19. MOTA, F.S. & AGENDES, M.O.O. *Uso do higrôgrafo na avaliação do período de molhamento de plantas em séries climatológicas históricas*. Pelotas, Anais do II congresso brasileiro de agrometeorologia, 1981. p.219-25.
20. MOTA, F.S. *Meteorologia agrícola*. São Paulo, Livraria Nobel S.A., 1975. 376 p.
21. NOBEL, P.S. *Biophysical plant physiology*. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1974. 488 p.
22. OLIVEIRA, M.C.F. *Aspectos experimentais e teóricos de um estudo micrometeorológico sobre superfície gramada (Paspalum notatum L.)*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1983. 145 p. (Tese M.S.)
23. PEDRO Jr., M.J. & GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration utilizing micrometeorological data. *Agricultural Meteorology*, 25:283-96, 1982.

24. SEARS, F.; ZEMANSKY, M.W.; YOUNG, H.D. *Física: Mecânica dos fluidos, calor e movimento ondulatório*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984. 510 p.
25. SELLERS, W.D. *Physical climatology*. Chicago, the university of Chicago Press, 1965. 272 p.
26. SISSOM, L.E. & PITTS, D.R. *Fenômenos de transporte*. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1979. 765 p.
27. SUTTON, O.G. *Micrometeorology*. New York, Mc Graw-Hill Book Co., 1953. 333 p.
28. TERRONES, T.A.H. *Avaliação de modelo de previsão da ferrugem do cafeeiro para determinar épocas de aplicação de fungicida*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1984. 68 p. (Tese M.S.)
29. VALLECILLO, S.H.O. *Efeitos de fatores biológicos e climáticos sobre o desenvolvimento da ferrugem (Hemileia Vastatrix. Berk. et Br.) do cafeeiro*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1980. 57 p. (Tese M.S.)
30. VENTURA, J.A. *Modelos de previsão de mal de sigatoka em bananeiras da cultivar prata*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1984. 92 p. (Tese M.S.)

APÊNDICES

APÊNDICE A

CÁLCULO DA UMIDADE RELATIVA

Com os dados de temperatura dos bulbos seco e úmido e da pressão atmosférica local, calculou-se a pressão atual de vapor para o ar, para psicrômetro ventilado, pela equação (14):

$$e = e_w - [0,000660(1 + 0,00115t_w)] P(t - t_w), \quad A.1$$

em que:

- e = pressão atual de vapor (mb);
- e_w = pressão de saturação de vapor à temperatura de bulbo úmido obtida em tabelas de vapor de água saturado (mb);
- t_w = temperatura do termômetro de bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$);
- t = temperatura do termômetro de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$);
- P = pressão atmosférica local (mb).

Com a temperatura do termômetro de bulbo seco e com a utilização das tabelas de pressão de saturação de vapor, calculou-se a umidade relativa, pela equação:

$$UR = \frac{e}{e_s} \times 100, \quad A.2$$

em que:

e = pressão atual de vapor calculada pela equação A.1 (mb);

e_s = pressão de saturação de vapor à temperatura de bulbo se
co (mb).

APÊNDICE B

CÁLCULO DA TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO (T_d)

A temperatura do ponto de orvalho pode ser calculada para a faixa de 32°F a 150°F, pela seguinte equação (2):

$$T_d = 79,047 + 30,5790e + 1,8893e^2, \quad \text{B.1}$$

em que:

e = logaritmo neperiano da pressão parcial de vapor (polegadas);

T_d = temperatura do ponto de orvalho (°F).

Transformando a equação para temperatura em °C, tem-se:

$$T_d = 26,158 + 17,002e + 1,0505e^2. \quad \text{B.2}$$

Assim, pela equação B.2, calculou-se a temperatura do ponto de orvalho com os valores de pressão parcial de vapor, obtidos da equação A.1 e transformados em polegadas de mercúrio.

APÊNDICE C

VALORES OBSERVADOS DAS TEMPERATURAS DE BULBO SECO E ÚMIDO,
TEMPERATURA FOLIAR, PONTO DE ORVALHO, UMIDADE RELATIVA
DO AR E VELOCIDADE DO VENTO, PARA OS QUATRO PERÍODOS

QUADRO 1C - Valores Observados das Temperaturas de Bulbo Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 23 e 24 de Julho de 1985

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
17:00	-	-	-	14,7	16,6	-	-
17:15	-	-	-	15,1	16,6	-	-
17:30	16,5	13,5	11,5	13,9	15,4	72,4	0,254
17:45	16,5	13,3	11,1	12,8	14,6	70,6	0,417
18:00	15,8	13,2	11,4	12,1	12,8	75,4	-
18:15	15,0	12,5	10,7	11,3	13,0	75,7	-
18:30	14,5	12,5	11,1	11,1	12,9	80,1	-
18:45	14,0	12,1	10,7	11,2	13,2	80,8	-
19:00	14,1	12,2	10,8	11,3	13,2	80,9	-
19:15	14,5	12,8	11,6	11,7	14,2	83,0	2,00
19:30	14,2	12,2	10,8	12,1	14,4	80,0	5,00
19:45	14,5	12,6	11,3	12,2	14,8	81,1	2,00
20:00	14,2	12,2	10,8	12,4	14,6	80,0	1,95 SW
20:15	14,2	12,6	11,5	13,2	15,6	83,9	25,1 SW
20:30	14,7	12,6	11,1	14,7	17,1	79,3	-
20:45	14,8	13,0	11,8	14,7	16,7	82,2	11,6 SW
21:00	15,0	13,0	11,6	-	-	80,4	23,5 SE
21:15	16,0	13,2	11,3	-	-	73,7	19,6 SE
21:30	16,8	13,2	10,7	-	-	67,4	95,7 SE
21:45	16,5	13,2	10,9	14,6	16,6	69,7	0,875 S
22:00	16,0	13,2	11,3	15,2	16,7	73,7	4,37 S
22:15	16,5	13,5	11,5	14,5	16,8	72,3	5,38 S
22:30	16,8	13,5	11,3	14,3	16,4	70,0	30,2 SE

(Cont...)

QUADRO 1C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
22:45	16,5	13,8	12,0	14,2	16,2	75,0	6,59 SE
23:00	16,3	14,0	12,5	14,1	16,0	78,4	3,24 SE
23:15	16,0	14,0	12,7	13,7	16,0	81,0	9,80 SE
23:30	16,0	13,8	12,4	13,8	16,1	79,1	4,79 SE
23:45	16,0	13,9	12,5	13,6	15,9	80,1	3,92 SE
00:00	17,0	14,0	12,1	13,0	14,8	72,7	3,03 SE
00:15	16,5	14,2	12,7	-	-	78,5	4,55 SE
00:30	16,0	13,5	11,8	-	-	76,4	3,71 SE
00:45	15,5	13,5	12,2	-	-	80,7	5,63 SE
1:00	15,2	13,1	11,7	-	-	79,6	8,10 SE
1:15	15,1	13,5	12,5	-	-	84,3	11,0 SE
1:30	15,2	13,4	10,0	-	-	71,0	10,8 SE
1:45	15,2	13,1	9,4	-	-	68,2	28,8 SE
2:00	15,1	13,2	11,9	-	-	81,4	11,1 SE
2:15	15,0	13,0	11,6	-	-	80,4	14,8 SE
2:30	15,0	12,9	11,5	-	-	79,5	1,54 SE
2:45	14,5	12,5	11,1	-	-	80,1	-
3:00	14,0	12,4	11,3	-	-	83,8	2,29 SE
3:15	13,5	12,0	10,9	-	-	84,5	-
3:30	13,0	12,0	11,3	13,4	15,6	89,4	0,166 SE
3:45	13,0	12,0	11,3	13,3	15,4	89,4	-
4:00	12,5	11,4	10,6	13,3	15,4	88,2	0,184 SE
4:15	12,4	11,4	10,7	12,5	14,2	89,2	0,456 SE
4:30	12,2	11,3	10,9	11,0	12,7	91,8	0,344 SE

(Cont....)

QUADRO 1C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
4:45	11,9	10,8	10,0	10,5	12,5	88,0	-	-
5:00	11,5	11,0	10,6	10,1	11,4	94,4	-	-
5:15	11,4	10,7	10,2	10,1	12,2	92,2	-	-
5:30	11,7	11,3	11,0	10,0	12,0	95,6	-	-
5:45	10,8	10,2	9,7	9,7	11,7	93,2	-	-
6:00	10,7	9,9	9,3	9,3	11,2	90,9	-	-
6:15	11,4	10,2	9,3	9,2	11,4	86,7	-	-
6:30	11,3	9,5	8,0	9,3	11,8	80,2	-	-
6:45	10,8	9,8	9,0	9,0	11,0	88,7	-	-
7:00	10,6	9,8	9,2	8,3	10,6	90,3	-	-
7:15	10,5	10,1	9,8	7,9	10,3	95,4	0,281	SE
7:30	10,7	11,1	11,4	7,8	9,9	100	2,03	SE
7:45	11,7	12,0	12,2	7,9	7,9	100	12,8	SE
8:00	13,1	12,9	12,8	7,9	10,1	97,9	21,8	SE
8:15	14,4	13,5	11,9	8,7	11,2	84,8	21,7	SE
8:30	15,5	13,2	11,6	9,7	12,4	77,9	13,7	SE
8:45	16,2	13,1	11,0	10,9	13,6	71,2	17,09	SE
9:00	16,6	13,0	10,5	12,4	14,5	67,2	34,3	SW
9:15	17,0	13,4	10,9	13,0	15,9	67,6	28,2	SE
9:30	17,5	13,5	10,8	14,1	16,8	65,0	50,0	S
9:45	18,0	13,2	9,8	16,2	17,1	58,8	12,0	SE
10:00	18,0	13,0	9,4	14,5	17,7	57,2	12,9	S
10:15	18,4	13,3	9,7	15,8	18,3	56,9	14,6	E
10:30	19,0	14,2	11,0	16,2	18,8	59,9	32,0	SE

(Cont...)

QUADRO 1C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
10:45	19,4	14,2	10,7	16,5	19,8	57,3	51,7	SE
11:00	19,4	14,0	10,3	18,1	20,4	55,8	18,3	SE
11:15	20,0	15,0	11,8	18,0	20,9	59,4	22,8	SE
11:30	20,2	14,5	10,7	19,6	27,0	54,5	48,8	SE
11:45	20,0	14,1	10,1	19,5	25,3	52,8	23,2	SE
12:00	20,0	14,0	9,9	18,8	21,6	52,1	33,4	SE
12:15	19,7	13,6	9,3	18,9	22,5	51,1	35,8	SE
12:30	19,8	14,2	10,4	18,2	20,8	54,9	42,0	SW
12:45	20,0	14,2	10,3	18,5	22,8	53,6	45,3	SW
13:00	20,5	14,5	10,5	19,8	24,0	52,7	11,5	SE
13:15	20,5	14,6	10,7	19,0	21,6	53,4	14,9	SW
13:30	21,1	14,7	10,5	19,8	26,9	50,7	33,1	SE
13:45	21,4	15,0	10,8	19,6	22,0	51,0	16,1	SE
14:00	21,5	15,0	10,8	20,6	22,8	50,4	16,2	SE
14,15	21,5	14,6	10,0	19,0	20,8	47,8	19,3	SE
14:30	19,0	15,0	12,5	19,6	33,3	66,1	16,2	S
14:45	21,0	15,0	11,1	21,7	36,5	53,3	66,6	E
15:00	20,8	15,0	11,3	18,1	20,8	54,5	107,5	NE
15:15	20,5	15,0	11,5	18,0	22,0	56,3	12,7	SE
15:30	20,5	14,5	10,5	18,8	21,7	52,7	44,0	SE
15:45	20,0	14,5	10,9	19,3	20,4	55,7	33,0	SE
16:00	19,9	14,6	11,1	19,3	19,1	57,1	30,5	SE
16:15	19,8	14,0	10,0	19,5	19,1	53,3	18,0	SE
16:30	19,4	14,0	10,3	16,9	19,3	55,8	15,4	S
16:45	19,1	14,0	10,5	16,9	19,1	57,7	24,0	S

QUADRO 2C - Valores Observados das Temperaturas de Bulbo Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 24 e 25 de Julho de 1985

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
17:00	18,7	14,0	10,8	15,8	17,5	60,3	9,26	SE
17:15	18,2	13,9	11,0	14,7	16,6	63,0	8,94	SE
17:30	17,7	14,0	11,6	14,4	16,7	67,4	0,730	SE
17:45	17,4	13,8	11,4	13,4	15,1	67,9	0,950	SE
18:00	16,9	13,8	11,8	12,4	14,4	71,8	-	
18:15	16,3	13,6	9,5	12,0	14,1	64,2	-	
18:30	15,8	13,3	11,6	12,2	14,3	76,3	-	
18:45	15,9	13,2	11,4	11,9	13,9	74,5	-	
19:00	15,0	13,3	12,2	11,7	13,4	83,3	-	
19:15	14,3	13,2	12,5	11,6	13,8	88,8	-	
19:30	14,9	13,5	12,6	12,2	15,2	86,1	4,27	SE
19:45	15,0	13,2	12,0	-	-	82,3	16,7	SE
20:00	15,0	13,4	12,3	-	-	84,2	5,48	S
20:15	14,4	13,0	12,1	-	-	85,9	2,61	S
20:30	13,1	12,2	11,6	-	-	90,5	-	
20:45	13,1	12,2	11,6	-	-	90,5	-	
21:00	13,0	12,0	11,3	-	-	89,4	-	
21:15	12,9	12,0	11,4	-	-	90,4	-	
21:30	12,9	12,0	11,4	-	-	90,4	0,649	S
21:45	12,3	11,4	10,7	-	-	90,3	2,58	S
22:00	12,2	11,4	10,8	-	-	91,3	0,438	S
22:15	12,4	11,2	10,3	-	-	87,1	-	
22:30	12,0	11,3	10,8	-	-	92,3	0,582	S
22:45	11,9	11,2	10,7	-	-	92,3	-	

(Cont...)

QUADRO 2C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
23:00	12,2	11,6	11,1	-	-	93,5	11,8	SE
23:15	12,3	11,5	10,9	-	-	91,3		
23:30	12,8	11,5	10,5	9,7	11,6	86,2	4,90	SE
23:45	12,5	11,1	10,0	9,5	11,6	85,1	21,7	SE
00:00	12,9	11,2	9,9	9,4	11,3	82,2	26,3	SW
00:15	12,5	10,9	9,7	8,4	10,3	83,0	34,0	SW
00:30	12,2	11,1	10,2	-	-	87,5	23,7	SW
00:45	12,1	11,0	10,2	-	-	88,1	11,3	SW
01:00	12,1	10,5	9,3	-	-	82,8	0,498	SW
01:15	11,8	10,2	8,9	-	-	82,6		
01:30	11,6	9,5	7,7	-	-	77,2		
01:45	11,1	9,8	8,7	-	-	85,5	7,09	SW
02:00	10,9	9,5	8,3	9,5	11,7	84,3		
02:15	10,6	9,5	8,6	9,7	11,3	87,5		
02:30	10,3	8,8	7,5	9,1	11,0	82,9		
02:45	10,0	8,8	7,8	8,1	9,6	86,1		
03:00	9,6	8,7	7,9	7,9	10,0	89,4		
03:15	9,3	8,0	6,8	7,8	9,6	84,6		
03:30	9,1	8,0	7,0	7,5	9,2	86,8	1,62	SW
03:45	8,7	8,0	7,4	6,8	8,8	91,5		
04:00	8,8	8,5	8,2	6,8	8,8	96,3	2,48	SW
04:15	8,7	8,3	8,0	6,7	8,7	95,1		
04:30	9,0	7,5	6,1	6,4	8,4	82,1		
04:45	8,5	8,0	7,6	6,8	9,2	93,8	0,11	SW
05:00	8,0	7,5	7,1	6,4	8,4	93,7	0,349	SW

(Cont...)

QUADRO 2C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
05:15	8,0	7,5	7,1	5,6	7,9	93,7	
05:30	8,5	8,0	7,6	5,7	7,9	93,8	
05:45	8,7	8,5	8,3	6,0	8,4	97,5	
06:00	8,0	7,8	7,6	6,2	8,1	97,5	
06:15	8,0	7,8	7,6	6,0	8,0	97,5	
06:30	8,0	7,9	7,8	6,2	8,1	98,7	
06:45	8,0	7,9	7,8	6,0	8,2	98,7	0,471 SW
07:00	8,5	8,4	8,3	6,7	9,6	98,8	
07:15	8,6	8,5	8,4	7,1	9,4	98,8	1,94 NW
07:30	10,0	9,8	9,6	8,0	10,6	97,6	
07:45	11,5	11,0	10,6	9,4	11,6	94,4	
08:00	13,0	11,6	10,6	10,1	12,5	85,3	5,63 SE
08:15	12,5	11,7	11,1	10,3	13,7	91,4	4,38 SE
08:30	13,0	11,0	9,5	10,6	13,4	79,2	42,1 SE
08:45	13,9	11,8	10,3	13,4	14,8	78,8	23,6 SW
09:00	14,5	12,1	10,4	14,1	16,7	76,3	30,4 SE
09:15	15,8	12,1	9,4	16,2	18,3	65,6	41,1 SE
09:30	17,5	12,8	9,4	16,9	18,8	59,3	76,1 SE
09:45	16,7	12,5	9,4	16,0	18,5	62,3	31,7 SE
10:00	17,4	13,0	9,9	16,9	19,6	61,3	29,3 N
10:15	18,5	13,8	10,6	18,5	21,2	60,1	20,5 S
10:30	18,7	13,4	9,7	19,6	22,4	55,7	15,4 S
10:45	18,5	12,7	8,4	17,7	19,6	51,7	60,8 N
11:00	19,4	14,0	10,3	20,1	22,0	55,8	55,7 N
11:15	20,5	14,0	9,5	22,1	-	49,2	111,3 SE

(Cont...)

QUADRO 2C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
11:30	20,6	14,4	10,2	20,9		51,4	1,09	SE
11:45	21,0	14,0	9,1	24,5	32,1	46,4	3,15	SE
12:00	20,7	14,0	9,3	20,4	27,5	48,1	8,93	S
12:15	19,9	13,2	8,3	19,7	36,0	47,1	37,9	SE
12:30	20,4	13,2	7,9	18,8	25,3	44,3	29,6	SE
12:45	21,0	13,8	8,7	18,2	23,0	45,1	67,4	SW
13:00	20,8	13,9	9,0	20,1	37,2	46,9	-	SW
13:15	21,2	14,0	8,9	18,9	24,3	45,4	27,0	SW
13:30	21,1	13,1	7,0	19,7	24,5	40,1	9,81	SE
13:45	20,7	13,8	8,9	18,8	26,1	46,8	46,7	SE
14:00	21,0	13,5	8,0	20,4	34,3	43,2	26,6	SE
14:15	21,0	14,0	9,1	19,7	28,0	46,5	7,50	SE
14:30	20,4	14,0	9,6	20,4	36,1	49,8	35,3	SE
14:45	20,3	13,8	9,2	20,8	36,5	49,0	106	SE
15:00	20,3	14,0	9,6	20,5	32,5	50,4	1,94	SE
15:15	20,2	13,5	8,7	18,5	21,6	47,5	76,8	S
15:30	19,5	13,8	9,9	19,3	30,2	53,7	21,8	SE
15:45	19,9	13,5	8,9	20,4	31,3	49,2	7,99	SE
16:00	19,5	13,0	8,2	21,3	25,2	48,0	48,8	SE
16:15	19,0	13,0	8,6	19,3	18,0	50,9	29,8	SE
16:30	18,5	13,0	9,0	15,6	17,1	54,0	30,7	SE
16:45	18,1	12,9	9,1	15,1	16,3	55,8	11,5	SE

QUADRO 3C - Valores Observados das Temperaturas de Bulbo Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 25 e 26 de Julho de 1985

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
17:00	17,5	12,5	8,8	15,0	16,4	56,7	37,09	SE
17:15	17,2	12,2	8,4	-	-	56,3	16,5	SE
17:30	16,7	12,1	8,7	-	-	59,0	6,14	SE
17:45	16,2	12,0	8,9	-	-	61,8	17,1	S
18:00	15,6	12,0	9,3	-	-	66,3	0,442	NW
18:15	15,2	11,0	7,6	13,6	14,5	60,6	-	
18:30	14,5	11,4	9,0	13,4	14,2	69,8	2,14	NW
18:45	14,0	11,0	8,7	12,5	13,4	70,3	1,25	NW
19:00	13,5	10,5	8,1	10,8	11,6	69,8	3,30	NW
19:15	13,5	10,8	8,7	10,4	11,3	72,7	2,77	SE
19:30	13,0	10,5	8,5	10,6	11,7	74,2	0,139	SE
19:45	12,0	10,5	9,3	10,2	11,3	83,8		
20:00	12,0	10,5	9,3	11,1	12,4	83,8		
20:15	12,0	10,5	9,3	10,2	11,1	83,8	0,319	SE
20:30	11,8	10,5	9,5	9,4	10,5	85,8	0,419	SE
20:45	11,5	10,0	8,8	9,0	10,1	83,5		
21:00	11,0	9,9	9,0	8,7	9,8	87,6		
21:15	10,5	9,1	7,9	8,6	9,8	84,1		
21:30	10,1	9,5	8,9	7,9	9,6	92,3		
21:45	9,9	9,0	8,0	7,9	9,2	87,8	0,105	SE
22:00	10,1	9,4	8,8	7,8	9,3	91,8	0,157	SE
22:15	10,0	9,4	8,9	7,5	9,0	93,0	0,186	SE
22:30	10,0	9,3	8,7	7,8	9,1	91,8	0,177	SE
22:45	9,8	9,3	8,9	7,7	9,0	94,1	0,135	SE

(Cont...)

QUADRO 3C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
23:00	9,8	9,3	8,9	7,7	9,2	94,1	0,170 SE
23:15	9,6	9,2	8,9	7,6	9,3	95,2	0,168 SE
23:30	9,5	9,4	9,3	7,9	9,5	98,8	
23:45	9,7	9,4	9,1	7,9	9,6	96,4	
00:00	9,9	9,7	9,5	7,9	9,6	97,6	
00:15	9,9	9,7	9,5	7,9	9,8	97,6	0,155 SE
00:30	9,9	9,5	9,2	8,3	9,8	95,3	
00:45	10,0	9,9	9,8	8,3	9,8	98,8	0,0958 SE
01:00	10,0	10,0	9,3	8,0	9,6	100	
01:15	9,9	9,6	9,3	8,0	9,6	96,5	
01:30	9,9	9,6	9,3	8,1	9,5	96,5	
01:45	9,8	9,9	9,9	7,9	9,4	100	
02:00	9,8	9,8	9,8	7,9	9,4	100	
02:15	9,6	9,2	8,9	7,7	9,1	95,2	
02:30	9,4	9,0	8,7	7,8	9,2	95,2	0,108 SE
02:45	9,2	9,0	8,8	7,5	9,1	97,6	0,0856 SE
03:00	9,0	8,9	8,8	7,3	8,8	98,8	0,672 SE
03:15	9,0	8,8	6,9	7,1	8,3	97,6	
03:30	8,9	8,9	8,9	7,2	8,7	100	0,0452 SE
03:45	8,9	8,8	8,7	7,1	8,4	100	
04:00	8,8	8,5	8,2	7,1	8,4	96,3	
04:15	8,6	8,4	8,2	6,8	8,0	97,5	
04:30	8,6	7,9	7,3	6,4	8,4	91,4	
04:45	8,6	7,6	6,7	6,4	8,0	87,8	

(cont...)

QUADRO 3C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
05:00	8,5	8,8	7,6	6,4	7,9	100	
05:15	8,5	8,0	7,6	6,3	7,6	93,8	
05:30	8,4	7,9	7,5	6,4	7,8	93,8	
05:45	8,3	7,8	7,4	6,4	7,8	93,8	
06:00	8,2	7,7	7,3	6,1	7,3	93,8	
06:15	8,0	7,2	6,5	5,7	7,0	90,0	
06:30	7,7	7,0	6,4	5,6	6,9	91,1	
06:45	7,7	6,7	5,8	5,4	6,8	87,4	
07:00	7,7	7,3	6,9	5,3	6,6	94,9	1,58 SE
07:15	7,7	7,8	7,9	5,5	7,0	100	2,33 SE
07:30	8,0	8,5	8,9	6,0	7,9	100	5,28 SE
07:45	8,8	9,5	10,0	7,2	9,3	100	3,13 SE
08:00	10,5	10,2	9,7	8,1	10,1	96,5	3,23 SE
08:15	11,0	11,3	11,5	9,0	11,3	100	4,28 SE
08:30	13,0	12,1	11,5	9,8	11,8	90,5	4,41 SE
08:45	13,3	12,5	11,9	10,9	13,0	91,6	0,211 SE
09:00	15,0	12,5	10,7	11,6	13,5	75,7	5,32 SE
09:15	15,1	13,4	12,3	13,4	13,8	83,3	33,5 SE
09:30	16,3	12,6	10,0	14,4	14,4	66,1	0,243 SE
09:45	17,2	13,7	11,4	15,8	15,6	68,6	0,247 NW
10:00	17,9	14,0	11,4	16,2	15,3	65,9	4,62 NW
10:15	18,2	13,2	9,7	16,9	17,6	57,5	3,11 SE
10:30	19,8	14,1	10,2	18,8	19,6	54,0	0,807 SE
10:45	20,2	14,0	9,7	18,9	20,9	50,9	1,51 SE

(Cont...)

QUADRO 3C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
11:00	20,7	13,7	8,7	18,8	21,2	46,1	2,50	SE
11:15	20,9	13,9	8,9	19,9	22,8	46,3	3,60	SE
11:30	21,5	14,2	9,1	20,9	25,7	45,1	38,8	SE
11:45	21,6	14,2	9,0	20,7	27,2	44,6	46,5	SE
12:00	21,5	14,4	9,5	20,4	35,7	46,4	33,3	SE
12:15	22,4	14,8	9,7	21,2	36,5	44,4	2,69	SE
13:30	22,9	14,7	9,1	22,0	35,7	41,4	68,3	SE
12:45	23,4	14,5	8,2	21,5	34,1	37,8	28,0	SE
13:00	23,5	14,6	8,4	23,7	39,4	38,0	44,6	W
13:15	23,8	14,3	7,4	21,5	34,1	34,9	10,4	SW
13:30	23,4	14,7	8,7	19,3	25,3	39,0	1,79	SW
13:45	23,9	14,9	8,7	23,9	40,1	38,0	78,0	SE
14:00	23,5	14,2	7,4	22,6	33,3	35,7	58,8	SE
14:15	22,0	14,0	8,3	21,0	30,9	41,4	35,8	SE
14:30	21,5	14,5	9,8	20,7	30,9	47,2	33,2	SE
14:45	21,3	14,2	9,3	20,5	31,7	46,2	13,0	SE
15:00	21,1	13,7	8,4	20,9	33,3	44,0	21,1	S
15:15	21,0	14,3	9,7	20,7	33,3	48,5	13,9	SE
15:30	21,0	14,5	10,1	21,1	32,9	50,0	50,8	S
15:45	22,0	14,0	8,3	19,3	28,5	41,4	22,8	SW
16:00	21,0	14,0	9,1	20,9	26,9	46,5	36,8	SW
16:15	20,2	14,0	9,7	19,3	21,6	51,0	39,9	SW
16:30	20,0	14,0	9,9	17,4	19,3	52,2	29,6	SE
16:45	16,5	13,5	11,5	16,8	18,4	72,4	47,7	SE

QUADRO 4C - Valores Observados das Temperaturas de Bulbo Seco e Úmido, Temperatura Foliar, Ponto de Orvalho, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, para os Dias 26 e 27 de Julho de 1985

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
17:00	18,8	13,0	8,8	15,8	17,2	52,2	15,8 SE
17:15	18,5	13,0	9,0	15,2	16,2	54,0	15,8 SE
17:30	17,9	12,7	8,9	15,0	15,6	55,6	0,124 SE
17:45	17,1	12,5	9,1	14,1	15,3	59,5	0,734 SE
18:00	19,9	12,5	6,7	13,3	14,0	42,3	0,0856 SE
18:15	16,2	12,5	9,8	12,0	13,2	66,0	0,230 SE
18:30	15,2	12,8	11,1	12,4	14,2	76,8	0,110 SE
18:45	14,4	12,5	11,2	12,2	13,5	81,0	
19:00	14,3	12,4	11,1	11,9	13,4	81,0	
19:15	14,2	12,4	11,1	12,0	13,6	81,9	0,118 SE
19:30	14,0	12,4	11,3	11,9	12,9	83,8	0,143 SE
19:45	13,1	11,8	11,0	10,6	11,6	87,0	0,215 SE
20:00	12,9	12,8	12,7	10,5	11,8	98,9	0,120 SE
20:15	12,8	11,8	11,1	10,5	11,9	89,4	0,117 SE
20:30	12,5	11,3	10,4	10,5	11,9	87,2	0,871 SE
20:45	12,4	11,2	10,3	10,5	11,4	87,1	0,113 SE
21:00	12,6	11,3	10,3	10,3	11,4	86,2	
21:15	12,3	11,0	10,5	9,8	10,9	88,7	0,316 SE
21:30	11,9	10,5	9,4	9,2	10,1	84,8	
21:45	11,7	11,2	10,8	8,7	10,0	94,5	
22:00	11,3	9,9	8,8	8,3	9,3	84,5	
22:15	11,0	9,5	8,3	8,3	9,4	83,3	
22:30	10,9	9,5	8,3	7,9	9,1	84,3	
22:45	10,5	9,4	8,5	7,9	9,2	87,4	

(Cont...)

QUADRO 4C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
23:00	10,5	9,0	7,7	7,8	8,8	83,0	
23:15	10,2	8,9	7,8	7,3	8,4	85,1	
23:30	10,1	8,9	7,9	7,3	8,5	86,1	3,24 SE
23:45	10,0	8,7	7,6	7,3	8,5	85,0	0,517 SE
00:00	9,5	8,4	7,4	7,1	8,4	87,0	
00:15	9,5	8,5	7,6	7,0	8,1	88,2	1,96 SE
00:30	9,5	8,0	6,7	6,9	8,2	82,4	
00:45	9,0	8,0	7,1	6,8	8,0	88,0	0,539 SE
01:00	9,0	9,0	9,0	6,8	8,0	100	1,32 SE
01:15	9,5	8,0	6,7	6,8	7,9	82,4	3,84 SE
01:30	9,0	7,8	6,7	6,5	7,8	85,6	2,56 SE
01:45	9,0	7,8	6,7	6,5	7,7	85,6	0,241 SE
02:00	8,5	7,5	6,6	6,4	7,6	88,8	0,110 SE
02:15	8,5	7,5	6,6	6,4	7,6	87,8	
02:30	8,2	7,5	6,9	6,2	7,6	91,3	
02:45	8,1	7,5	7,0	6,3	7,7	92,5	0,986 SE
03:00	8,0	7,6	7,2	6,3	8,0	95,0	4,22 SE
03:15	8,2	7,8	7,4	6,3	7,8	95,0	0,447 SE
03:30	8,1	7,7	7,3	6,3	7,9	95,0	
03:45	8,1	7,9	7,7	6,4	7,9	97,5	
04:00	8,1	7,5	7,0	6,3	7,9	92,5	
04:15	8,0	7,5	7,1	6,3	7,9	93,7	
04:30	8,0	7,5	7,1	6,2	7,6	93,7	
04:45	7,9	7,4	7,0	6,2	7,6	93,7	

(Cont...)

QUADRO 4 C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta		
05:00	7,9	7,2	6,6	5,9	7,2	91,2	
05:15	7,8	7,3	6,8	5,9	7,1	93,7	
05:30	7,9	7,3	6,8	5,7	7,1	92,4	0,191 SE
05:45	7,8	6,7	5,7	5,7	7,1	86,2	
06:00	7,7	6,9	6,2	5,6	6,8	89,9	
06:15	7,7	6,6	5,6	5,5	6,8	86,2	0,813 SE
06:30	7,3	6,9	6,5	5,4	6,8	94,8	3,52 SE
06:45	7,4	6,6	5,8	5,4	6,9	89,8	
07:00	7,2	6,6	6,0	5,4	6,9	92,3	
07:15	7,1	7,0	6,9	5,3	6,9	98,7	0,423 SE
07:30	7,3	7,2	7,1	5,9	7,7	98,7	3,67 SE
07:45	8,2	8,8	9,3	-	-	100	
08:00	10,1	10,0	9,9	7,8	9,6	98,8	
08:15	10,0	10,9	10,8	8,5	10,8	98,9	
08:30	12,1	11,6	11,2	9,1	11,3	94,5	0,622 N
08:45	13,5	11,4	9,8	11,7	13,7	78,5	
09:00	14,8	13,2	12,1	12,5	13,8	84,1	10,1 NW
09:15	15,8	13,0	11,1	14,3	14,4	73,6	12,1 SE
09:30	16,8	10,9	6,0	14,7	15,2	48,7	4,11 NE
09:45	17,5	9,5	8,5	15,7	16,0	34,2	0,563 E
10:00	18,6	14,0	10,9	16,9	18,3	61,0	2,17 E
10:15	19,0	14,2	11,0	17,3	17,2	59,9	31,8 N
10:30	19,5	14,0	9,0	18,5	20,6	50,5	5,28 E
10:45	20,0	13,8	9,5	18,9	23,2	50,7	30,3 NE

(Cont...)

QUADRO 4C - Cont.

Hora do Dia	Temperatura Observada (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (cm s ⁻¹)	
	Bulbo Seco	Bulbo Úmido	Ponto de Orvalho	Folha Sombreada	Folha Exposta			
11:00	19,4	13,5	9,3	17,6	21,4	52,1	21,7	N
11:15	19,4	13,9	10,1	18,2	22,0	55,1	2,57	NE
11:30	19,0	13,9	10,4	17,7	21,6	57,6	15,8	NE
11:45	19,5	13,5	9,2	18,1	22,0	51,5	39,4	N
12:00	19,2	13,4	9,3	16,9	20,6	52,6	8,09	NE
12:15	19,3	13,5	9,4	17,9	22,0	52,8	28,5	NE
12:30	20,0	14,0	9,9	19,8	33,3	52,2	39,7	NE
12:45	20,2	13,7	9,1	17,6	21,6	48,9	24,8	NE
13:00	21,1	14,5	10,1	21,4	34,9	49,3	41,8	NE
13:15	20,7	14,1	9,6	17,9	22,0	48,8	4,56	NE
13:30	21,5	14,6	10,0	17,9	32,5	47,8	26,6	NE
13:45	21,9	14,8	10,1	20,9	29,3	47,0	20,6	N
14:00	22,0	14,7	9,8	21,4	31,7	45,8	11,2	E
14:15	21,1	15,0	11,1	20,4	29,3	52,8	17,3	SW
14:30	22,2	14,7	9,6	20,4	26,4	44,8	2,99	NE
14:45	22,4	15,1	10,3	22,9	34,5	46,3	27,8	N
15:00	22,2	14,7	9,6	21,8	26,5	44,8	19,8	NW
15:15	22,1	15,1	10,5	20,7	24,3	47,9	22,6	W
15:30	21,7	15,1	10,8	19,8	24,9	50,1	25,2	N
15:45	21,9	14,7	9,9	20,5	23,3	46,4	6,67	NW
16:00	21,4	14,8	10,4	22,9	26,9	49,7	19,3	NE
16:15	20,2	14,5	10,7	17,4	19,6	54,6	10,8	N
16:30	20,0	14,9	11,6	18,0	19,8	58,7	16,0	SW
16:45	19,5	14,2	10,7	17,3	19,1	56,7	17,5	NE

APÊNDICE D

VALORES OBSERVADOS DA TEMPERATURA DO AR E DA UMIDADE
RELATIVA, EM DOIS TERMOIGRÓGRAFOS INSTALADOS NA
PARCELA EXPERIMENTAL

QUADRO 1D - Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa em Dois Termoigrógrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 23 e 24 de Julho de 1985

Hora do Dia	Termoigrógrafo 1		Termoigrógrafo 2	
	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
17:00	20,0	53,5	21,0	52,0
18:00	17,0	70,0	21,3	68,0
19:00	14,7	77,5	15,2	78,0
20:00	14,9	78,0	15,0	78,0
21:00	17,0	66,0	16,5	66,0
22:00	17,0	66,0	17,0	66,0
23:00	16,8	82,0	16,5	72,0
00:00	16,5	74,5	16,5	75,5
1:00	15,8	77,0	16,0	77,5
2:00	15,7	77,0	16,0	77,5
3:00	14,4	82,0	14,9	82,5
4:00	13,2	89,0	13,3	89,0
5:00	12,3	90,0	12,4	90,0
6:00	11,6	91,0	11,7	91,0
7:00	11,3	92,0	11,0	91,5
8:00	14,5	82,5	14,5	85,0
9:00	18,2	55,0	18,5	54,0
10:00	19,8	50,0	20,0	51,0
11:00	21,5	46,0	22,2	46,0
12:00	21,0	45,5	21,4	49,0
13:00	21,1	45,5	21,5	48,0
14:00	21,8	49,0	21,8	49,5
15:00	21,2	48,5	21,9	45,0
16:00	20,5	52,0	21,1	52,0
17:00	19,0	57,0	19,8	59,0

QUADRO 2 D - Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa, em Dois Termoigrógrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 24 e 25 de Julho de 1985

Hora do Dia	Termoigrógrafo 1		Termoigrógrafo 2	
	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
17:00	19,0	57,0	19,8	59,0
18:00	16,8	74,0	17,0	75,0
19:00	15,5	82,0	15,5	82,5
20:00	15,4	82,5	15,2	82,5
21:00	13,9	86,5	14,0	87,5
22:00	13,1	89,5	13,1	89,0
23:00	13,3	86,0	13,1	86,0
00:00	13,5	80,0	13,3	77,5
1:00	12,5	87,0	12,5	87,0
2:00	11,1	90,0	11,0	89,0
3:00	10,1	91,0	9,9	90,0
4:00	9,9	93,5	9,2	92,0
5:00	9,2	93,0	8,6	92,5
6:00	9,1	95,0	8,4	93,5
7:00	9,4	96,0	9,0	94,0
8:00	13,0	87,5	14,0	90,0
9:00	17,3	52,0	17,8	52,0
10:00	20,2	46,0	20,9	47,0
11:00	21,8	41,0	22,8	42,0
12:00	21,4	42,0	21,6	42,5
13:00	21,5	42,0	21,9	42,5
14:00	21,1	43,0	21,7	44,5
15:00	21,2	43,0	21,6	44,0
16:00	20,0	46,5	20,2	47,0
17:00	18,2	51,0	18,6	51,0

QUADRO 3 D - Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa, em Dois Termoigrógrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 25 e 26 de Julho de 1985

Hora do Dia	Termoigrógrafo 1		Termoigrógrafo 2	
	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
17:00	18,2	51,0	18,6	51,0
18:00	16,0	64,0	16,0	65,0
19:00	14,3	71,0	14,5	75,0
20:00	13,0	80,0	12,8	82,0
21:00	11,8	85,0	11,5	87,0
22:00	11,0	87,5	10,8	88,0
23:00	10,8	88,5	10,4	89,0
00:00	10,9	91,5	10,6	90,5
1:00	10,7	91,0	10,4	91,0
2:00	10,4	91,0	10,0	91,5
3:00	10,0	90,5	9,7	91,5
4:00	9,6	91,0	9,0	91,5
5:00	9,3	92,0	8,9	92,0
6:00	8,8	91,5	8,4	91,5
7:00	8,9	92,0	8,3	91,5
8:00	13,7	87,0	13,0	92,5
9:00	18,2	56,0	18,5	70,0
10:00	20,6	41,0	21,5	43,5
11:00	23,0	36,0	23,9	37,5
12:00	24,0	37,0	24,5	38,0
13:00	23,9	36,0	24,3	36,5
14:00	23,0	39,0	23,0	34,0
15:00	22,0	41,0	22,6	41,0
16:00	21,3	44,5	21,7	45,0
17:00	19,0	52,5	19,3	52,5

QUADRO 4 D - Valores Observados da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa, em Dois Termoigrógrafos Instalados na Parcela Experimental, para os Dias 26 e 27 de Julho de 1985

Hora do Dia	Termoigrógrafo 1		Termoigrógrafo 2	
	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
17:00	19,0	52,5	19,3	52,5
18:00	16,6	68,5	16,9	70,0
19:00	15,5	77,5	15,8	78,0
20:00	14,0	82,5	14,0	84,0
21:00	13,0	85,5	13,1	87,0
22:00	12,0	87,0	11,8	88,0
23:00	11,0	88,0	10,8	88,5
00:00	10,2	88,5	10,0	89,0
1:00	9,8	90,0	9,7	90,0
2:00	9,2	90,5	9,0	90,0
3:00	9,1	92,0	8,9	92,0
4:00	9,0	92,0	8,8	92,0
5:00	8,9	92,0	8,4	92,0
6:00	8,5	92,0	8,0	92,0
7:00	8,3	93,0	7,9	92,5
8:00	11,6	80,0	12,5	90,0
9:00	17,0	57,5	18,5	65,0
10:00	20,0	47,0	21,0	48,5
11:00	20,5	46,0	21,0	47,5
12:00	20,1	45,0	21,0	47,5
13:00	22,0	42,0	22,3	42,5
14:00	22,6	40,0	23,5	41,5
15:00	22,7	42,0	23,1	42,5
16:00	21,0	47,0	21,4	48,0
17:00	19,0	52,0	20,0	55,0

APÊNDICE E

DEFINIÇÕES E RESULTADOS DOS NÚMEROS ADIMENSIONAIS EMPREGADOS NESTE TRABALHO

- Número de Reynolds

$$Re = \frac{Dv \rho}{\mu} \quad E.1$$

- Número de Grashof

$$Gr = \frac{\beta g D^3 (T_f - T_a)}{\nu^3} \quad E.2$$

- Número de Prandtl

$$Pr = \frac{\mu C_p}{K} \quad E.3$$

- Número de Nusselt

$$\text{Nu} = \frac{hD}{K},$$

E.4

em que:

- D = comprimento efetivo da folha (cm);
 v = velocidade do ar (ms^{-1});
 ρ = massa específica do ar (Kg m^{-3});
 μ = viscosidade dinâmica ($\text{Kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$);
 β = coeficiente de expansão térmica (K^{-1});
 g = aceleração da gravidade (ms^{-2});
 T_f = temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$);
 T_a = temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$);
 ν = viscosidade cinemática ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$);
 C_p = calor específico do ar ($\text{J Kg}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$);
 h = coeficiente de transporte de calor sensível ($\text{Wm}^{-2} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); e
 K = condutividade térmica ($\text{Wm}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

QUADRO 1 E - Valores Obtidos para os Números Adimensionais nos Quatro Períodos de Evaporação da Água Condensada na Superfície Foliar

Período	Re	Gr	Pr	Re ²	Gr/Re ²
1º	2357	$7,1 \times 10^5$	0,73	$55,6 \times 10^5$	0,13
2º	1013	$1,6 \times 10^5$	0,73	$10,3 \times 10^5$	0,16
3º	395	$2,5 \times 10^5$	0,73	$1,56 \times 10^5$	0,60
4º	649	$2,8 \times 10^5$	0,73	$4,21 \times 10^5$	0,67

APÊNDICE F

VALORES OBSERVADOS DA PRESSÃO, TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA,
VELOCIDADE DO VENTO, EVAPORAÇÃO, INSOLAÇÃO E NEBULOSIDADE
NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA PRINCIPAL DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE VIÇOSA, PARA O PERÍODO DE
23 A 27 DE JULHO DE 1985

QUADRO 1F - Valores Observados da Pressão, Temperatura, Umidade Relativa, Velocidade do Vento, Evaporação, Insolação e Nebulosidade na Estação Meteorológica Principal da Universidade Federal de Viçosa, para o Período de 23 a 27 de Julho de 1985

Dia	Pressão(mb)			Temperatura(°C)			Umidade Relativa Média (%)	Velocidade do Vento (ms ⁻¹)						Evaporação (mm)	Insolação (Hora)	Nebulosidade (1/10)		
				Média Diária	Máxima	Mínima		Direção e Módulo								9h	15h	21h
	9h	15h	21h					9h	15h	21h	9h	15h	21h					
23	942,2	939,5	941,9	15,9	23,0	9,3	61,7	NW	1,0	NE	1,6	NE	1,8	2,0	10	1	3	10
24	944,0	942,3	943,6	14,5	21,1	9,6	70,0	SE	2,1	NE	2,1	N	1,3	4,0	8,0	0	7	2
25	944,6	941,9	943,6	13,2	20,0	8,2	65,7	NE	1,3	NW	2,1	N	0,3	3,2	9,8	2	6	3
26	943,9	940,2	941,8	13,4	21,3	7,4	74,3	NE	1,0	NE	2,0	C	0,0	3,3	9,6	4	7	7
27	942,8	939,6	941,5	12,2	21,0	6,7	77,0	N	0,7	N	1,6	C	0,0	2,7	9,5	3	7	4