**OCORRENCIA DE HELMINTOSPORIOSE (*Helminthosporium sativum*)
E DE OIDIO (*Erysiphe graminis*) NA CULTURA DO TRIGO
(*Triticum aestivum*, L.) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES
MICROCLIMÁTICAS.**

**PAULO CESAR SENTELHAS
Engenheiro Agrônomo**

Orientador: Dr. MÁRIO JOSÉ PEDRO JÚNIOR

**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.**

**P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Setembro - 1992**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

S478o Sentelhas, Paulo Cesar
Ocorrência de helmintosporiose (Helminthosporium sativum) e de oídio (Erysiphe graminis) na cultura do trigo (Triticum aestivum, L.) sob diferentes condições microclimáticas. Piracicaba, 1992.

103p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Agrometeorologia - Equipamento 2. Helmintosporiose do trigo 3. Oídio em trigo 4. Trigo - Doença - Efeito da irrigação por aspersão 5. Trigo - Microclima - Alteração I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.11

OCORRENCIA DE HELMINTOSPORIOSE (*Helminthosporium sativum*)
E DE OÍDIO (*Erysiphe graminis*) NA CULTURA DO TRIGO
(*Triticum aestivum*, L.) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES
MICROCLIMÁTICAS.

PAULO CESAR SENTELHAS

Aprovada em: 04/09/1992

Comissão julgadora:

Dr. Mário José Pedro Júnior	SCA / IAC
Dr. Luiz Roberto Angelocci	ESALQ / USP
Dra. Lilian Amorim	ESALQ / USP
Dr. Altino Aldo Ortolani	SCA / IAC
Dr. Armando Bergamin Filho	ESALQ / USP

Dr. Mário José Pedro Júnior
Orientador

Ofereço:

Aos meus pais, Maria e Agostinho e aos meus irmãos
Agostinho Jaime, Robespierre e Cristiane.

Dedico:

À minha esposa Rosana
pela dedicação e apoio.

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Mário José Pedro Júnior, da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônômico de Campinas, pela orientação, pelo apoio logístico e excelente ambiente de trabalho.
- À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES/Brasil, pelo auxílio financeiro.
- Ao Instituto de Pesquisas Meteorológicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP, pela oportunidade para realização do curso.
- À Seção de Climatologia Agrícola e à Seção de Arroz e Cereais de Inverno do IAC, pela cessão de área e equipamentos utilizados no presente trabalho.
- Aos Pesquisadores Científicos João Carlos Felício, Altino Aldo Ortolani, Marcelo Bento Paes de Camargo, Maria Helena A. Mello, Orivaldo Brunini e Rogério Remo Alfonsi, pelas sugestões e apoio constantes.
- Ao Pesquisador Científico Toshio Igue da Seção de Técnica Experimental e Cálculo do IAC pela ajuda nas análises estatísticas.
- Ao Meteorologista Luís André Macedo e ao Técnico Agrícola José Fábio Lopes, pela colaboração na instalação e manutenção dos equipamentos.
- Aos Professores, funcionários e alunos do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ / USP, pela amizade, colaboração e apoio.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Orvalho e duração do período de molhamento (DPM)	4
2.1.1. Orvalho como fenômeno físico	4
2.1.2. Duração do molhamento por orvalho e desenvolvimento de doenças em plantas.	7
2.1.3. Equipamentos usados na medição do or- valho e sua duração	10
2.1.4. Estimativa da DPM	13
2.2. Influência da irrigação e da densidade de plantio	16
2.2.1. No microclima	16
2.2.2. No desenvolvimento de doenças	17
2.3. Doenças foliares do trigo	21
2.3.1. Helmintosporiose	22
2.3.2. Oídio	24
2.4. Modelos em epidemiologia	25
2.4.1. Curvas de progresso de doenças	25
2.4.2. Previsão de doenças	28
3. MATERIAL E MÉTODO	30
3.1. Local e clima	30
3.2. Período de experimentação e delineamentos ...	30
3.2.1. Primeira fase (1990)	30
3.2.2. Segunda fase (1991)	31
3.3. Observações e registros meteorológicos	33
3.3.1. Aspergígrafo tipo Woelfle	34
3.3.2. Orvalhógrafo tipo Kessler-Fuess	34

3.3.3. Microabrigo termométrico e termohigrógrafo	34
3.3.4. Observação visual de orvalho	37
3.4. Avaliações na cultura	37
3.4.1. Avaliação da severidade das doenças ..	37
3.5. Análise dos dados obtidos	38
3.5.1. Determinação da DPM por métodos agrometeorológicos	38
3.5.1.1. Comparação de equipamentos de medição da DPM	38
3.5.1.2. Métodos de estimativa da DPM.	38
3.5.2. Determinação das taxas de crescimento das doenças	40
3.5.3. Determinação da influência da irrigação e da densidade	40
3.5.3.1. Na temperatura e na DPM	40
3.5.3.2. No crescimento das doenças ..	41
3.5.4. Estimativa da taxa de crescimento e do sintoma das doenças	41
3.5.4.1. Através de regressão linear .	41
3.5.4.2. Através de representação gráfica	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Determinação da DPM por métodos Agrometeorológicos	45
4.1.1. Comparação de equipamentos de medida da DPM	45
4.1.2. Estimativa da DPM baseada em parâmetros meteorológicos	46
4.1.2.1. Comparação: cultura x posto .	46
4.1.2.2. Observados na cultura do trigo	49
4.1.2.3. Observados no posto meteorológico padrão	55

4.2. Determinação da taxa de crescimento das doenças	58
4.2.1. Helmintosporiose (1990)	58
4.2.2. Oídio (1991)	59
4.3. Influência da irrigação e densidade da cultura	62
4.3.1. No microclima	62
4.3.2. Na taxa de crescimento das doenças ...	63
4.4. Estimativa agrometeorológica da taxa de crescimento e do sintoma das doenças	68
4.4.1. Através de regressões lineares simples e múltiplas	68
4.4.1.1. Helmintosporiose	68
4.4.1.2. Oídio	70
4.4.2. Através da representação gráfica	71
4.4.3. Comparação entre curvas de sintoma de helmintosporiose observadas e estimadas	73
5. CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APÊNDICE	99

LISTA DE TABELAS

Tabela n.º		Página
1	Número de irrigações de 30mm realizadas nos diferentes tratamentos, na primeira fase de experimentação (1990).....	31
2	Número de irrigações de 30mm realizadas nos diferentes tratamentos, na segunda fase experimental (1991).....	33
3	Duração do período de molhamento medida por equipamentos meteorológicos e visualmente na cultura do trigo no ano de 1990.....	47
4	Regressão simples entre a duração do período de molhamento obtida visualmente (DPMV) e a registrada por diferentes equipamentos meteorológicos na cultura do trigo durante o ano de 1990.....	47
5	Parâmetros meteorológicos observados no posto meteorológico e na cultura do trigo durante o período de 22/06 a 24/08 de 1990.....	50
6	Regressões lineares simples, do tipo $Y = a + bX$, entre os dados meteorológicos observados na cultura do trigo (Y) e no posto meteorológico padrão (X)....	51

Tabela n.º

Página

7	Regressões lineares simples e múltiplas entre a DPMV (Y) e os parâmetros meteorológicos observados a nível microclimático (X).....	53
8	Regressões lineares simples e múltiplas entre a DPMV (Y) e os parâmetros meteorológicos a nível macroclimático (X)...	56
9	Severidade (% da área foliar afetada) de helmintosporiose em cultura de trigo no ano de 1990.....	60
10	Resumo dos ajustes das curvas de severidade da helmintosporiose em trigo, pelos métodos logístico (LOG), monomolecular (MONO) e de Gompertz (GOMP)....	60
11	Severidade (% da área foliar afetada) de oídio em cultura de trigo no ano de 1991.....	61
12	Resumo dos ajustes das curvas de severidade de oídio em trigo, pelos métodos logístico (LOG), monomolecular (MONO) e de Gompertz (GOMP).....	61
13	Resumo da "análise de diferença de dados pareados" de temperatura e da duração do período de molhamento, dentro da cultura do trigo, nos dois anos de experimentação (1990/1991), para diferenciação das condições microclimáticas...	64

Tabela n.º

Página

14	Temperaturas e precipitações observadas e médias (normais) durante os períodos de experimentação na cultura do trigo..	64
15	Análise estatística de intervalos de confiança da taxa de crescimento da helmintosporiose na cultura do trigo, sob diferentes condições microclimáticas.....	65
16	Análise estatística de intervalos de confiança da taxa de crescimento do oídio na cultura do trigo, sob diferentes condições microclimáticas.....	66
17	Coeficientes de correlação entre a taxa de crescimento (TAXACRESC) e sintoma (SINTEST) da helmintosporiose e parâmetros meteorológicos obtidos na cultura do trigo.....	69
18	Regressões lineares simples e múltiplas obtidas através de regressão passo-a-passo para estimativa da TAXACRESC e do SINTEST da helmintosporiose, utilizando parâmetros meteorológicos obtidos a nível microclimático.....	69
19	Coeficientes de correlação entre a taxa de crescimento (TAXACRESC) e sintoma (SINTEST) do oídio e parâmetros meteorológicos obtidos na cultura do trigo..	72

20	Regressões lineares simples e múltiplas obtidas através da regressão passo-a-passo para estimativa da TAXACRESC e SINTEST do oídio, utilizando parâmetros meteorológicos obtidos a nível micro-climático.....	72
21	Equações de regressão linear por transformação das taxas de crescimento da helmintosporiose (Y) em função dos produtos da TMED (X ₁) com a DPMEDIA (X ₂) e TOTALCHUVA (X ₃), durante o ano de 1990.....	74
22	Níveis de intensidade das taxas de crescimento da helmintosporiose (Z) em função da temperatura média (X ₁) e do total de chuva e/ou irrigação (X ₃).....	74
23	Diferenças médias entre os valores observados e estimados (Estimativa 1 e 2) de severidade da helmintosporiose sobre a cultura do trigo, durante a 1.ª fase de experimentação (1990) para os quatro tratamentos	79
24	Conjunto de dados médios do período, utilizados na determinação das equações de estimativa da taxa de crescimento da helmintosporiose (1990).....	100

Tabela n.º		Página
25	Conjunto de dados médios do período, utilizados na determinação das equações de estimativa da taxa de crescimento do oídio (1991)	101
26	Conjunto de dados médios do período, utilizados na determinação das equações de estimativa do sintoma da helmintosporiose (1990)	102
27	Conjunto de dados médios do período, utilizados na determinação das equações de estimativa do sintoma do oídio (1991)	103

LISTA DE FIGURAS

Figura n.º		Página
1	Delineamento experimental da primeira fase - 1990.....	32
2	Delineamento experimental da segunda fase - 1991.....	32
3	Esquema da disposição dos equipamentos dentro de cada sub-área (tratamento) nos dois anos de experimentação	35
4	Equipamentos meteorológicos utilizados no experimento: (A) aspergígrafo; (B) orvalhógrafo; (C) abrigo termométrico e termohigrógrafo; (D) vista geral do experimento.....	36
5	Tipos de correlações realizadas entre clima, doença e tempo, para confecção das equações de estimativa da taxa de crescimento (A) e do sintoma (B) para a helmintosporiose e para o oídio	43
6	Comparação entre os valores de duração do período de molhamento obtidos visualmente (DPMV) e medidos por diferentes equipamentos em cultura de trigo durante 1990.(A) aspergígrafo (ASPERG); (B) orvalhógrafo (ORVALHOG); (C) higrógrafo (NHU)=90%).....	48

- 7 Comparação entre dados obtidos na cultura do trigo (TRIGO) e no posto meteorológico (POSTO): (A) temperatura mínima do ar (TMIN); (B) NHUR>=90%; (C) NHUR>=90% no trigo e NHUR>=85% no posto; (D) NHUR>=90% no trigo e NHUR>=80% no posto..... 52
- 8 Comparação entre os valores medidos de duração do período de molhamento (DPMV) e diferentes parâmetros meteorológicos obtidos na cultura do trigo: (A) temperatura mínima do ar (TMIN); (B) velocidade do vento (VENTO 0.8); (C) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85% (NHUR>=85%); (D) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (NHUR>=90%); (E) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95% (NHUR>=95%)..... 54
- 9 Comparação entre valores medidos de duração do período de molhamento (DPMV) e os diferentes parâmetros meteorológicos obtidos no posto meteorológico: (A) temperatura mínima do ar (TMIN); (B) velocidade do vento (VENTO 10); (C) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 80% (NHUR>=80%); (D) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85% (NHUR>=85%); (E) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (NHUR>=90%)..... 57

- 10 Intervalos de confiança entre as taxas de crescimento médias da helmintosporiose (1990) (A) e do oídio (1991) (B) na cultura do trigo, sob diferentes condições microclimáticas. (SI-D = sem irrigação, menor densidade; CI-D = com irrigação, menor densidade; CI+D = com irrigação, maior densidade; SI+D = sem irrigação, maior densidade)..... 67
- 11 Determinação gráfica dos níveis de intensidade da taxa de crescimento da helmintosporiose através dos dados de temperatura média e do total de chuva e/ou irrigação dos últimos 4 dias..... 75
- 12 Sintoma da helmintosporiose observado e estimado através de equações de regressão múltipla, em função do SINTAT e TMED (ESTIMADO 1) e de regressão linear simples por transformação, em função da TMED e TOTALCHUVA (ESTIMADO 2).
Tratamentos: 1 = SI-D; 2 = CI-D..... 77
- 13 Sintoma da helmintosporiose observado e estimado através de equações de regressão múltipla, em função do SINTAT e TMED (ESTIMADO 1) e de regressão linear simples por transformação, em função da TMED e TOTALCHUVA (ESTIMADO 2).
Tratamentos: 3 = SI+D; 4 = CI+D..... 78

**OCORRÊNCIA DE HELMINTOSPORIOSE (*Helminthosporium sativum*)
E DE OÍDIO (*Erysiphe graminis*) NA CULTURA DO TRIGO
(*Triticum aestivum*, L.) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES
MICROCLIMÁTICAS.**

Autor: Paulo Cesar Sentelhas

Orientador: Dr. Mário José Pedro Júnior

RESUMO

Foram realizados experimentos de campo (1990 e 1991) com o objetivo de estudar o efeito da irrigação por aspersão e da densidade de plantio na temperatura média do ar e na duração do período de molhamento, e de avaliar como influem na ocorrência de helmintosporiose e de oídio na cultura do trigo, possibilitando desenvolver equações de estimativa da taxa de crescimento e sintomas desses patógenos.

Para a avaliação de métodos agrometeorológicos de registro e de estimativa da duração do período de molhamento (DPM), foram testados três equipamentos e desenvolvidas equações de estimativa, com dados medidos no posto meteorológico e na cultura, comparando-os com dados de DPM obtidos visualmente na cultura do trigo. Verificou-se que o aspergígrafo foi o melhor dos equipamentos testado para registro da DPM e a melhor estimativa com dados obtidos na cultura foi em função do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% ($NHUR \geq 90\%$), e no posto, em função da velocidade do vento e do $NHUR \geq 90\%$ ou $NHUR \geq 85\%$.

Posteriormente, foram feitas análises estatísticas para determinação da influência da irrigação por aspersão e da densidade de plantio sobre a temperatura média do ar; a DPM e a taxa de crescimento dos patógenos. Nas áreas com maior densidade de plantas e irrigadas quase

sempre as temperaturas foram mais baixas (0.7°C) e a DPM maior (45 minutos). Com relação às taxas de crescimento, notou-se que foram influenciadas pela irrigação e pela densidade de plantio quando as condições macroclimáticas não eram amplamente favoráveis ao desenvolvimento dos patógenos, fato que ocorreu durante a segunda fase experimental (1991).

Após essas análises, foram desenvolvidas equações de regressão entre os parâmetros meteorológicos e os de doenças para avaliação do grau de correlação. A partir daí, foram elaboradas equações de regressão simples e múltiplas para estimativa da taxa de crescimento e sintoma da helmintosporiose e oídio. Encontrou-se, apesar dos baixos coeficientes de determinação, que a taxa de crescimento da helmintosporiose pode ser estimada com significância estatística, em função do total de chuva e/ou irrigação e do oídio em função da temperatura média, total de chuva e/ou irrigação e DPM média. Por outro lado, as equações de estimativa dos sintomas apresentaram coeficientes de determinação mais elevados, desde que levando-se em conta o sintoma observado no período anterior, juntamente com a temperatura média para a helmintosporiose e com o total de chuva e/ou irrigação para o oídio.

A taxa de crescimento da helmintosporiose pôde também ser estimada através do produto da temperatura média do ar com o total de chuva e/ou irrigação.

BROWN SPOT (*Helminthosporium sativum*) AND POWDERY MILDEW (*Erysiphe graminis*) OCCURENCE IN WHEAT CROP (*Triticum aestivum*, L.) UNDER DIFFERENT MICROCLIMATIC CONDITIONS.

Author: Paulo Cesar Sentelhas

Adviser: Dr. Mário José Pedro Júnior

SUMMARY

Field experiments (1990 and 1991) were carried out to study the effect of sprinkler irrigation and crop density on micrometeorological parameters: average air temperature and dew duration, and to evaluate their influence in the occurrence of brown spot and powdery mildew in wheat crop, to develop equations of estimative of infection rates and severity of diseases.

To evaluate agrometeorological methods of recording and estimating dew duration (DPM) three equipment were tested and after equations were developed with data measured in meteorological standard station and in the wheat crop, and compared with visual observation of dew duration. The Woelfle type of dew recorder had the best performance of the equipments tested to record DPM and the best estimative with data obtained in the crop was in function of the number of relative humidity equal or higher than 90% ($NHUR \geq 90\%$) and with data obtained in meteorological standard station was in function of the wind velocity and $NHUR \geq 90\%$ or $NHUR \geq 85\%$.

Statistical analisys were made for determination of the sprinkler irrigation and crop density influence on the average air temperature, dew duration and infection rates of diseases. It was verified that in most dense and irrigated plots the air temperature were lower ($0.7^{\circ}C$) and the DPM were longer (45 minutes) than in the other plots. The infection rates of diseases were

influenced by irrigation and crop density when macroclimatic conditions were not favourable to disease development as occurred during the second phase of the experiment (1991).

After these analyses, regression equations with meteorological parameters and diseases were developed to evaluate the correlation grade. Simple and multiple regression equations were developed to estimate brown spot and powdery mildew infection rates and severities. Besides the low determination coefficients, infection rates of brown spot could be estimated with statistical significance as a function of the total rain and/or irrigation and powdery mildew as a function of average air temperature, total rain and/or irrigation and dew duration. On the other hand, the equations to estimate severity showed higher determination coefficients when the previous observed severity was included in the equation together with average air temperature for brown spot and together with total rain and/or irrigation for powdery mildew.

The estimates of infection rate by brown spot could also be done using the product of average air temperature and total rain and/or irrigation.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do trigo, no Brasil e a nível mundial, sempre mereceu destaque, tratando-se de um dos mais importantes cereais cultivado pelo homem, principalmente por sua importância na alimentação humana (SCHEEREN, 1986). Ela tem ampla adaptação apesar que as maiores áreas estão concentradas entre 20° e 55° de latitude Norte e Sul, onde os rendimentos variam de menos de 1.000 Kg/ha a 10.000 Kg/ha (áreas irrigadas na Europa) (MOTA, 1982).

No Estado de São Paulo o trigo (*Triticum aestivum* L.), é cultivado durante o inverno devido às suas exigências climáticas (MOTA, 1982), exigindo ainda o emprego da irrigação suplementar para o suprimento hídrico, principalmente no período que compreende a formação de órgãos reprodutivos e a floração (LOMAS, 1976), para atingir índices satisfatórios de produtividade.

A utilização da irrigação, nas regiões produtoras de trigo irrigado, tem sido cada vez mais frequente, visto que os índices pluviométricos, durante o inverno no Estado de São Paulo, são insuficientes para o atendimento da demanda hídrica da cultura.

A aplicação frequente e desmedida de água na cultura do trigo durante todo seu ciclo, sem monitoramento, tem permitido o desenvolvimento de patógenos anteriormente pouco comuns na cultura. Provavelmente, devido às alterações microclimáticas provocadas pela aplicação frequente da água.

A irrigação provoca alterações microclimáticas na cultura, principalmente, na temperatura, umidade, duração do período de molhamento (DPM), parâmetros fundamentais nos processos epidemiológicos, que podem ser ainda afetados pelo adensamento da cultura.

A irrigação, principalmente a realizada por aspersão, é a que mais favorece o desenvolvimento epidemiológico de fungos foliares, por propiciar um filme de água necessário para processos como a germinação e penetração dos patógenos nas folhas.

Segundo BARROS (1988), um dos grandes problemas enfrentados pelo agricultor são as doenças que ocorrem na cultura do trigo. As mais comuns são a ferrugem do colmo (*Puccinia graminis*) e da folha (*Puccinia recondita*) pela frequência e intensidade de ocorrência. Outras doenças como a helmintosporiose (*Cochliobolus sativus*), septoriose (*Septoria nodorum*), oídio (*Erysiphe graminis*), giberela (*Gibberella zeae*) e mais recentemente a brusone (*Pyricularia sp.*), chegam a ser mais importantes que as ferrugens quando as condições meteorológicas são altamente favoráveis.

Essas doenças tem ocorrido com elevada frequência em lavouras de trigo em anos extremamente chuvosos ou onde a irrigação por aspersão tem sido empregada, fazendo com que sejam intensificados os controles químicos, concorrendo para aumento do custo de produção (FELÍCIO *et alii*, 1986; FELÍCIO *et alii*, 1988).

Estas constatações evidenciam a importância da identificação e determinação dos parâmetros climáticos que condicionam o estabelecimento e desenvolvimento das doenças foliares em trigo, permitindo dessa forma a previsão da época de ocorrência de infecções por patógenos, possibilitando a racionalização do uso de fungicidas e a redução dos custos da produção.

Levando em consideração o que foi exposto, foram estabelecidos os seguintes objetivos no presente trabalho:

- a) verificar o efeito das condições microclimáticas, alteradas pela irrigação e densidade da cultura, na epidemiologia da helmintosporiose (*Helminthosporium sativum*) e do oídio (*Erysiphe graminis*), e no microclima da cultura;
- d) relacionar as condições microclimáticas da cultura com a severidade das doenças observadas para testar regra climática de estimativa do desenvolvimento da helmintosporiose e do oídio na cultura do trigo;
- c) testar equipamentos e desenvolver métodos de estimativa da duração do período de molhamento (DPM) para a cultura do trigo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Orvalho e duração do período de molhamento (DPM)

2.1.1. Orvalho como fenômeno físico

No glossário de meteorologia (METEOROLOGICAL COMMITTEE, 1951), o orvalho é definido como a água condensada sobre uma superfície próxima ao solo, quando a temperatura cai abaixo do ponto de orvalho, devido ao resfriamento por perda de radiação durante a noite. E a temperatura do ponto de orvalho é aquela na qual uma dada parcela de ar deve ser resfriada sob pressão e teor de vapor constantes afim de que haja saturação (METEOROLOGICAL COMMITTEE, 1951; MONTEITH, 1973; CAMPBELL, 1977).

O orvalho pode ser proveniente da condensação do vapor d'água do ar adjacente à superfície, da camada imediatamente superior, no processo conhecido como "precipitação de orvalho" ou de uma superfície evaporante inferior à folha, no processo conhecido como "destilação de orvalho" (MONTEITH, 1961; MONTEITH, 1957; ROSENBERG *et alii*, 1983), sendo ambos, respectivamente, função de um gradiente de pressão de vapor e de um coeficiente de transferência turbulenta e difusão molecular (MONTEITH, 1961; BURRAGE, 1972; SHARMA, 1976). Porém, segundo RAMAN *et alii* (1973), a condensação da face inferior é geralmente insignificante quando comparada com a condensação na face superior.

O orvalho se forma como resultado da perda radioativa de calor das superfícies das plantas e transferência de vapor de água para elas (MONTEITH, 1957; MONTEITH, 1961; BURRAGE, 1972; CROWE *et alii*, 1978; VAN DER WAL, 1978). A perda líquida por radiação é acompanhada pela transferência de calor sensível de uma parcela de ar mais aquecida, para uma superfície mais resfriada onde ocorre a condensação e liberação de calor latente de condensação (BURRAGE, 1972; SHARMA, 1976).

Segundo MONTEITH (1961), o potencial de condensação sobre uma superfície não depende somente das propriedades aerodinâmicas, sendo também proporcional à perda de radiação. Quando a superfície é horizontal, essa perda pode ser calculada através de uma fórmula empírica simples. Em superfícies não horizontais a perda de radiação será função do ângulo zenital da folha. Portanto a permanência de água sobre as folhas é função do seu ângulo de inclinação, que influenciará as taxas de evaporação (BUTLER, 1985).

Além desse fator, a quantidade e duração do orvalho depende da estrutura (estágio de desenvolvimento, posição, ângulo, geometria da folha e localização específica dessa dentro da planta), tamanho e propriedades térmicas da superfície vegetal e parâmetros a nível micrometeorológicos como: temperatura, umidade e velocidade do vento (SHARMA, 1976; SUTTON *et alii*, 1984).

BURRAGE (1972), estudando orvalho na cultura do trigo, verificou uma maior quantidade formada nas partes mais altas da cultura, porém a duração do molhamento por orvalho nas diferentes alturas da planta foi semelhante. O mesmo foi observado por MONTEITH & BUTLER (1979), em cacauzeiros, onde o orvalho se formou mais fácil e intensamente no topo da cultura, sendo o molhamento existente nas folhas internas provenientes do processo de destilação e do gotejamento do excesso de água das folhas

superiores, não havendo portanto grandes diferenças da duração do período de molhamento na folhagem.

Os fluxos de vapor da superfície são influenciados pela radiação, temperatura, umidade e velocidade do vento (MONTEITH, 1961; BURRAGE, 1972), sendo que a formação de orvalho é beneficiada não só pela elevada umidade do ar como também pela baixa velocidade do vento (COLLINS & TAYLOR, 1961), pois as fortes advecções misturam o ar fazendo com que não haja gradiente de temperatura (MONTEITH, 1957), reduzindo a probabilidade de ocorrência de condensação (Geiger citado por CROWE *et alii*, 1978).

Vários autores têm citado as condições favoráveis requeridas para a formação de orvalho (FRITSCHEN & DORAISWAMY, 1973; MONTEITH, 1973; SHARMA, 1976; CROWE *et alii*, 1978; ROSENBERG *et alii*, 1983):

- atmosfera limpa e calma (ventos de baixa velocidade), com baixa umidade específica para permitir suficiente perda de radiação de onda longa e resfriamento da superfície;
- superfície irradiante, em que o orvalho possa se condensar;
- alta umidade relativa nas camadas de ar próximas à superfície.

Nessas condições, segundo BAIER (1966), a formação de orvalho se inicia em média duas a três horas após o pôr do sol, continuando até uma hora após o nascer

 GEIGER, R. The climate near the ground. Havard University Press, 494 pp. 1957.

LEHMANN, P. & SCHANDERL, H. Tau und Reif - Wissenschaftliche Abhandlungen. Springer, Berlin, 2(4):20pp.

do sol. Essa duração poderá ser alterada em função do vento, do cultivo do solo, da irrigação e da cobertura do solo com palha ou plástico (Lehmann & Schanderl citados por BAIER, 1966).

Alguns autores discordam quanto à importância do orvalho como fonte de água no ciclo hidrológico. Porém, todos são categóricos quanto à importância desse fenômeno na agricultura e ecologia das regiões áridas e semi-áridas do mundo (BAIER, 1966; WALLIN, 1967; MARLATT, 1971; ROSENBERG *et alii*, 1983), onde chega a representar um suprimento de água total de 15 a 20 % da evaporação das árvores (FRITSCHEN & DORAISWAMY, 1973).

Segundo MONTEITH (1973), a contribuição do orvalho no balanço de água da vegetação é pequena, pois as quantidades são de magnitude muito menor que as taxas de evaporação potencial. SMITH (1972), concorda com a pequena participação do orvalho como fonte de água, porém salienta a importância da duração do fenômeno, o qual poderá afetar uma série de atividades agrícolas.

MARLATT (1971) cita que a grande maioria das pesquisas com orvalho se concentram nas medidas, efeito sobre pragas e doenças, estimativa e previsão e relação com plantas, sendo muito pouco estudada sua climatologia o que, segundo BAIER (1966), permitiria relacionar as condições macroclimáticas com sua formação, possibilitando previsões e estimativas mais precisas de um fenômeno atmosférico de difícil observação, medida e registro (WALLIN, 1967).

2.1.2. Duração do molhamento por orvalho e desenvolvimento de doenças em plantas

A ocorrência de doenças em plantas resulta de uma complexa interação entre hospedeiro, patógeno e ambiente físico (BURRAGE, 1972; BURRAGE, 1978).

Os fatores do ambiente influenciam o hospedeiro e o patógeno, e às vezes os vetores dos patógenos. Portanto, a observação contínua das condições ambientais, da cultura e do patógeno são indispensáveis para o entendimento e quantificação dessas relações (SUTTON *et alii*, 1984).

Vários são os autores que evidenciam a importância do orvalho no estabelecimento e desenvolvimento de doenças, pois apesar de beneficiar as plantas em alguns casos, o orvalho, quando persiste e é retido sobre as plantas por longos períodos, favorece a germinação de esporos de fungos (COLLINS & TAYLOR, 1961; BAIER, 1966; RAMAN *et alii*, 1973; MONTEITH & BUTLER, 1979; BERTON & MELZER, 1984; HUBAND & BUTLER, 1984; BUTLER, 1985; BAJIC, 1988; MELCHING *et alii*, 1989; PEDRO JR. *et alii*, 1991; BUTLER & JADHAV, 1991), além de prejudicar várias atividades agrícolas de campo como as colheitas (RILEY, 1963; ALDERMAN & BRYAN, 1967).

BURRAGE (1972) e VAN DER WAL (1978) salientaram que a duração do período com orvalho sobre as plantas é muito mais importante que a quantidade total de água depositada sobre elas, com relação ao desenvolvimento de doenças. Muitos esporos de fungos requerem um período de água livre para que haja sucesso na germinação de esporos e infecção dos hospedeiros (BAIER, 1966; WALLIN, 1967; RAMAN *et alii*, 1973; CROWE *et alii*, 1978; PEDRO JR., 1980; PEDRO JR. & GILLESPIE, 1982a e 1982b; HUBAND & BUTLER, 1984); pois só assim os apressórios dos fungos conseguem penetrar nos estômatos das folhas (ROSENBERG *et alii*, 1983). A permanência de orvalho influencia também a eficiência dos pesticidas e os esquemas de aplicação (LOMAS & SHASSHOUA, 1970; GILLESPIE & BARR, 1984; BARTHAKUR, 1985).

YARWOOD (1956), verificou que os patógenos tem diferentes necessidades de duração do período de

molhamento (DPM) para o mesmo estágio de desenvolvimento da doença e o mesmo patógeno requer períodos de umidade distintos nos diversos estágios de seu desenvolvimento.

MARTINEZ & GOMEZ (1985), estudando a germinação de esporos do fungo da ferrugem do café (*Hemileia vastatrix*), verificaram que é indispensável a existência de uma película de água sobre as folhas. Na Colombia esse molhamento é proporcionado pelas intensas chuvas, que segundo EVERSMEYER & BURLEIGH (1970) lavam inóculos do ar, reduzem a luminosidade e abaixam as temperaturas, aumentando a probabilidade de formação de orvalho por dias seguidos.

WALLIN (1967), fez uma extensa revisão sobre as relações existentes entre orvalho e desenvolvimento de doenças em plantas, chegando à conclusão que não só a duração do molhamento determina as condições ideais para a germinação e penetração dos esporos como também a temperatura, tendo ela ação depressiva, como verificado por ORTOLANI (1973), nas várias fases de desenvolvimento do fungo *Hemileia vastatrix* em cafeeiros no Estado de São Paulo, pois atua como fator de evaporação que induz a uma menor duração do molhamento.

Apesar da temperatura ser um fator menos limitante do que a umidade no desenvolvimento de doenças (SINGH & CHAND, 1985; PEDRO JR., 1989), a combinação do binômio temperatura-duração do período de molhamento é que irá condicionar o sucesso ou insucesso do processo infeccioso, pois o ambiente é um complexo que inclui muitos fatores que devem estar limitados entre condições mínimas e máximas necessárias para o desenvolvimento das doenças (EVERSMEYER & BURLEIGH, 1970).

GASPAROTTO (1988), estudando a influência do binômio temperatura-duração do período de molhamento sobre a infecção de *Microcylus uli* em seringueira,

concluiu que foram necessárias pelo menos 6 horas de molhamento foliar a 24°C para haver infecção. Porém, a 20°C foram necessárias 8 horas de molhamento e a 16°C não houve manifestação da doença. A combinação que proporcionou intensa infecção foi: temperatura de 24°C e com 16 horas de molhamento.

LUZ (1982), submeteu vários cultivares de trigo inoculados com *Cochliobolus sativus* a diferentes períodos de molhamento entre 6 e 54 horas para verificar o grau de resistência. Os cultivares mais resistentes exigiram uma duração de molhamento de 30 horas para que 35% da área foliar fosse atacada, enquanto que os mais suscetíveis exigiram somente 18 horas.

Vários outros autores indicaram as relações entre temperatura e molhamento no desenvolvimento de doenças do trigo. As manchas foliares causadas por *Alternaria triticina* são favorecidas por dias com mais de 10 horas de molhamento e com temperaturas mínimas maiores ou iguais a 10°C (PRABHU & PRAKASH, 1973). Já as causadas por *Pyrenophora tritici-repentis* são favorecidas por duração do molhamento superiores a 12 horas e temperaturas entre 10°C a 30°C (HOSFORD et alii, 1987).

2.1.3. Equipamentos usados na medição de orvalho e sua duração

Atualmente não existe um método padronizado para registro de orvalho, o que tem impossibilitado a comparação dos dados obtidos através de diferentes equipamentos (WALLIN, 1967; AMADOR, 1987).

Apesar do orvalho ser um fenômeno atmosférico de difícil observação, registro, medida e avaliação de suas influências na agricultura, existem vários equipamentos desenvolvidos para sua medida (WALLIN, 1967; GETZ, 1991).

Segundo Post *et alii* citados por AMADOR (1987), a comissão da Organização Mundial de Meteorologia para analisar instrumentos e métodos de observação dos períodos de molhamento em folhas dividiu esses instrumentos em quatro grupos principais, de acordo com o princípio de medida. O GRUPO I se refere aos equipamentos que registram o orvalho através de mudanças no comprimento do elemento medidor, devido ao molhamento; no GRUPO II, o elemento medidor sofre mudanças irreversíveis por si mesmo de tal maneira que indica ou registra o período de molhamento; os do GRUPO III são os aparelhos que registram o orvalho através da pesagem da umidade depositada; e no GRUPO IV se incluem os equipamentos que medem a formação de orvalho através da mudança na condutividade elétrica das superfícies de folhas naturais ou artificiais.

LOMAS & SHASHOUA (1970), utilizaram os registradores tipo Woelfle e Taylor. O primeiro é conhecido como aspergígrafo, e tem como sensor fios de cânhamo que mudam de comprimento com a variação da umidade. O segundo tem como elemento sensor um prato de cristal giratório e um lápis de grafite onde a umidade depositada no prato dissolve o grafite que efetua os registros. Os autores compararam medições feitas nos aparelhos com o número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 85%, e não constatarem diferenças significativas na DPM.

MARLATT (1971), utilizou a balança de Hiltner, que é semelhante ao registrador Kessler-Fuess (orvalhógrafo), adaptando um mecanismo de proteção dos registros contra as oscilações excessivas causadas pelo vento, obtendo resultados satisfatórios.

 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 55, Geneva, 1963. 41p.

O registrador deWit (GRUPO I), o primeiro equipamento desse grupo, introduzido há mais de 40 anos, foi utilizado por SUTTON *et alii* (1984), para medir a duração do período de molhamento em cenoura, maçã e batata apresentando boa acurácia com erros menores do que uma hora.

Além desses, muitos outros equipamentos foram desenvolvidos ou adaptados de modo a se buscar alternativas para a medição da duração do molhamento para fins epidemiológicos.

MELCHING (1974) desenvolveu um sistema portátil para registro eletrônico contínuo de condições de umidade sobre superfícies de plantas, onde fatores como temperatura, radiação e vento não afetam a continuidade e performance das medidas.

WELTZIEN & STUDDT (1974), combinaram em um equipamento o registro de temperatura e duração do molhamento, visando melhorar o controle da sarna da macieira no Líbano. Eles retiraram do termohigrógrafo o sensor de umidade e adaptaram um braço semelhante ao de um aspergígrafo para medida da duração do período de molhamento.

A eficiência desses equipamentos em medir a duração do período com presença de orvalho, é um fator muito importante na escolha para utilização. HUBAND & BUTLER (1984) compararam a performance de seis sensores de duração do período de molhamento numa cultura de trigo e verificaram que o comportamento dos equipamentos dependia das condições ambientes e de como os sensores interceptavam e retinham o orvalho. O problema pôde ser superado utilizando-se a própria folha da planta como sensor em um sistema de raios beta (sensor radiométrico), como foi feito por BARTHAKUR (1985).

AMADOR (1987), comparando medidas feitas em três tipos de equipamentos de determinação da duração do período de molhamento com observações visuais, concluiu

que o registrador Lufft (termohigrógrafo com uma terceira pena adaptada a um sensor eletrônico) foi o que menores erros apresentou (9,7%), sendo bem inferiores aos erros médios apresentados pelo aspergígrafo (17,5%) e pelo orvalhógrafo (34,0%).

Além da acurácia, outro fator que deve ser levado em consideração na escolha do equipamento adequado, é o tempo de resposta do elemento sensor, devido ao fato de ser o ponto de orvalho atingido muito rapidamente (VAN DER WAL, 1978; Post *et alii* citados por AMADOR, 1987).

Após a escolha do equipamento mais adequado para as medidas, deve-se cuidar da instalação do aparelho. Sendo que o sensor deve ficar em posição com condições de perda de radiação a níveis comparáveis com a planta que se deseja estudar (VAN DER WAL, 1978; SUTTON *et alii*, 1984).

2.1.4. Estimativa da DPM

A duração do período de molhamento é importante parâmetro para a infecção de plantas causada por uma série de fungos patogênicos. Vários estudos têm empregado dados de estações meteorológicas padrões em modelos de previsão da duração do orvalho para uso em programas de manejo de doenças de plantas (PEDRO JR. & GILLESPIE, 1982b), visto que a disponibilidade de medidas e registros deste parâmetro são muito raras.

DAVIS (1957), desenvolveu um método de previsão de condições favoráveis ou não à formação de orvalho, baseado em parâmetros sinópticos, radiação líquida, depressão do ponto de orvalho e velocidade do vento próxima a superfície, sendo de pouca aplicabilidade em estudos epidemiológicos.

Alguns anos após, WALLIN (1967) publicou uma extensa revisão sobre o fenômeno orvalho, ressaltando a importância da previsão e dos modelos desenvolvidos que se

preocupavam mais em estimar a quantidade do que a duração do período de molhamento.

Mais tarde, CIMINO (1976) desenvolveu equações para previsão da intensidade e da hora do início e fim do molhamento, possibilitando assim estimar a duração do período com presença de orvalho nas folhas. Para tanto, utilizou dados de velocidade do vento, temperatura do ar, ponto de orvalho e cobertura de nuvens em equações de regressão múltipla.

Posteriormente CROWE *et alii* (1978), utilizaram dados de uma estação meteorológica padrão para estimar a duração do período de molhamento. Desenvolveram equações de regressão múltipla envolvendo variáveis como: umidade relativa, velocidade do vento e temperatura mínima, obtendo acurácia de 71%, que foi elevada para 85% com a inclusão, na equação, de dados de umidade do solo. Esses resultados foram contestados por GETZ (1979), pois os padrões de medida da duração do molhamento utilizados pelos autores foram o número de horas de umidade relativa maior ou igual a 90% e o registrador tipo Taylor, que não são aconselháveis devido a erros que apresentam.

PEDRO JR. (1980) e PEDRO JR. & GILLESPIE (1982a), utilizaram dados micrometeorológicos para estimar a duração do período de molhamento, através da técnica do balanço de energia juntamente com a teoria de transferência de calor em uma superfície plana, para uma folha individual. O modelo foi testado em culturas de maçã, milho e soja e, na média, apresentou erros de 30 minutos para as folhas expostas e de 60 minutos para folhas sombreadas. O mesmo método foi usado mais recentemente por PARIZZI *et alii* (1991).

Além disso, PEDRO JR. (1980) e PEDRO JR. & GILLESPIE (1982b) adaptaram o método do balanço de energia para estimar a duração do período de molhamento com dados

obtidos em estação meteorológica padrão de: velocidade do vento, temperatura do ar e do ponto de orvalho e cobertura de nuvens. As diferenças entre valores estimados e observados foram 30 minutos maiores em relação ao método micrometeorológico.

GILLESPIE & BARR (1984), utilizaram o modelo desenvolvido por PEDRO JR. & GILLESPIE (1982b), adaptando-o para culturas e locais diferentes, obtendo resultados considerados bons, com erros menores que uma hora.

Outro método muito utilizado de estimativa da duração do período de molhamento, além das equações de regressão múltipla e do balanço de energia, é através do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% ($NHUR \geq 90\%$), obtidas em termohigrógrafo no posto meteorológico, condição na qual já ocorre condensação (SUTTON *et alii*, 1984), apesar de constatações mais recentes verificarem presença de orvalho com umidade relativa abaixo de 90% (PARIZZI *et alii*, 1991).

Vários autores têm relacionado o $NHUR \geq 90\%$ com dados visuais de período de duração do orvalho e com medidas realizadas em outros tipos de equipamento, encontrando boas correlações. AMADOR (1987) desenvolveu equação para estimativa da duração do período de molhamento baseado em parâmetros observados no posto meteorológico, através de uma regressão linear simples, onde o molhamento era função do $NHUR \geq 90\%$. Os dados de velocidade do vento e temperatura mínima quando incluídos na equação não a melhoravam. GASPAROTTO (1988), estudando a epidemiologia do mal-das-folhas em seringueira em Minas Gerais e Amazonas verificou alta correlação ($R^2 > 0,91$) entre o $NHUR \geq 90\%$ e o número de horas com molhamento foliar, para todos os meses do ano. Posteriormente PEDRO JR. *et alii* (1991), estudando doenças foliares da videira em Jundiaí, São Paulo, também utilizaram o $NHUR \geq 90\%$ para estimar a duração do período de molhamento, verificando

serem as condições medidas no campo muito próximas às obtidas em posto meteorológico ($R^2 = 0.88$).

Mais recentemente, ZHANG & GILLESPIE (1990) desenvolveram um modelo adaptado da equação de Penman, utilizando dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar medidos em posto meteorológico, para estimar a duração do período de molhamento em cultura de milho. Os resultados obtidos superestimaram a duração do orvalho em 14%, ou seja 25 minutos.

PEDRO JR. & GILLESPIE (1982b) salientaram que as equações e modelos desenvolvidos para estimativa da duração do período de molhamento somente são válidas para as culturas em que foram desenvolvidas, devido às diferentes características de arquitetura, morfológicas, microclimáticas e culturais de cada uma das espécies, devendo-se portanto adaptar as equações e modelos aos novos locais e culturas, como foi feito por GILLESPIE & BARR (1984).

2.2. Influência da irrigação e densidade de plantio

2.2.1. No microclima

Segundo ROTEM & PALTÍ (1969), o microclima de uma cultura é determinado pela densidade de plantio, topografia, tipo de solo, drenagem e fatores culturais, como a irrigação.

Apesar de ser o principal meio para o aumento da produção de alimentos em regiões onde a distribuição de chuvas é irregular, a irrigação associada à densidade da cultura resultam em alterações microclimáticas que afetam o curso diário da umidade e da temperatura dentro do dossel de plantas, favorecendo o desenvolvimento de epidemias (MENZIES, 1967; ROTEM & PALTÍ, 1969; PEDRO JR., 1989).

ROTEM & PALTI (1969) mostraram que o efeito da irrigação por aspersão sobre a temperatura e a umidade é mais pronunciado sob condições macroclimáticas extremas, ou seja, sob condições de alta temperatura e baixa umidade do ar onde a irrigação chega a reduzir a temperatura em 8° a 9°C e aumentar a umidade relativa em 50%. Já sob condições de baixa temperatura e alta umidade, a irrigação reduz a temperatura somente em 1°C e eleva a umidade não mais que 2 a 3%.

Valores semelhantes foram verificados por BLAD *et alii* (1978) em cultura de feijão, porém os autores associaram a queda da temperatura e a elevação da umidade, não só à irrigação mas também ao adensamento do dossel.

A irrigação por aspersão é a que mais efeitos tem sobre o microclima de uma cultura, quando comparada com outros métodos de aplicação de água (gotejamento, inundação e por sulcos), pois promove 100% de molhamento do solo, umedecimento de folhas e frutos e redução da temperatura dentro do dossel da cultura (ROTEM & COHEN, 1966; MENZIES, 1967; ROTEM & PALTI, 1969; ROTEM & BEN-JOSEPH, 1970).

Em relação à densidade foliar, nem todos trabalhos conseguiram evidenciar sua influência sobre o microclima das culturas (ROTEM & BEN-JOSEPH, 1970), apesar de afetar marcadamente o balanço de energia radiante e consequentemente a velocidade de evaporação da água proveniente das chuvas, orvalho e irrigações (PEDRO JR., 1989).

2.2.2. No desenvolvimento de doenças

As doenças provocadas em plantas por fungos que atacam folhas e frutos são influenciadas, principalmente, pelo microclima da região. Porém o uso de técnicas agrícolas como sombreamento, quebra-ventos,

cobertura morta do solo, densidade de plantio e irrigação, podem modificar o microclima da comunidade vegetal, alterando o curso diário da temperatura e da umidade do ar influenciando decisivamente na instalação do processo infeccioso e no desenvolvimento epidemiológico por suas interrelações com o patógeno (RANIERE & CROSSAN, 1959; PEDRO JR., 1989).

A água aplicada por irrigação supre a umidade requerida por numerosos patógenos assim como para os hospedeiros, quando realizada por aspersão. Há casos em que a irrigação propicia ao hospedeiro maior resistência a determinadas doenças, principalmente, pelo aumento de vigor. Porém, mais frequentemente, a irrigação favorece o desenvolvimento de epidemias por seu efeito sobre as condições de temperatura e umidade (ROTEM & PALT, 1969).

Na cultura do trigo as constatações da influência da irrigação na ocorrência de doenças são várias. VORSTER (1964) verificou queda de produção nos campos de trigo irrigados, devido à maior infestação de *Helminthosporium sativum*, o que também foi constatado mais tarde por GRISENKO (1972) com a mesma doença e por PRABHU & PRAKASH (1973) com a mancha foliar causada por *Alternaria tritici*. DOROVSKAYA & GABDEEV (1978) estudando doenças de trigo sob condições de sequeiro e irrigado, verificaram que as doenças radiculares causadas por *H. sativum* foram menos intensas em áreas irrigadas, o que não aconteceu com as doenças foliares como as ferrugens e o oídio que apresentam maior severidade sob irrigação.

O tipo de irrigação utilizado é de fundamental importância. A irrigação por aspersão é o tipo que mais efeitos provoca no microclima das culturas, aumentando os riscos de perdas por doenças causadas por fungos e bactérias, pois fornece a umidade necessária para

a infecção (germinação e penetração), favorecendo também a dispersão dos esporos, através dos respingos, para outras plantas (MENZIES, 1967; ROTEM & PALTI, 1969).

ROTEM *et alii* (1962) estudando a cultura da batata e ROTEM & COHEN (1966) trabalhando com tomate, ambos em Israel, concluíram que nas áreas com irrigação por aspersão a incidência de doenças foi mais intensa do que nas áreas com irrigação por sulco, mesmo quando utilizando aplicação de fungicidas, o que, segundo MENZIES (1967) é possível, devido à aspersão tender a lavar os fungicidas das folhas, sendo necessário o uso de formulações mais resistentes às lavagens. Apesar disso, DEMATTÊ *et alii* (1982), não constatarem alterações nos índices de doenças em feijão irrigado por aspersão e por sistema subterrâneo, provavelmente devido ao fato das condições macroclimáticas terem sido altamente desfavoráveis às doenças.

A importância do macroclima nos efeitos da irrigação por aspersão, já havia sido verificada por MENZIES (1967), pois quando utilizada em regiões áridas nem sempre aumentavam a ocorrência de doenças pois a umidade relativa permanecia alta somente por 2 a 3 horas devido às altas temperaturas. Já em regiões sub-úmidas e úmidas a ocorrência de doenças era aumentada pela existência de potencial de inóculo associada ao fato da umidade relativa permanecer alta por períodos de até 5 dias.

Apesar de vários outros autores citarem a influência da irrigação por aspersão no desenvolvimento de doenças (MENZIES, 1954; ZIMMER & URIE, 1967; HODGES & BLAINE, 1974; MALOY & SPECHT, 1988), na realidade, segundo ROTEM & PALTI (1969), não somente a irrigação em geral, nem a aspersão em particular aumentam a incidência das doenças. A chave para o efeito da irrigação sobre o desenvolvimento de epidemias está na interação entre condições criadas pela irrigação, fatores climáticos e a natureza

específica do patógeno e do hospedeiro.

As condições criadas pela irrigação estão ligadas ao tipo, frequência e horário de aplicação. Os fatores climáticos estão relacionados à possibilidade de alterações no microclima e a natureza específica do patógeno e do hospedeiro estão ligadas, respectivamente, à virulência e suscetibilidade.

ROTEM *et alii* (1962) estudaram a influência da frequência das irrigações por aspersão na ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata e verificaram que houve uma maior incidência e severidade da doença em áreas irrigadas com intervalos de 7 a 10 dias do que nas áreas com intervalos de 21 dias.

FRANK (1967) constatou que irrigações leves em curtos intervalos agravaram a ocorrência de *Pythium* em amendoim quando comparadas com irrigações com igual teor de água porém com intervalos mais longos. Conclusões semelhantes tiveram BLAD *et alii* (1978) em cultura de feijão atacada por *Sclerotinia sclerotiorum* e HOY *et alii* (1984) em cultura de tomate atacada por *Phytophthora parasitica*, onde a incidência aumentou de 24% para 84% quando a frequência de aplicação de água passou de 32 para 4 dias.

No entanto, não é só o tipo e frequência da irrigação que favorecem as doenças. A aplicação de adubação nitrogenada excessiva associada às irrigações também exercem influência, pois tais práticas promovem maior desenvolvimento vegetativo das plantas, resultando em um dossel mais denso, e conseqüentemente, mais úmido e ameno, beneficiando assim o desenvolvimento dos patógenos (BLAD *et alii*, 1978; SINGH & CHAND, 1985).

O horário do dia em que é feita a irrigação é outro fator importante com relação às doenças. ROTEM *et alii* (1970), estudando o efeito da irrigação por aspersão aplicada em diferentes horas do dia sobre o desenvolvi-

to de *Phytophthora infestans* em batata, verificaram que a influência do horário foi altamente dependente das condições climáticas vigentes e da densidade da cultura. Concluíram que sob condições climáticas altamente favoráveis ou desfavoráveis à doença, nem a frequência, nem a densidade da cultura e nem o horário da aplicação tiveram efeito sobre o desenvolvimento do patógeno. Já sob condições marginais, ou seja, pouco favoráveis à doença, tanto a densidade da cultura, a frequência de irrigação e o horário da aplicação de água tiveram papel fundamental na ocorrência e desenvolvimento das doenças. Nesse caso, as irrigações realizadas durante a manhã tiveram maior efeito sobre a epidemia pois os esporos da doença são dispersados durante a manhã o que foi favorecido pelos respingos da irrigação e também pelo fato da irrigação prolongar o molhamento, favorecendo a viabilidade desses esporos.

2.3. Doenças foliares do trigo

Muitas são as doenças que ocorrem na cultura do trigo em todo o mundo, desde doenças radiculares até as que atacam as glumas. Porém, dentre todas, as mais afetadas pelas condições microclimáticas da cultura são as doenças foliares como: ferrugens, septorioses, helmintosporiose e oídio que necessitam de condições ótimas para sua ocorrência e desenvolvimento, principalmente, de temperatura e umidade.

As doenças foliares reduzem a produção do trigo por interferirem no processo de fotossíntese, comprometendo em graus variados a eficiência da mesma.

Dentre as doenças mais importantes na cultura do trigo serão descritas a helmintosporiose e o oídio, pela ocorrência frequente que essas vem apresentando em lavouras irrigadas por aspersão.

2.3.1. Helminthosporiose

Segundo CHRISTENSEN (1926), a helminthosporiose, doença que ataca os cereais, principalmente o trigo e a cevada, é causada pelo *Helminthosporium sativum* e provoca sérias perdas. O patógeno ataca toda a planta, reduzindo a produção de várias formas:

- redução da porcentagem de germinação das sementes;
- tombamento (damping-off) das plântulas;
- morte prematura de plantas em fase de amadurecimento.

A helminthosporiose no Brasil é conhecida também por mancha marrom, mancha negra ou mancha cinza e é causada pela *Bipolaris sorokiniana* (sinônimo de *Helminthosporium sativum*). Alguns autores adotam a forma amorfa de *Cochliobolus sativus* ou a espécie *Drechslera sorokiniana*, sendo porém o mais adotado o *H. sativum* (MEHTA, 1978; BARROS, 1988).

Segundo MEHTA (1978) e CARDOSO & KIMATI (1980), o patógeno ataca todas as partes do trigo, sendo observado dois tipos de lesões nas folhas dependendo das condições climáticas. Nas regiões mais frias as lesões são retangulares e negras e nas regiões mais quentes são elípticas e cinzentas. Encontra boas condições para desenvolvimento em todas as regiões tritícolas do Brasil, e os cultivares atualmente em uso comercial apresentam suscetibilidade a esse patógeno (FELÍCIO *et alii*, 1986; BARROS, 1988; FELÍCIO *et alii*, 1988).

CHRISTENSEN (1926), estudando a taxa de crescimento da doença, verificou que esta estava relacionada com a temperatura, sendo o ótimo entre 24° e 28°C. Para a formação de esporos o ótimo de temperatura encontrado foi entre 16° e 25°C.

Dados semelhantes foram obtidos mais tarde por NEMA & JOSHI (1973) e KHANNA & SHUKLA (1981) que constataram ter sido a infecção por *H. sativum* mais rápida

e severa a 28°C e com períodos de umidade relativa igual a 100% acima de 24 horas. A fase mais suscetível da cultura foi a partir do florescimento, também verificado por BARROS (1988), que justificou tal fato à maior translocação de nutrientes para formação da panícula e enchimento dos grãos, tornando a planta como um todo mais vulnerável ao ataque dos patógenos.

MEHTA (1978), considerou para as condições do sul do Brasil, que a helmintosporiose requer temperaturas médias superiores a 15°C e mais de 15 horas de molhamento para que se complete o processo de germinação, penetração e estabelecimento do parasitismo. Já LUZ & BERGSTROM (1986), identificaram como temperaturas ótimas para a doença valores próximos aos encontrados por CHRISTENSEN (1926), NEMA & JOSHI (1973) e KHANNA & SHUKLA (1981), porém fazendo distinções entre cultivares suscetíveis (20°C a 28°C) e moderadamente resistentes (28°C).

Com relação ao período de molhamento, LUZ (1982) analisando cinco cultivares de trigo inoculados com *H. sativum*, verificou que são necessárias pelo menos 6 horas de molhamento para o início dos sintomas. Porém, um aumento da suscetibilidade do hospedeiro e da severidade da doença ocorreu com o aumento da duração do período de molhamento para 24 horas.

No entanto, o período de molhamento e a umidade só começam a ter efeito sobre o desenvolvimento do patógeno quando as temperaturas são favoráveis ao processo, indicando haver interdependência entre esses dois parâmetros climáticos (KHANNA & SHUKLA, 1981). Essa interdependência foi verificada por HORSFORD et alii (1987) nos EUA, onde a helmintosporiose causada por *H. tritici-repentis*, sob condições controladas, só ocorria com determinadas combinações de temperatura e molhamento. À temperatura de 10°C eram necessárias 12 horas de molhamento, quando a temperatura aumentava para 20°C o molha-

mento exigido passava para 24 horas e a 30°C o molhamento necessário era de 48 horas.

2.3.2. Oídio

O oídio, doença causada por *Erysiphe graminis* DC f.sp. *tritici* E. MARCHAL (*Oidium monilioides* LINK), também denominada como cinza ou míldio pulverulento, ocorre em quase todas as partes do mundo em cultura de trigo, manifestando-se no Brasil aparentemente com muita severidade (MEHTA, 1978; CARDOSO & KIMATI, 1980; LINHARES, 1982; BARROS, 1988). Sendo, porém, muito variável de ano para ano devido ao desenvolvimento ser muito dependente de condições climáticas ótimas (POLLEY & CLARKSON, 1978; LINHARES, 1982).

O oídio é uma doença característica de climas temperados, mas pode ocorrer em regiões de clima quente ou frio desde que haja condições de umidade (LINHARES, 1982).

O patógeno é específico do trigo e sobrevive principalmente, em plantas de trigo voluntárias. Sob clima seco, o vento transporta os esporos a longas distâncias. Estes, uma vez depositados em tecidos verdes, germinam não dependendo para isso da presença de água na superfície foliar (YARWOOD, 1956).

DOROVSKAYA & GABDEEV (1978), constataram maior severidade de oídio em áreas irrigadas, na região dos Montes Urais, fato que foi verificado mais tarde no Brasil por BARROS (1988). Este autor cita ainda que devido ao potencial de danos causados pelo oídio na região sul e outras áreas irrigadas, a busca de resistência genética a essa doença tem sido constante.

As condições ótimas para a ocorrência da doença variam de acordo com a fase do ciclo epidemiológico (YARWOOD, 1956). Para a germinação dos

esporos POLLEY & CLARKSON (1978), CARDOSO & KIMATI (1980) e LINHARES (1982) consideraram temperaturas ótimas entre 17° e 20° C com extremos de 12° e 22° C, sem a necessidade obrigatória de umidade relativa do ar elevada. Para a penetração e crescimento do tubo germinativo, a temperatura exigida é de 25° C, sendo necessária a presença de umidade próxima a 100% (LINHARES, 1982). A duração da incubação, período compreendido desde a infecção até o aparecimento dos sintomas, é dependente da temperatura, ou seja a 5° C dura 14 dias e entre 18° C a 25° C sua duração é reduzida para 3 dias. Já a esporulação tem temperatura ótima por volta de 20° C com umidade relativa de 100%. A dispersão dos esporos é inibida com a presença de umidade na superfície das folhas (POLLEY & CLARKSON, 1978).

2.4. Modelos em epidemiologia

2.4.1. Curvas de progresso de doenças

O comportamento de um sistema pode ser descrito matematicamente através de equações, dando origem à modelagem. O modelo matemático representa quantitativamente as hipóteses feitas a respeito do sistema real permitindo deduzir suas consequências, sendo considerado como o formalizador do conhecimento que se tem sobre o sistema (PEREIRA, 1987).

Segundo KRANZ (1974a), um modelo é em qualquer caso uma abstração do mundo real, uma simplificação aproximada da realidade ou parte dela, mas não significa a realidade propriamente dita, nem sua réplica.

As características dos modelos matemáticos, segundo KRANZ & ROYLE (1978), são:

- a) desejáveis: simples, lógico, matematicamente correto e habilitado a prever;
- b) essenciais: meta orientada, confiável e válido.

Em epidemiologia, ciência que estuda as populações de patógenos em populações de hospedeiros e as doenças resultantes dessas interações sob a influência do ambiente e da interferência humana (KRANZ, 1974 a e b; COWLING & HORSFALL, 1978; ZADOKS & SCHEIN, 1979), uma epidemia é o progresso da doença (X) no tempo (t).

Toda epidemia consiste de pelo menos três subsistemas que interagem no tempo: patógeno, hospedeiro e doença, sendo que as interações entre cada subsistema deve ter importante influência sobre o comportamento do sistema como um todo (KRANZ & HAU, 1980).

VAN DER PLANK (1963), fazendo analogia entre juros bancários e crescimento de doenças, propôs dois modelos gerais para descrever o progresso das doenças no tempo. O primeiro chamado de juros simples, para doenças monocíclicas, resultou no chamado monito:

$$\text{Ln} \left(\frac{1}{1-x} \right) = QRt + C \dots \dots \dots (1)$$

onde x é a doença em proporção, Q o inóculo inicial, R a taxa de crescimento da doença, t o tempo e C constante de integração.

O segundo modelo chamado de juros compostos, para doenças policíclicas, resultou no chamado logito:

$$\text{Ln} \left(\frac{x}{1-x} \right) = rt + C \dots \dots \dots (2)$$

sendo x a doença em proporção, r a taxa de infecção e t o tempo.

WAGGONER (1986), descreveu outros modelos utilizados em epidemias além dos propostos por Van der Plank. O primeiro é o modelo de Gauss, o qual utiliza a curva normal. Esse modelo se assemelha ao monomolecular proposto por VAN DER PLANK (1963).

Outro modelo apresentado é o de Gompertz, o qual resultou no chamado gompito:

$$-\ln(-\ln x) = rg \ t + C \dots\dots\dots (3)$$

onde x é a doença em proporção, rg é a taxa de incremento da doença e t é o tempo.

O autor acima citado ainda descreveu o modelo de Richard proposto em 1959, que é função de um parâmetro adimensional que varia de acordo com o tipo de curva apresentada pela doença, e o modelo de Weibull, introduzido em 1951, e utilizado para descrever o progresso da curva epidemiológica, como uma curva flexível para os progressos de doenças de todas as formas.

Todos os modelos utilizam o logarítmo para linearização das curvas de progresso das doenças, permitindo assim a determinação da taxa de incremento ou velocidade da epidemia (r), e a projeção da doença futura (BERGER, 1981).

As variações nas taxas de desenvolvimento das doenças (r), determinadas através de modelos, irão depender da resistência do hospedeiro, da virulência do patógeno e da favorabilidade do ambiente (ZADOKS & SCHEIN, 1979), sendo assim possível, através do estudo epidemiológico, detectar níveis de resistência horizontal (através de r), vertical (através de x_0) (VAN DER PLANK, 1982), e a previsão de ocorrência de doenças de plantas a níveis economicamente importantes (FRY & FOHNER, 1985).

Segundo GASPAROTTO (1988), desde de que Van der Planck propôs as funções monomolecular e logística para descrever o progresso das doenças, estas tem sido muito usadas para descrever curvas epidemiológicas (MERRILL, 1967; EVERSMEYER & BURLEIGH, 1970; BERGER, 1981; LUKE & BERGER, 1982; BERGAMIN FILHO *et alii*, 1986;

GASPAROTTO, 1988). Entretanto, nem sempre os dados se ajustam a esses modelos sendo necessário o uso de análises estatísticas para se verificar o melhor grau de ajuste, principalmente porque na prática nem sempre as regras funcionam podendo doenças monocíclicas serem melhores explicadas pelo modelo logístico e vice-versa.

BERGER (1981) estudando 113 curvas de doenças de nove sistemas fitopatológicos, concluiu que a taxa de crescimento (r), projeção da severidade futura e a determinação do potencial de inóculo (x_0), foram melhor estimadas pelo método de Gompertz, o mesmo sendo verificado por LUKE & BERGER (1982) para a ferrugem em aveia e por GASPAROTTO (1988) para o mal-das-folhas em seringueira. Isso é explicado por BERGER (1981), pelo fato de que há limitações no modelo logístico principalmente por sua curva ser sigmóide e simétrica, o que não ocorre na maioria das doenças, que têm curvas de progresso assimétricas ou seja crescem mais rapidamente no começo e mais lentamente no final.

2.4.2. Previsão de doenças

O benefício potencial dos modelos matemáticos para previsão de doenças depende do conhecimento de alguns fatores: o objetivo da previsão, os princípios epidemiológicos da previsão de doenças e de exemplos de previsões que tenham obtido sucesso (FRY & FOHNER, 1985).

A previsão não é somente um modelo, mas também inclui mecanismos para coleta sistemática de dados e distribuição dos resultados aos usuários através de avisos (VAN DER WAL, 1978).

Segundo SHRUM (1978), as previsões podem ser baseadas em dados da doença, levando-se em consideração que o clima continuará a ser favorável para ela, como utilizado por MERRILL (1967), para fazer

previsões de epidemia da murcha do carvalho, e por BERGAMIN *et alii* (1986), para prever a infecção de carvão em cana-de-açúcar. Baseadas no clima, que levam em consideração que o potencial de inóculo será alto o suficiente para causar uma epidemia antes da cultura completar o ciclo, como as que relacionam a temperatura mínima e o número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95%, como as taxas de infecção de cercosporiose em amendoim, desenvolvidas por JESEN & BOYLE (1966), posteriormente melhoradas e adaptadas para outros locais e doenças por PARVIN *et alii* (1974); SMITH (1986); PEDRO JR. *et alii* (1987b). E existindo ainda, modelos mais complexos que envolvem dados da doença e do clima, em equações de regressão múltipla, como o desenvolvido para previsão de ferrugem em trigo por EVERSMEYER & BURLEIGH (1970) e recentemente melhorado por COAKLEY *et alii* (1988).

Dentro dessa linha, que correlaciona clima e doenças, muitos outros sistemas foram desenvolvidos (KRAUSE *et alii*, 1975; MADDEN *et alii*, 1978; MASCHIO & SAMPAIO, 1982; ZADOKS, 1985; BLAISE *et alii*, 1987; BAJIC, 1988; GASPAROTTO, 1988; MELZER & BERTON, 1989), permitindo, assim, facilitar as tomadas de decisão nas estratégias de controle de doenças de diversas culturas, minimizando os custos da produção.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Local e clima

O experimento foi conduzido sob condições de campo, no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agrônomo (latitude 22° 54' S, longitude 47° 05' W e altitude de 669 metros), em solo classificado como latossolo roxo eutrófico.

A classificação climática da região, segundo Köppen, é Cwa, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno, também denominado de tropical de altitude por CAMARGO *et alii* (1974).

3.2. Período de experimentação e delineamentos

O experimento teve duas fases. A primeira realizada de 24 de abril a 06 de setembro de 1990 e a segunda de 04 de junho a 11 de outubro de 1991. Em ambas ocasiões a cultura instalada foi a do trigo (*Triticum aestivum*, L.), variedade IAC 24.

3.2.1. Primeira fase (1990)

No primeiro ano de experimentação foram demarcadas quatro sub-áreas de 20x20m (400m²), onde foram diferenciadas as condições microclimáticas, condicionadas pelas diferenças na densidade de plantio e aplicação de água por irrigação (Figura 1).

As áreas 1 e 2 foram plantadas sob menor densidade (8 sacos de semente por hectare), enquanto nas áreas 3 e 4 a densidade de plantio foi maior (10 sacos por hectare), resultando num "stand" de 1,3 e 1,7 milhões de plantas por hectare, respectivamente.

Os canteiros experimentais foram demarcados no meio de uma área maior de plantio, com aproximadamente dois hectares, estando separadas por uma distância de 30m.

No centro de cada sub-área foram instalados os equipamentos meteorológicos e dentro de sua extensão foram marcadas 20 plantas para avaliação da severidade das doenças.

A irrigação foi diferenciada da seguinte forma: sequeiro para as sub-áreas 1 e 3 (nessas áreas foram realizadas 4 irrigações no início do desenvolvimento para garantir o estabelecimento da cultura) e para as sub-áreas 2 e 4 irrigação monitorada pelo método climatológico (VILLA NOVA & SCARDUA, 1984) (Tabela 1 e Apendice).

Tabela 1: Número de irrigações de 30mm realizadas nos diferentes tratamentos, na primeira fase de experimentação (1990).

Tratamentos	No. de irrigações de 30 mm
1 e 3	4
2 e 4	6

3.2.2. Segunda fase (1991)

No segundo ano de experimentação foram demarcadas quatro sub-áreas de 20x10m (200m²) onde foram diferenciados os microclimas, condicionados pelas diferenças nas densidades de plantio e nas aplicações de água por irrigação (Figura 2).

Figura 1. Delineamento experimental da primeira fase - 1990.

Figura 2. Delineamento experimental da segunda fase - 1991.

Essas sub-áreas foram demarcadas no centro de uma área maior de plantio de 2 hectares, estando separadas umas das outras cerca de 30 metros.

No centro de cada sub-área foram instalados os equipamentos meteorológicos e dentro de sua extensão foram marcadas 20 plantas para avaliação da severidade das doenças.

As áreas 1 e 2 foram plantadas sob uma densidade menor (8 sacos por hectare), enquanto nas áreas 3 e 4 a densidade de plantio foi maior (15 sacos por hectare), resultando em um "stand" de 1,5 e 2,6 milhões de plantas por hectare, respectivamente.

A irrigação foi diferenciada de modo semelhante à fase 1, sendo que as áreas 1 e 4 foram mantidas sob sequeiro (com irrigações apenas para o estabelecimento da cultura) e as áreas 2 e 3 mantidas sob irrigação, através do método de VILLA NOVA & SCARDUA (1984), com intervalos de aproximadamente 7 dias entre as aplicações (Tabela 2 e Apendice).

Tabela 2: Número de irrigações de 30mm realizadas nos diferentes tratamentos, na segunda fase experimental (1991).

Tratamentos	No. de irrigações de 30mm
1 e 4	3
2 e 3	10

3.3. Observações e registros meteorológicos

Foram instalados dentro de cada sub-área, em ambas as fases, os seguintes equipamentos: aspergígrafo, orvalhógrafo (somente na primeira fase) e microabrigo termométrico com um termohigrógrafo em seu interior, que

registraram o curso diário da temperatura, umidade relativa do ar e duração do período de molhamento, durante o ciclo da cultura do trigo dispostos conforme esquema da figura 3.

3.3.1. Aspergígrafo tipo Woelfle

Utilizado para registrar a duração do período de molhamento, pertence ao grupo I segundo a OMM, da marca R.FUESS modelo 64b. O equipamento foi instalado no centro de cada sub-área nas duas fases da experimentação, sempre no terço superior da cultura, entre as folhas superiores do trigo (Figura 4a).

3.3.2. Orvalhógrafo tipo Kessler-Fuess

Usado para registrar a presença de orvalho. Pertence ao grupo III segundo a OMM. O equipamento foi instalado somente na sub-área 1 na primeira fase do experimento (1990) para a comparação com os outros métodos de medida. Foi instalado no terço superior da cultura, entre as folhas do trigo (Figura 4b).

3.3.3. Microabrigo termométrico e termohigrógrafo

O termohigrógrafo usado para registrar continuamente a temperatura e umidade relativa do ar, em graus Celcius(°C) e porcentagem (%), respectivamente, foi da marca R.FUESS, calibrado quinzenalmente. Foi instalado no centro de cada sub-área nos dois anos de experimentação, ao nível da cultura dentro de um abrigo termométrico cujas paredes são constituídas de venezianas que permitem a livre passagem do ar e protegem o equipamento das radiações do sol, céu e de objetos próximos (PEDRO JR. et alii, 1987a) (Figura 4c).

Figura 3. Esquema da disposição dos equipamentos dentro de cada sub-área (tratamento) nos dois anos de experimentação.

Figura 4. Equipamentos meteorológicos utilizados no experimento: (A) aspergígrafo; (B) orvalhógrafo; (C) abrigo termométrico e termohigrógrafo; (D) vista geral do experimento.

3.3.4. Observação visual de orvalho

Foram realizadas, na primeira fase do experimento e somente na área sem irrigação e de menor densidade (normal), observações visuais do horário de início da formação de orvalho e do final de sua duração sobre a cultura do trigo, durante o período de 22 de junho a 25 de agosto de 1990, num total de 15 observações. O critério de amostragem foi semelhante ao usado por PEDRO JR. (1980) e por AMADOR (1987), baseando-se na observação da presença (início) ou do secamento (fim) do orvalho em cerca de 60% das folhas observadas (20 plantas), situadas no terço superior da cultura.

3.4. Avaliações na cultura

3.4.1. Avaliação da severidade das doenças

Foram efetuadas avaliações da severidade das doenças (oídio e helmintosporiose) nos dois anos de experimentação de campo, afim de se caracterizar as curvas de progresso dessas doenças. Para tanto foram marcadas 20 plantas por parcela escolhidas aleatoriamente, sendo feitas as avaliações de sintoma em porcentagem de área foliar afetada, sempre nas mesmas plantas. Esse número de plantas amostradas por parcela foi determinado pelo método apresentado por KRANZ (1988), baseado no momento em que a severidade média e o desvio padrão se estabilizam.

As avaliações da porcentagem de área foliar atacada pelas doenças foram feitas com base nas escalas apresentadas por JAMES (1971), com frequência semanal.

A folha avaliada no caso da helmintosporiose foi somente a folha bandeira de cada planta, pois a doença se manifestou somente no final do ciclo, o que segundo JAMES (1971) permite uma avaliação uniforme. Por

outro lado na avaliação do oídio, todas as folhas verdes da planta foram analisadas, devido ao aparecimento do patógeno desde os primeiros estádios fenológicos.

3.5. Análise dos dados obtidos

3.5.1. Determinação da DPM por métodos agrometeorológicos

3.5.1.1. Comparação de equipamentos de medição da DPM

Afim de se determinar o equipamento registrador de orvalho de melhor precisão na cultura do trigo, foram feitas regressões lineares simples entre a DPM visual e a DPM registradas no aspergígrafo, orvalhógrafo e também a DPM estimada diretamente a partir do número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 90% obtidas do termohigrógrafo.

3.5.1.2. Métodos de estimativa da DPM

Correlacionou-se através de regressões lineares simples e múltiplas a DPM visual com dados de temperatura mínima do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar obtidos dentro da cultura e no posto agrometeorológico, de modo a se determinar equações de estimativa da DPM para a cultura do trigo.

Os dados utilizados para as análises foram os obtidos através dos equipamentos instalados dentro da sub-área 1 no primeiro ano de experimentação (1990) a nível microclimático, e a nível macroclimático no Posto Agrometeorológico Padrão do Centro Experimental de

de Campinas da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônômico, distante aproximadamente 2 quilômetros da área experimental.

Os dados de velocidade do vento, obtidos do anemógrafo instalado no posto a 10 metros de altura, foram cotados para o mesmo período das observações visuais da DPM, sempre no período das 17:00 às 9:00 horas em Km acumulados por período de 16 horas, e transformados posteriormente para velocidade média do período em m/s.

Para efeito de análise, a velocidade do vento foi estimada (reduzida) ao nível da cultura ou seja 0,8 metros (Z_2), em função da obtida no posto meteorológico a 10 metros (Z_1), sendo utilizada para isso uma lei mecânica apresentada por PANOFISKY (1977):

$$V_2 = V_1 * (Z_2 / Z_1)^P \dots\dots\dots(4)$$

onde V_2 e V_1 representam as velocidades do vento nas alturas Z_2 e Z_1 respectivamente e p é uma função da estratificação da atmosfera, que depende da altura média geométrica, rugosidade da superfície (Z_0) e da estabilidade atmosférica, sendo dado por:

$$p = 1 / \ln (\sqrt{Z_1 * Z_2} / Z_0) \dots\dots\dots(5)$$

sendo Z_0 estimado em função da altura da cultura (h) para superfícies uniformes, pela seguinte expressão, segundo CAMPBELL (1977):

$$Z_0 = 0,13 * h \dots\dots\dots(6)$$

3.5.2. Determinação das taxas de crescimento das doenças

Para determinação das taxas de crescimento das doenças foram testadas três transformações a fim de se proceder à linearização das curvas de progresso das doenças:

- Logística : $\text{Ln} (x / (1-x))$;
- Monomolecular : $\text{Ln} (1 / (1-x))$;
- Gompertz : $-\text{Ln} (-\text{Ln} (x))$

(onde x é a doença em proporção), que foram submetidas a análise estatística de modo a se obter a de melhor ajuste aos dados medidos.

Os dados transformados pelos três modelos foram relacionados com o tempo em regressões lineares simples, para determinação da taxa de crescimento da doença (r), do inóculo inicial (X_0) e do coeficiente de determinação (R^2). Posteriormente, os dados obtidos através dessas equações foram destransformados, como sugerido por CAMPBELL & MADDEN (1990), e relacionados novamente com o tempo em regressões lineares simples, sendo o novo coeficiente de determinação, agora representado por R^{*2} utilizado para comparação dos modelos.

3.5.3. Determinação da influência da irrigação e densidade de plantio

3.5.3.1. Na temperatura e na DPH

Os dados de temperatura média do ar obtidos através da média aritmética entre a máxima e a mínima e os de duração do período de molhamento, obtidos no interior da cultura do trigo, foram agrupados de 5 em 5 dias (médias quinquidiais) e comparados entre os diferentes tratamentos (irrigação e densidade), através da "análise

de diferença de dados pareados" (SOKAL & ROHLF, 1969), e da análise de variância, para os dois anos do experimento, visando detectar os níveis de significância das diferenças no microclima condicionadas pela irrigação e densidade.

3.5.3.2. No crescimento das doenças

Os dados da taxa média de crescimento das doenças (helminthosporiose e oídio) foram comparados entre os diferentes tratamentos, através da "análise de intervalos de confiança" (SNEDECOR & COCHRAN, 1973). As médias das taxas de crescimento das doenças foram calculadas com base nas 20 plantas amostradas por tratamento.

3.5.4. Estimativa da taxa de crescimento e do sintoma das doenças

3.5.4.1. Através de regressão linear

Os dados de severidade (porcentagem de área foliar atacada pela doença) e das taxas de crescimento, foram correlacionadas com dados meteorológicos medidos no interior de cada sub-área, para os dois anos de medida. Foi feita, em ambos os anos, uma consistência no conjunto de dados visando a constatação de falhas e erros experimentais.

A seleção das variáveis meteorológicas que melhor se correlacionaram com os dados de doença foi feita através da regressão passo-a-passo "stepwise regression", para a ocorrência de helminthosporiose e oídio para a obtenção de equações de regressão lineares simples e múltipla para a estimativa da severidade e taxa de crescimento.

As variáveis independentes utilizadas para

entrada no modelo foram: temperatura média do ar em °C (TMED); total de chuva e/ou irrigação em mm (TOTALCHUVA); duração média do período de molhamento em horas (DPMEDIA); severidade da doença do período atual em porcentagem (SINTAT). As variáveis dependentes utilizadas foram: severidade da doença prevista em porcentagem (SINTEST); taxa de crescimento da doença em /unidade/dia (TAXACRESC).

Os dados foram agrupados de 4 em 4 dias, para se aproximarem do período de incubação (PI) de ambas as doenças. O PI admitido levou em consideração a temperatura média ocorrida nos períodos de experimentação. Em 1990 a temperatura média foi de 17,5°C, o que, segundo CHRISTENSEN (1926), resulta em um PI de 3 a 4 dias para a Helminthosporiose. Em 1991 a temperatura média foi de 19,3°C, o que, segundo LAST (1963), determina um PI de 3 a 5 dias para o Oídio. Adotou-se, portanto, um valor médio de 4 dias para a helminthosporiose e oídio.

Os dados da taxa de crescimento da doença no período (p) foram correlacionados com os dados meteorológicos do período anterior (p-1), sendo essa combinação a que apresentou melhor caracterização da relação entre clima-doença-tempo (Figura 4A).

Para a correlação entre sintoma das doenças e os parâmetros meteorológicos, utilizou-se um sistema diferente. Os dados meteorológicos do período (p) juntamente com o sintoma do final do período (SINTAT), foram utilizados para estimar o sintoma (SINTEST) no período (p+1) (Figura 4B).

3.5.4.2. Através de representação gráfica

Com a finalidade de se confeccionar um esquema gráfico para determinação da intensidade das taxas de crescimento das doenças, correlacionou-se a taxa de

Figura 5. Tipos de correlacao realizadas entre clima-doencas-tempo, para confeccao das equacoes de estimativa da Taxa de Crescimento (A) e do Sintoma (B) para a helmintosporiose e para o oidio.

crescimento das doenças com os dados de TMED, DPMEDIA e TOTALCHUVA em regressões lineares simples por transformação, onde a variável independente X representa os produtos TMED x DPMEDIA e TMED x TOTALCHUVA.

As taxas de crescimento utilizadas nas regressões foram divididas em três níveis: a) baixa 0 a 0.0080 / unidade / dia); b) média (0.0081 a 0.0160 /unidade/dia); c) alta (0.0161 a 0.0240 /unidade/dia) determinados empiricamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Determinação da DPM por métodos agrometeorológicos

4.1.1. Comparação de equipamentos de medida da DPM

Com a finalidade de se avaliar o equipamento de registro da DPM de melhor precisão na cultura do trigo, foram comparados dados da DPM obtidos com aspergígrafo, orvalhógrafo e higrógrafo (a partir do número de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 90% - $NHUR \geq 90\%$), e as observações visuais de orvalho dentro da cultura do trigo, no tratamento sem irrigação e de menor densidade, realizados no período de 22/06 a 24/08/1990 (Tabela 3).

As equações de regressão linear simples, do tipo $Y = a + bX$, entre a DPM obtida visualmente (DPMV) e a medida pelos equipamentos meteorológicos dentro do trigo, são apresentadas na Tabela 4, onde também aparecem: os coeficientes de determinação (R^2); os erros padrões da estimativa (SEE) e o teste F da análise de variância.

Através das equações apresentadas na Tabela 4 e representadas graficamente na Figura 6 (a, b e c), pode-se observar que os resultados de DPM obtidos com o aspergígrafo foram os que melhor se correlacionaram com a DPMV, seguido do $NHUR \geq 90\%$ e do orvalhógrafo. Apesar das equações para todos os equipamentos apresentarem R^2 elevado, o orvalhógrafo mostrou uma maior dispersão dos da-

dos, gerando erros maiores, devido à grande interferência da velocidade do vento nos registros com esse equipamento.

Nas Figuras 6a e 6c, verifica-se que tanto o aspergígrafo como o NHUR $\geq 90\%$ apresentaram uma subestimativa da DPM, o que, segundo GETZ (1979) e SUTTON *et alii* (1984), se deve, principalmente, aos erros de calibração de 5 a 10% que esses equipamentos apresentam.

AMADOR (1987), ao testar equipamentos de medida de DPM em feijoeiro, encontrou resultados semelhantes aos aqui apresentados, porém com níveis de correlação entre a DPMV e o NHUR $\geq 90\%$ bem inferiores aos encontrados para a cultura do trigo. O referido autor, com relação ao aspergígrafo, encontrou bons resultados, sendo de precisão inferior somente aos equipamentos com sensores eletrônicos.

4.1.2. Estimativa da DPM baseada em parâmetros meteorológicos

4.1.2.1. Comparação dos dados obtidos na cultura do trigo e no posto

Na Tabela 5 são apresentados os parâmetros meteorológicos observados na cultura do trigo e no posto meteorológico durante o período de observações visuais da DPM, de 22/06 a 24/08/1990.

As correlações obtidas entre os dados meteorológicos observados na cultura e no posto, são apresentados na Tabela 6, na forma de regressão linear simples onde aparecem os coeficientes da regressão e de correlação (r) e o valor do teste F da análise de variância.

Como pode se observar na Tabela 6 e na Figura 7a, as temperaturas mínimas obtidas no trigo e no posto mostraram alta correlação, principalmente se considerarmos que na cultura as temperaturas

Tabela 3 - Duração do período de molhamento medido por equipamentos meteorológicos e visualmente na cultura do trigo no ano de 1990.

DATA	DPMV	ASPERG	ORVALHOG	NHUR>=90%
horas				
22/06	18.2	18.5	18.0	14.0
23/06	18.3	18.0	**	16.0
24/06	18.1	18.5	**	18.0
30/06	16.3	12.5	**	13.0
01/07	14.5	13.0	**	13.5
02/07	16.7	15.5	14.0	17.0
15/07	12.0	10.0	16.0	11.0
20/07	19.2	17.0	19.0	20.0
01/08	13.4	12.0	14.0	10.0
02/08	16.7	16.5	18.0	12.0
03/08	16.4	15.8	18.0	15.0
05/08	0.0	0.0	0.0	0.0
11/08	13.3	12.5	18.0	11.0
23/08	0.0	0.0	0.0	0.0
24/08	0.0	0.0	0.0	0.0

DPMV - Duração do período de molhamento observada visualmente; ASPERG - Duração do período de molhamento medida por aspergígrafo; ORVALHOG - Duração do período de molhamento medida por orvalhógrafo; NHUR>=90% - Número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90%.

(**) - Dados perdidos devido à influência excessiva do vento nos registros impossibilitando as cotações.

Tabela 4 - Regressão simples entre a duração do período de molhamento obtida visualmente (DPMV) e a registrada por diferentes equipamentos meteorológicos na cultura do trigo durante o ano de 1990.

Regressão (Y/X)	a	b	SEE	R ²	F
DPMV/ASPERGÍGRAFO	0.59	1.03	1.18	0.97	475.32***
DPMV/ORVALHÓGRAFO	0.16	0.92	2.10	0.93	128.65***
DPMV/NHUR>=90%	1.05	1.04	1.81	0.94	195.04***

(***) - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Figura 6 - Comparação entre os valores de duração do período de molhamento obtidos visualmente (DPMV) e medidos por diferentes equipamentos em cultura de trigo durante 1990. (A) aspergígrafo (ASPERG); (B) orvalhógrafo (ORVALHOG); (C) higrógrafo (NHUR)=90%).

foram extraídas do termógrafo, equipamento sujeito a erros de 5 a 10% devido à calibração (GETZ, 1979; SUTTON *et alii*, 1984).

As correlações entre o $NHUR \geq 90\%$ na cultura com o $NHUR \geq 90\%$, 85% e 80% no posto (Figura 7 b, c, d), mostraram coeficientes de correlação baixos, com significância estatística somente ao nível de 10% de probabilidade nos casos do $NHUR \geq 90\%$ e $NHUR \geq 85\%$ e ao nível de 5% de probabilidade no caso do $NHUR \geq 80\%$. Isso pode ser explicado pela posição e exposição diferenciada do higrógrafo na cultura (dentro do dossel em microabrigo) e no posto meteorológico (a 1,7m de altura em abrigo padrão). Situação semelhante também foi considerada por LOMAS & SASSHOVA (1970), que adotaram o $NHUR \geq 85\%$ no posto como padrão de medida da DPM para comparação com equipamentos.

4.1.2.2. Observados na cultura do trigo

As correlações entre os dados da DPM observada visualmente e os dados meteorológicos medidos na cultura do trigo, são apresentados na Tabela 7 e Figura 8 (a, b, c, d, e).

Os resultados mostram que tanto a temperatura mínima como a velocidade do vento se correlacionaram negativamente com a DPMV, ou seja, quanto maior a temperatura e a velocidade do vento, menor será a DPM. Ventos com velocidade mais elevada diminuem a possibilidade de formação de orvalho, devido as fortes advecções que misturam o ar modificarem o gradiente de temperatura (MONTEITH, 1957). Por outro lado, segundo TUBELIS & NASCIMENTO (1984), a velocidade do vento não pode ser nula, pois é responsável por um aumento do fluxo de vapor de água para a superfície de condensação, existindo, portanto, uma velocidade do vento ótima para a formação de orvalho em torno de

Tabela 5 - Parâmetros meteorológicos observados no posto meteorológico e na cultura do trigo durante o período de 22/06 a 24/08 de 1990.

----- TRIGO -----						
DATA	DPMV horas	NHUR>=			TMIN ° C	VENTO 0.8M m/s
		85%	90%	95%		
		horas	horas	horas		
22/06	18.2	17.0	14.0	13.0	5.4	0.17
23/06	18.3	17.0	16.0	13.0	5.0	0.17
24/06	18.1	18.0	18.0	14.0	8.0	0.16
30/06	16.3	15.0	13.0	8.0	13.6	0.39
01/07	14.5	16.0	13.5	5.0	14.8	0.36
02/07	16.7	19.0	17.0	16.0	14.6	0.30
15/07	12.0	18.0	11.0	7.0	15.3	0.20
20/07	19.2	20.0	20.0	0.0	10.2	0.33
01/08	13.4	15.0	10.0	5.0	10.3	0.38
02/08	16.7	18.0	12.0	6.0	10.1	0.25
03/08	16.4	17.0	15.0	5.0	10.0	0.20
05/08	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	0.60
11/08	13.3	16.0	11.0	7.0	10.0	0.24
23/08	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.61
24/08	0.0	1.0	0.0	0.0	12.4	0.53
----- POSTO METEOROLÓGICO -----						
DATA	NHUR>=			TMIN ° C	VENTO 10M m/s	
	80%	85%	90%			
	horas	horas	horas			
22/06	12.0	10.0	9.0	5.8	1.8	
23/06	7.0	5.0	4.0	5.8	1.8	
24/06	10.0	1.0	1.0	9.6	1.7	
30/06	13.0	12.0	10.0	13.4	4.1	
01/07	14.0	13.0	11.0	14.0	3.8	
02/07	13.0	12.0	9.0	14.0	3.2	
15/07	11.0	4.0	0.0	14.4	2.1	
20/07	19.0	15.0	11.0	10.2	3.5	
01/08	14.0	12.0	10.0	10.4	4.0	
02/08	14.0	12.0	12.0	10.8	2.6	
03/08	11.0	2.0	0.0	12.0	2.1	
05/08	5.0	2.0	0.0	13.4	6.3	
11/08	11.0	10.0	10.0	11.4	2.5	
23/08	6.0	0.0	0.0	12.4	6.4	
24/08	12.0	4.0	0.0	11.4	5.6	

TMIN - Temperatura mínima; VENTO 0.8M - Velocidade do vento a 0.8 metros (topo da cultura do trigo); VENTO 10M - Velocidade do vento a 10 metros (posto meteorológico).

Tabela 6 - Regressões lineares simples, do tipo $Y = a + b X$, entre os dados meteorológicos observados na cultura do trigo (Y) e no posto meteorológico padrão (X).

Regressão (TRIGO/POSTO)	a	b	r	F
TMIN	-2.02	1.17	0.96	157.43 ***
NHUR>=90%	7.75	0.62	0.49	4.05 *
NHUR>=90% / NHUR>=85%	6.73	0.61	0.48	3.97 *
NHUR>=90% / NHUR>=80%	-0.31	1.02	0.56	5.82 **

(***) - significativo ao nível de 1% de probabilidade;

(**) - significativo ao nível de 5% de probabilidade;

(*) - significativo ao nível de 10% de probabilidade.

Figura 7 - Comparação entre dados obtidos na cultura do trigo (TRIGO) e no posto meteorológico (POSTO): (A) temperatura mínima do ar (TMIN); (B) NHUR >= 90%; (C) NHUR >= 90% no trigo e NHUR >= 85% no posto; (D) NHUR >= 90% no trigo e NHUR >= 80% no posto.

Tabela 7 - Regressões lineares simples e múltiplas entre a DPMV (Y) e os parâmetros meteorológicos observados a nível microclimático (X).

Equação de regressão	R^2	SEE	F
1. $Y = 24.12 - 1.01X_1$	0.22	6.38	3.72ns
2. $Y = 25.61 - 39.06X_2$	0.73	3.72	36.05 *
3. $Y = -0.19 + 0.95X_3$	0.93	1.90	175.00 *
4. $Y = 1.05 + 1.04X_4$	0.94	1.81	195.04 *
5. $Y = 7.24 + 0.85X_5$	0.44	5.41	10.20 *
6. $Y = 4.22 - 0.24X_1 + 0.99X_4$	0.95	1.72	109.27 *
7. $Y = 4.82 - 0.38X_1 + 0.89X_3$	0.96	1.52	140.52 *
8. $Y = 6.04 - 9.16X_2 + 0.86X_4$	0.95	1.67	116.51 *
9. $Y = 1.07 - 2.14X_2 + 0.91X_3$	0.93	1.97	81.41 *
10. $Y = 23.97 - 36.25X_2 + 0.11X_5$	0.74	3.85	16.93 *
11. $Y = 25.35 + 0.04X_1 - 39.48X_2$	0.74	3.87	16.65 *
12. $Y = 6.74 - 0.14X_1 - 6.92X_2 + 0.88X_4$	0.95	1.69	76.09 *
13. $Y = -0.01 - 0.56X_1 + 12.3X_2 + 1.10X_3$	0.97	1.37	116.53 *
14. $Y = 23.74 + 0.03X_1 - 36.65X_2 + 0.11X_5$	0.74	4.02	10.36 *

X_1 = temperatura mínima em $^{\circ}\text{C}$; X_2 = velocidade do vento em m/s; X_3 = NHUR>=85% em horas; X_4 = NHUR>=90% em horas e X_5 = NHUR>=95% em horas.

(*) - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - não significativo estatisticamente.

Figura 8 - Comparação entre os valores medidos de duração do período de molhamento (DPMV) e diferentes parâmetros meteorológicos obtidos na cultura do trigo: (A) temperatura mínima do ar (TMIN); (B) velocidade do vento (VENTO 0.8); (C) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85% (NHUR>=85%); (D) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (NHUR>=90%); (E) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 95% (NHUR>=95%).

1 a 3 m/s (MONTEITH, 1957; DAVIS, 1957; SHARMA, 1976).

Na correlação da DPMV com o número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85, 90 e 95%, a variável que apresentou maior correlação foi o $NHUR \geq 90\%$, que vem sendo muito usado, ultimamente, para estimativa da DPM em várias culturas (SUTTON *et alii*, 1984; AMADOR, 1987; GASPAROTTO, 1988; PEDRO JR. *et alii*, 1991).

Na Tabela 7 são apresentadas ainda as combinações feitas entre os diferentes parâmetros meteorológicos medidos dos a nível microclimático e a DPMV, que geraram equações de regressão linear simples e múltiplas para estimativa da DPMV.

As equações apresentadas, mostram que o melhor dos parâmetros para estimativa da DPM, através de dados medidos na cultura, foi o $NHUR \geq 90\%$ (equação 4) com $R^2 = 0.94$. A equação que apresentou melhor correlação com a DPMV foi a que tinha como variáveis independentes a temperatura mínima e o $NHUR \geq 85\%$ (equação 7), com um $R^2 = 0.96$, porém com um nível de significância ligeiramente inferior à equação 4. Isso mostra que a inclusão da temperatura mínima na equação não implicou em melhora significativa, o mesmo acontecendo com a velocidade do vento, também constatado por AMADOR (1987), a nível microclimático na cultura do feijão.

4.1.2.3. Observados no posto meteorológico padrão

Na Tabela 8 e Figura 9 (a, b, c, d, e) são apresentadas as correlações entre a DPMV observada na cultura do trigo e os dados de temperatura mínima, umidade relativa do ar e velocidade do vento registradas no posto meteorológico padrão.

As correlações da DPMV com os dados medidos no posto, apresentaram a mesma tendência dos medidos na

Tabela 8 - Regressões lineares simples e múltiplas entre a DPMV (Y) e os parâmetros meteorológicos a nível macroclimático (X).

Equação de regressão	R ²	SEE	F
1. $Y = 23.9 - 0.98X_1$	0.14	6.70	2.14ns
2. $Y = 25.61 - 3.71X_2$	0.73	3.75	35.41***
3. $Y = 0.46 + 1.08X_3$	0.30	6.04	5.65**
4. $Y = 7.29 + 0.73X_4$	0.29	6.08	5.40**
5. $Y = 8.26 + 0.80X_5$	0.34	5.90	6.55**
6. $Y = 17.8 - 0.82X_1 + 0.75X_5$	0.43	5.67	4.58**
7. $Y = 18.2 - 0.97X_1 + 0.73X_4$	0.43	5.68	4.55**
8. $Y = 11.8 - 1.03X_1 + 1.11X_3$	0.46	5.53	5.12**
9. $Y = 21.0 - 3.30X_2 + 0.55X_5$	0.88	2.61	44.02***
10. $Y = 20.4 - 3.39X_2 + 0.54X_4$	0.88	2.57	45.57***
11. $Y = 16.5 - 3.31X_2 + 0.68X_3$	0.84	3.00	31.82***
12. $Y = 25.5 + 0.02X_1 - 3.72X_2$	0.73	3.90	16.34***
13. $Y = 20.8 + 0.03X_1 - 3.3X_2 + 0.6X_5$	0.88	2.72	26.92***
14. $Y = 21.1 - 0.08X_1 - 3.3X_2 + 0.5X_4$	0.88	2.67	28.04***
15. $Y = 17.6 - 0.17X_1 - 3.2X_2 + 0.7X_3$	0.84	3.10	19.91***

X_1 = temperatura mínima em °C; X_2 = velocidade do vento a 10 metros em m/s ; X_3 = NHUR>=80% em horas; X_4 = NHUR>=85% em horas; X_5 = NHUR>=90% em horas;

(***) - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

(**) - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns - não significativo estatisticamente.

Figura 9 - Comparação entre valores medidos de duração do período de molhamento (DPMV) e os diferentes parâmetros meteorológicos obtidos no posto meteorológico: (A) temperatura mínima do ar (TMIN); (B) velocidade do vento (VENTO 10); (C) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 80% (NHUR>=80%); (D) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85% (NHUR>=85%); (E) número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (NHUR>=90%).

cultura. Porém os coeficientes de correlação e os níveis de significância estatística foram inferiores, como esperado, devido, principalmente, as diferentes alturas de medição e tipos de cobertura do terreno.

Na Tabela 8 são mostrados ainda os parâmetros meteorológicos observados no posto correlacionados com a DPMV na forma de equações de regressões lineares simples e múltiplas para estimativa da DPM. Através dos resultados pode ser observado que as melhores equações para estimativa da DPMV na cultura do trigo, utilizando dados do posto meteorológico, foram as que relacionaram a velocidade do vento e o número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85 e 90% (respectivamente equações 8 e 9), com $R^2 = 0.88$ e níveis de significância probabilística de 1%. Nesse caso, somente a temperatura mínima não indicou melhora nos níveis de significância, quando incluída nas equações. Resultados semelhantes foram encontrados por CROWE *et alii* (1978) para estimativa da DPM para trigo nos EUA.

Apesar das estimativas da DPMV através dessas equações serem de elevada precisão, o uso generalizado desses modelos é restrito, sendo necessário que sejam testados para utilização em novos locais e culturas (CROWE *et alii*, 1978; PEDRO JR. & GILLESPIE, 1982b).

4.2. Determinação da taxa de crescimento das doenças

4.2.1. Helmintosporiose (1990)

Na Tabela 9 são apresentados os valores de severidade do ataque de helmintosporiose (*Helminthosporium sativum*), em porcentagem de área foliar, sobre o trigo durante o primeiro ano de experimentação (1990).

As curvas de progresso da doença foram transformadas por três modelos de linearização: logístico, monomolecular e de Gompertz, que foram submetidos a análise estatística para determinação do grau de ajuste. Essa análise é apresentada na Tabela 10, através de equações de regressão linear simples.

O método que melhor se ajustou aos dados foi o monomolecular, apresentando altas correlações e elevado nível de significância, sempre superiores aos demais métodos. Esse resultado difere dos testes realizados por BERGER (1981), que concluiu ter sido o método de Gompertz o mais preciso para a determinação das taxas de crescimento (r). Isso pode ser explicado em função da helmintosporiose não ter apresentado um crescimento acentuado e o modelo de Gompertz é mais apropriado para doenças que apresentam rápido crescimento inicial.

4.2.2. Oídio (1991)

Na Tabela 11 são apresentados os dados de severidade do oídio (*Erysiphe graminis*), em porcentagem, para o trigo durante o segundo ano de experimentação (1991).

Os dados de severidade transformados pelos modelos logístico, monomolecular e de Gompertz, foram correlacionados com o tempo em regressões lineares simples do tipo $Y = a + bX$, que são apresentadas na Tabela 12.

Apesar de muito próximos, os graus de ajuste mostraram-se maiores pelo modelo monomolecular. Portanto, optou-se pelo modelo monomolecular para determinação da taxa de crescimento para o oídio, sendo o mesmo utilizado para a helmintosporiose.

Tabela 9 - Severidade (% de área foliar afetada) de helmintosporiose em cultura de trigo, no ano de 1990.

DATA	TRATAMENTOS			
	SI-D	CI-D	SI+D	CI+D
	%			
05/07	0.0	0.0	0.0	0.0
12/07	1.7	1.1	0.3	0.5
19/07	7.7	5.6	2.6	4.4
26/07	18.8	14.1	9.1	13.8
02/08	19.0	16.2	14.5	15.1
10/08	21.7	22.3	16.4	18.7

SI-D = sem irrigação menor densidade; CI-D = com irrigação menor densidade; SI+D = sem irrigação maior densidade; CI+D = com irrigação maior densidade.

Tabela 10 - Resumo dos ajustes das curvas de severidade da helmintosporiose em trigo, pelos métodos Logístico (LOG), Monomolecular (MONO) e de Gompertz (GOMP).

MODELO	TRATAMENTO	a	b	R ²	SEE	F*	R ^{*2}
LOG	SI-D	-4.07	0.090	0.882	0.636	10.49	0.964
	CI-D	-4.69	0.107	0.921	0.598	16.70	0.948
	SI+D	-6.00	0.140	0.918	0.796	16.08	0.912
	CI+D	-5.30	0.124	0.888	0.843	11.17	0.931
MONO	SI-D	-0.019	0.008	0.938	0.039	21.87	0.999
	CI-D	-0.048	0.008	0.989	0.017	128.73	0.999
	SI+D	-0.049	0.007	0.982	0.017	80.09	0.999
	CI+D	-0.039	0.007	0.969	0.024	45.48	0.999
GOMP	SI-D	-1.46	0.033	0.907	0.201	13.89	0.988
	CI-D	-1.64	0.037	0.955	0.151	31.31	0.981
	SI+D	-1.90	0.041	0.954	0.169	30.18	0.963
	CI+D	-1.75	0.039	0.925	0.209	17.73	0.974

SI-D = sem irrigação menor densidade; CI-D = com irrigação menor densidade; SI+D = sem irrigação maior densidade; CI+D = com irrigação maior densidade.

(*) - todos os resultados apresentaram significância estatística ao nível de 1% de probabilidade.

R² - coeficiente de determinação obtido pelos dados estimados pelas equações, segundo CAMPBELL & MADDEN (1990).

Tabela 11 - Severidade (% da área foliar afetada) de oídio em cultura de trigo, no ano de 1991.

DATA	TRATAMENTOS			
	SI-D	CI-D	CI+D	SI+D
	%			
17/07	0.0	0.0	0.0	0.0
01/08	3.0	5.0	2.5	3.0
07/08	4.0	6.0	5.5	5.0
14/08	6.5	9.0	9.0	7.0
21/08	6.5	12.5	13.0	9.0
28/08	8.0	14.0	14.5	11.5
03/09	13.5	15.5	20.0	14.5

SI-D = sem irrigação menor densidade; CI-D = com irrigação menor densidade; CI+D = com irrigação maior densidade; SI+D = sem irrigação maior densidade.

Tabela 12 - Resumo dos ajustes das curvas de severidade de oídio em trigo, pelos métodos Logístico (LOG), Monomolecular (MONO) e de Gompertz (GOMP).

MODELO	TRATAMENTO	a	b	R^2	SEE	F*	R^{*2}
LOG	SI-D	-4.10	0.043	0.967	0.161	58.01	0.986
	CI-D	-3.52	0.039	0.981	0.111	102.83	0.989
	CI+D	-4.34	0.063	0.972	0.218	67.79	0.975
	SI+D	-4.05	0.047	0.990	0.099	186.86	0.984
MONO	SI-D	-0.021	0.003	0.915	0.018	20.67	0.999
	CI-D	-0.010	0.004	0.989	0.008	182.85	0.999
	CI+D	-0.063	0.005	0.988	0.012	166.18	0.999
	SI+D	-0.025	0.003	0.996	0.005	444.03	0.999
GOMP	SI-D	-1.48	0.015	0.958	0.063	44.52	0.993
	CI-D	-1.33	0.015	0.985	0.037	132.95	0.996
	CI+D	-1.60	0.023	0.987	0.054	149.76	0.989
	SI+D	-1.48	0.017	0.997	0.019	636.45	0.993

SI-D = sem irrigação menor densidade; CI-D = com irrigação menor densidade; CI+D = com irrigação maior densidade; SI+D = sem irrigação maior densidade.

(*) - todos os resultados apresentaram significância estatísticas de 1% de probabilidade.

R^{*2} - coeficiente de determinação obtido pelos dados estimados pelas equações, segundo CAMPBELL & MADDEN (1990).

4.3. Influência da irrigação e densidade da cultura

4.3.1. No microclima

Na Tabela 13 são apresentados os resultados resumidos da análise de "diferença de dados pareados" para temperatura e duração do período de molhamento (DPM) em trigo, para determinação da influência da densidade e da irrigação nas condições microclimáticas da cultura, nos dois anos de experimentação.

Os resultados obtidos indicam haver grande influência, em ambos os anos, da densidade e da irrigação nas temperaturas do dossel. Os tratamentos mais densos e irrigados mostraram-se sempre com temperaturas mais amenas que os menos densos e não irrigados, concordando com os resultados obtidos por ROTEM & PALTI (1969) e BLAD *et alii* (1978). A única exceção foi observada nos tratamentos irrigados, durante o segundo ano do experimento (1991), onde as temperaturas não diferiram estatisticamente entre os tratamentos mais e menos adensados. Isso pode ser explicado pelo efeito termo-regulador da água, sempre presente nessas áreas devido às frequentes irrigações necessárias durante o ciclo da cultura (Tabela 2).

Com relação à duração do período de molhamento (DPM), os resultados obtidos são bastante distintos. No ano de 1990, somente houve diferença significativa entre os tratamentos não irrigados com diferentes densidades. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas na DPM, devido provavelmente ao fato desse ano, durante o período estudado, ter sido bastante chuvoso (Tabela 14), fazendo com que a presença de água na cultura fosse frequente.

Por outro lado, no ano de 1991, as áreas mais densas e irrigadas foram sempre mais úmidas, ou seja, com a DPM maior, mostrando a influência mais acentuada

dessas duas práticas sob condições climáticas extremas (Tabela 14), onde a irrigação além de afetar a temperatura e a umidade promove maior desenvolvimento da vegetação, que mais densa irá influenciar na velocidade de evaporação da água provinda da irrigação (ROTEM & PALTI, 1969).

4.3.2. Na taxa de crescimento das doenças

Nas Tabelas 15 e 16 são apresentadas as análises de intervalos de confiança, para verificação da influência da densidade e da irrigação nas taxas de crescimento da helmintosporiose e do oídio.

Os resultados mostram (Figura 10 a), que a helmintosporiose não apresentou diferença entre as taxas de crescimento dos quatro tratamentos. Isso pode ser explicado pelo fato das condições macroclimáticas do período do experimento terem sido amplamente favoráveis ao desenvolvimento do fungo não tendo as alterações microclimáticas verificadas exercido nenhuma influência no crescimento do patógeno. Esse fato é explicado por ROTEM *et alii* (1970), que concluíram que sob condições climáticas altamente favoráveis ou desfavoráveis à doença, nem a densidade da cultura, nem a frequência e o horário da irrigação tiveram efeito sobre o desenvolvimento dos patógenos. O mesmo não ocorreu sob condições marginais, onde esses fatores são fundamentais para o estabelecimento do processo infeccioso.

Por outro lado, as taxas de crescimento do oídio, durante o ano de 1991 (Figura 10 b), foram bastante influenciadas pela densidade da cultura e pela irrigação, principalmente, por esse ano ter sido menos favorável às doenças, com poucas chuvas, tendo as alterações do microclima modificado o progresso do oídio. Nesse caso, os tratamentos irrigados, independente da densidade, tiveram uma taxa de crescimento mais acentuada. Esses resultados

Tabela 13 - Resumo da "análise de diferença de dados pareados" de temperatura e da duração do período de molhamento, dentro da cultura do trigo, nos dois anos de experimentação (1990/1991), para diferenciação das condições microclimáticas.

VARIÁVEL	ANO	TRATAMENTOS COMPARADOS	DIF.	NÍVEL SIGNIF.	RESULTADO RESUMIDO
TEMPERATURA	1990	SI-D X SI+D	0.7	1%	-D > +D
		CI-D X CI+D	0.7	1%	-D > +D
		SI+D X CI+D	1.3	1%	SI > CI
		SI-D X CI-D	1.3	1%	SI > CI
	1991	SI-D X SI+D	0.3	1%	-D > +D
		CI-D X CI+D	0.0	n.s.	-D = +D
		SI+D X CI+D	0.7	1%	SI > CI
		SI-D X CI-D	0.9	1%	SI > CI
D P M	1990	SI-D X SI+D	0.7	5%	-D < +D
		CI-D X CI+D	0.1	n.s.	-D = +D
		SI+D X CI+D	0.1	n.s.	SI = CI
		SI-D X CI-D	0.6	n.s.	SI = CI
	1991	SI-D X SI+D	0.5	1%	-D < +D
		CI-D X CI+D	1.3	1%	-D < +D
		SI+D X CI+D	1.5	5%	SI < CI
		SI-D X CI-D	0.6	5%	SI < CI

S = sem; C = com; I = irrigação; - = menor; + = maior; D = densidade da cultura.

n.s. = não existe significância estatística entre os tratamentos.

DIF. = diferença entre os tratamentos.

Tabela 14 - Temperaturas e precipitações observadas e médias (normais), durante os períodos de experimentação na cultura do trigo.

Período	TOBS	TNOR	POBS	PNOR
24/04-06/09/90	17.5	19.0	94	37
04/06-11/10/91	19.3	19.8	03	40

TOBS = Temperatura média observada no período, em °C;

TNOR = Temperatura normal para o período (média 30 anos);

POBS = Precipitação observada no período, em mm;

PNOR = Precipitação normal para o período (média 30 anos).

Tabela 15 - Análise estatística de intervalos de confiança da taxa de crescimento da helmintosporiose na cultura do trigo, sob diferentes condições microclimáticas (1990).

TAXA DE CRESCIMENTO (/UNID./DIA)				
AMOSTRAGENS	SI-D	CI-D	SI+D	CI+D
1	0.060	0.058	0.029	0.043
2	0.071	0.066	0.046	0.026
3	0.153	0.066	0.069	0.036
4	0.114	0.028	0.033	0.055
5	0.037	0.089	0.022	0.024
6	0.063	0.035	0.078	0.107
7	0.098	0.061	0.030	0.083
8	0.044	0.079	0.113	0.045
9	0.047	0.061	0.057	0.076
10	0.061	0.075	0.100	0.030
11	0.092	0.092	0.056	0.037
12	0.066	0.049	0.022	0.052
13	0.086	0.043	0.077	0.035
14	0.070	0.066	0.076	0.098
15	0.053	0.115	0.043	0.076
16	0.036	0.060	0.026	0.058
17	0.042	0.094	0.074	0.049
18	0.055	0.061	0.033	0.039
19	0.058	0.045	0.109	0.098
20	0.028	0.033	0.014	0.147
d	0.014	0.011	0.014	0.015
MÉDIA	0.067 a	0.064 a	0.055 a	0.061 a

SI-D = sem irrigação menor densidade; CI-D = com irrigação menor densidade; SI+D = sem irrigação maior densidade; CI+D = com irrigação maior densidade; d = intervalo de confiança da média.

Todas as médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística.

Tabela 16 - Análise estatística de intervalos de confiança da taxa de crescimento do oídio na cultura do trigo, sob diferentes condições microclimáticas (1991).

TAXAS DE CRESCIMENTO (/UNID./DIA)				
AMOSTRAGENS	SI-D	CI-D	CI+D	SI+D
1	0.017	0.034	0.112	0.010
2	0.017	0.017	0.026	0.018
3	0.020	0.031	0.035	-
4	0.029	0.016	0.040	0.023
5	0.070	0.029	0.069	0.015
6	0.018	0.032	0.043	0.005
7	0.006	0.031	0.036	0.021
8	0.019	0.023	-	0.030
9	0.020	0.032	0.017	0.026
10	0.011	0.045	0.056	0.013
11	0.037	0.019	0.026	0.037
12	0.006	0.032	0.039	0.010
13	0.011	0.012	0.010	0.021
14	0.008	0.016	0.057	-
15	0.036	0.014	0.025	0.022
16	0.008	0.018	0.023	0.026
17	0.009	0.027	0.017	0.027
18	0.004	0.078	0.040	0.027
19	0.017	0.005	0.027	0.020
20	0.024	0.026	0.036	0.005
d	0.0045	0.0072	0.0112	0.0044
MÉDIA	0.0162 <i>b</i>	0.0269 <i>ab</i>	0.0386 <i>a</i>	0.0198 <i>b</i>

SI-D = sem irrigação menor densidade; CI-D = com irrigação menor densidade; CI+D = com irrigação maior densidade; SI+D = sem irrigação maior densidade; d = intervalo de confiança da média.

Todas as médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística.

Figura 10. Intervalos de confiança entre as taxas de crescimento medias da helmintosporiose - 1990 (A) e do oídio - 1991 (B) na cultura do trigo, sob diferentes condições microclimáticas. (SI-D = sem irrigação menor densidade; CI-D = com irrigação menor densidade; CI+D = com irrigação maior densidade; SI+D = sem irrigação maior densidade).

concordam com as constatações de vários autores, em estudo com a cultura do trigo e diversas doenças (VORSTER, 1964; GRISENKO, 1972; PRABHU & PRAKASH, 1973; DOROVSKAYA & GABDEEV, 1978).

4.4. Estimativa agrometeorológica da taxa de crescimento e do sintoma das doenças

4.4.1. Através de regressões lineares simples e múltiplas

4.4.1.1. Helmintosporiose

Os valores das taxas de crescimento e dos sintomas de helmintosporiose na cultura do trigo, foram correlacionados com parâmetros meteorológicos (Tabela 17) e posteriormente foram utilizados no desenvolvimento de equações de regressão que possibilitem a previsão.

As análises mostraram baixos coeficientes de correlação entre os dados da doença e os parâmetros meteorológicos, principalmente, com relação aos sintomas, que apenas apresentaram maior correlação com o valor do sintoma no período anterior (SINAT). Por outro lado, a taxa de crescimento apresentou correlação mais elevada com as variáveis estudadas: temperatura média do ar; total de chuva e/ou irrigação e duração média do período de molhamento.

As equações de regressão linear simples e múltiplas para previsão da doença (TAXACRESC e SINTEST), selecionadas pela regressão passo-a-passo, são apresentadas na Tabela 18, juntamente com o coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa (SEE) e o valor de F da análise de variância.

As equações obtidas (Tabela 18) mostraram que as variáveis meteorológicas tiveram pouca influência

Tabela 17 - Coeficientes de correlação entre a taxa de crescimento (TAXACRESC) e sintoma (SINTEST) da helmintosporiose e parâmetros meteorológicos obtidos na cultura do trigo.

X / Y	TAXACRESC	SINTEST
TMED	0.63	-0.20
TOTALCHUVA	0.74	0.06
DPMEDIA	0.56	-0.11
SINTAT	--	0.97

TMED = temperatura média do ar, em °C; TOTALCHUVA = total de chuva e/ou irrigação, em mm; DPMEDIA = duração média do período de molhamento, em horas; SINTAT = sintoma da doença observado no período anterior, em %.

Tabela 18 - Regressões lineares simples e múltiplas obtidas através da regressão passo-a-passo para estimativa da TAXACRESC e SINTEST da helmintosporiose, utilizando parâmetros meteorológicos obtidos a nível microclimático

Taxa de crescimento (TAXACRESC)

$$1. Y_2 = 0.0041 + 0.000223 X_2$$

$$R^2 = 0.55 \quad SEE = 0.0032 \quad F = 27.0 ***$$

$$2. Y_2 = -0.0071 + 0.000175 X_2 + 0.000737 X_1$$

$$R^2 = 0.58 \quad SEE = 0.0032 \quad F = 14.4 ***$$

$$3. Y_2 = -0.0077 + 0.000156 X_2 + 0.000702 X_1 + 0.000144 X_3$$

$$R^2 = 0.59 \quad SEE = 0.0033 \quad F = 9.4 ***$$

Sintoma (SINTEST)

$$4. Y_2 = -1.33 + 0.91 X_4 + 0.30 X_1$$

$$R^2 = 0.95 \quad SEE = 1.36 \quad F = 189.2 ***$$

X_1 = temperatura média, em °C; X_2 = total de chuva e/ou irrigação, em mm; X_3 = duração média do período de molhamento, em horas; X_4 = sintoma da doença observada no período anterior, em %.

*** - significativo estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade.

na explicação das variações nos níveis dos sintomas, e moderada na taxa de crescimento, discordando da literatura (LUZ, 1982; LUZ & BERGSTROM, 1986), que indica existir forte influência da temperatura e DPM no desenvolvimento da helmintosporiose. Essa baixa influência notada, pode ser explicada pela pequena quantidade de dados analisada que não permitiu uma maior variabilidade, indicando a necessidade de estudos mais prolongados, sob condições climáticas diferentes afim de serem elaboradas equações de previsão mais precisas.

Apesar disso, as melhores equações encontradas para estimativa da taxa de crescimento e sintoma foram, respectivamente, a número 1 e a 4 da Tabela 18.

Para a estimativa da taxa de crescimento, somente a variável TOTALCHUVA (equação 1, Tabela 18) respondeu por 55% da variação, não apresentando as demais variáveis melhora significativa da equação.

A estimativa do sintoma em função de parâmetros meteorológicos foi melhorada quando se incluiu na equação como variável independente o valor do sintoma observado no período anterior, como utilizado por EVERSMAYER & BURLEIGH (1970), que juntamente com a TMED (equação 4, Tabela 18) explicaram 95% da variação dos sintomas.

4.4.1.2. Oídio

Os resultados obtidos de taxas de crescimento e de sintomas do oídio na cultura do trigo, foram correlacionados com parâmetros meteorológicos (Tabela 19), sendo a seguir utilizados no desenvolvimento de equações de regressão para estimativa da taxa de crescimento e sintoma da doença.

As análises mostraram que as correlações entre os dados da doença e os parâmetros meteorológicos

foram baixas, fato que também foi constatado no caso da helmintosporiose.

Apesar disso, foram desenvolvidas equações para estimativa da doença utilizando-se a regressão passo-a-passo para seleção das variáveis. As equações de regressão linear simples e múltipla para previsão da doença (TAXACRESC e SINTEST), resultantes dessa seleção são apresentados na Tabela 20, juntamente com o coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão da estimativa (SEE) e o valor de F da análise de variância.

As equações obtidas, apresentaram baixa significância estatística, explicando somente 43% da variação da taxa de crescimento. Isso pode ter ocorrido devido à pequena variação nos dados, mostrando que somente um ano de dados e uma localidade pode não ser suficiente para o desenvolvimento de equações de estimativa. No caso das equações obtidas (Tabela 20) para estimativa do sintoma, só houve uma melhora nos coeficientes de determinação quando foi incluído o sintoma observado no período anterior.

Os estudos mostraram que as melhores equações obtidas para a estimativa da taxa de crescimento e do sintoma foram, respectivamente, a número 3 e 4 da Tabela 20.

4.4.2. Através da representação gráfica

A estimativa da taxa de crescimento das doenças pode ser simplificada através de métodos gráficos. Para tanto foram efetuadas regressões lineares entre a taxa de crescimento da helmintosporiose e os produtos da TMED com a DPMEDIA e o TOTALCHUVA nos períodos considerados (Tabela 21) de maneira similar à utilizada por MASCHIO & SAMPAIO (1982).

As variações na taxa de crescimento foram

Tabela 19 - Coeficientes de correlação entre a taxa de crescimento (TAXACRESC) e sintoma (SINTEST) do oídio e os parâmetros meteorológicos obtidos na cultura do trigo.

X \ Y	TAXACRESC	SINTEST
TMED	0.31	0.29
TOTALCHUVA	0.27	0.12
DPMEDIA	0.52	0.10
SINTAT	--	0.97

TMED = temperatura média do ar, em °C; TOTALCHUVA = total de chuva e/ou irrigação, em mm; DPMEDIA = duração média do período de molhamento, em horas; SINTAT = sintoma da doença observada no período anterior, em %.

Tabela 20 - Regressões lineares simples e múltiplas obtidas através da regressão passo-a-passo para estimativa da TAXACRESC e SINTEST do oídio, utilizando parâmetros meteorológicos obtidos a nível microclimático.

Taxa de crescimento (TAXACRESC)

1. $Y = 0.0014 + 0.000186 X_3$
 $R^2 = 0.27$ SEE = 0.0012 F = 7.94 **
2. $Y = 0.0010 + 0.000201 X_3 + 0.000025 X_2$
 $R^2 = 0.38$ SEE = 0.0012 F = 6.46 ***
3. $Y = -0.0025 + 0.000191 X_3 + 0.000023 X_2 + 0.00019 X_1$
 $R^2 = 0.43$ SEE = 0.0011 F = 4.96 ***

Sintoma (SINTEST)

4. $Y = 1.33 + 0.95 X_4 + 0.014 X_2$
 $R^2 = 0.95$ SEE = 0.62 F = 190.4 ***

X_1 = temperatura média do ar, em °C; X_2 = total de chuva e/ou irrigação, em mm; X_3 = duração média do período de molhamento, em horas; X_4 = sintoma da doença observada no período anterior, em %.

** - significativo estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade;

*** - significativo estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade.

melhor explicadas pelo produto $TMED \times TOTALCHUVA$ do período, que apresentou melhor ajuste e acurácia.

Através da equação obtida (Tabela 21), foram determinados os valores do produto $X_1 \times X_2$ para cada limite dos intervalos da taxa de crescimento pré estabelecidos (Tabela 22). Esses valores de $X_1 \times X_2$ foram plotados em um sistema cartesiano, gerando um gráfico para avaliação do nível da taxa de crescimento da helmintosporiose (Figura 11), semelhante ao desenvolvido por JESEN & BOYLE (1966) para cercosporiose no amendoim.

A figura 11, permite, avaliar em função dos valores da temperatura média e total de chuva e/ou irrigação dos últimos 4 dias, se a intensidade da taxa de crescimento da helmintosporiose nos próximos 4 dias será: baixa, média ou alta, possibilitando o desenvolvimento de estudos da determinação da necessidade ou não de realização de controle químico.

A figura 11 nos permite visualizar também a maior influência da chuva e/ou irrigação sobre as taxas de crescimento, do que as temperaturas médias, o que segundo EVERSMEYER & BURLEIGH (1970) é natural, pois além das precipitações propiciarem o prolongamento da DPM, são um dos principais meios de dispersão dos esporos.

O mesmo tipo de análise gráfica foi testada para o oídio, porém, devido aos valores muito baixos das taxas de crescimento durante todo o ciclo da cultura, não foi possível a confecção de equações significativas, que permitissem tais estimativas.

4.4.3. Comparação entre curvas de sintoma de helmintosporiose observadas e estimadas

Para comparação dos valores obtidos e estimados do sintoma da helmintosporiose foram calculados os valores de sintoma (%) da helmintosporiose, nos quatro

Tabela 21 - Equações de regressão linear por transformação entre as taxas de crescimento da helmintosporiose (Y) em função dos produtos da TMED (X_1) com o TOTALCHUVA (X_2) e a DPMEDIA (X_3), durante o ano de 1990.

Equações	R^2	Acuracidade
1. $Y = 0.00053 + 0.000043 X_1 * X_3$	0.63	71%
2. $Y = 0.004123 + 0.00001284 X_1 * X_2$	0.76	75%

TMED = temperatura média do ar, em °C; DPMEDIA = duração média do período de molhamento, em horas; TOTALCHUVA = total de chuva e/ou irrigação, em mm.

Tabela 22 - Níveis de intensidade das taxas de crescimento da helmintosporiose (λ) em função da temperatura média (X_1) e do total de chuva e/ou irrigação (X_2).

Intervalos de λ	Intervalos de $X_1 * X_2$	Nível
≤ 0.0080	≤ 302	BAIXO
0.0081 - 0.0160	302.1 - 925	MÉDIO
0.0161 - 0.0240	925.1 - 1548	ALTO
> 0.0240	> 1548	MUITO ALTO

Figura 11 - Determinação gráfica dos níveis de intensidade taxa de crescimento da helmintosporiose, através dos dados de temperatura média do ar e do total de chuva e/ou irrigação dos últimos 4 dias.

tratamentos, através das seguintes equações:

a. $SINTEST = -1.33 + 0.91 SINAT + 0.30 TMED$ (equação 5, tabela 18);

b. $SINTEST = -EXP rt + [1/(1-SINAT)]^{-1} + 1$;

onde o t é o tempo em número de dias, SINAT é o sintoma (%) observado no período anterior e r é estimado em função da TMED e do TOTALCHUVA através da equação 2 da Tabela 21.

As Figuras 12 e 13 e a Tabela 23 mostram pouca diferença entre os valores observados e estimados, havendo somente diferença no início das curvas epidemiológicas até a faixa de 5 a 7% onde apresentam sempre uma superestimativa, em todos tratamentos, mostrando a partir daí a possibilidade da estimativa dos sintomas em função da temperatura média e chuva.

Apesar de ambas as equações de estimativa do sintoma terem apresentado resultados bem próximos dos observados na cultura do trigo, a equação 2 de estimativa apresentada na Tabela 21 mostrou melhores respostas em função das superestimativas da severidade (tabela 23), que na estimativa 2 foram em média de 1%, o que a nível de tomada de decisão, com relação aos controles químicos, são mais favoráveis, evitando perdas.

Figura 12 - Sintoma da helmintosporiose observado e estimado através de equações de regressão múltipla, em função do SINTAT e TMED (ESTIMADO 1) e de regressão simples por transformação, em função da TMED e TOTALCHUVA (ESTIMADO 2). Tratamentos: 1 = SI-D; 2 = CI-D.

Figura 13 - Sintoma da helmintosporiose observado e estimado através de equações de regressão múltipla, em função do SINTAT e TMED (ESTIMADO 1) e de regressão linear simples por transformação em função da TMED e TOTALCHUVA (ESTIMADO 2). Tratamentos: 3 = SI+D; 4 = CI+D.

Tabela 23 - Diferenças médias entre os valores observados e estimados (Estimativa 1 e 2) de severidade da helmintosporiose em cultura do trigo, durante a 1ª fase de experimentação (1990) para os 4 tratamentos.

DATA	SI-D		CI-D		SI+D		CI+D	
	Est1	Est2	Est1	Est2	Est1	Est2	Est1	Est2
09/07	+3.7	+1.3	+3.8	+1.7	+3.9	+2.0	+3.6	+1.9
13/07	+2.6	+1.2	+2.8	+1.8	+3.4	+2.8	+3.0	+2.0
17/07	+3.0	+2.1	+0.9	+0.9	+2.5	+1.8	+1.1	-0.3
21/07	-4.0	-1.8	-0.7	+0.9	+0.7	+3.6	-0.9	-0.4
25/07	-2.9	-3.0	-1.8	+0.9	0.0	+5.1	-2.2	-0.3
29/07	+1.1	-2.0	+0.6	+1.3	+0.1	+2.5	+0.8	+0.4
02/08	+2.0	-0.4	+0.6	+1.8	-0.7	+1.9	+1.1	+1.1
06/08	+0.6	-0.4	-1.3	+0.2	+1.1	+1.4	-0.2	-0.4
10/08	-0.1	-0.4	-2.1	+0.4	+0.4	+1.8	-0.9	+1.5
MÉDIA	+0.7	-0.4	+0.3	+1.1	+1.3	+2.5	+0.6	+0.6

5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados permitem chegar às seguintes conclusões:

a) Entre os equipamentos testados, os resultados de DPM obtidos com o aspergígrafo foram os que mais se aproximaram dos valores obtidos visualmente (DPMV), seguido do NHUR $\geq 90\%$ e do orvalhógrafo;

b) A DPM pôde ser estimada com boa precisão ao nível da cultura, em função do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85 e 90%. A inclusão de outras variáveis não resultou em melhora significativa do ajuste das equações. Com dados do posto meteorológico, a DPM pôde ser estimada em função da velocidade do vento e do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 85 e 90%. A inclusão da temperatura mínima nas equações não proporcionaram melhora nos níveis de significância estatística;

c) A maior densidade de plantio e o uso de irrigação por aspersão influenciaram a temperatura diminuindo-a na média em 0.7°C e aumentando na média em 48 minutos a DPM;

d) No desenvolvimento das doenças, a densidade e a irrigação só apresentaram influência quando as condições macroclimáticas não eram extremamente favoráveis ao desenvolvimento do patógeno;

e) Foram encontrados baixos coeficientes de correlação entre as avaliações das doenças e os parâmetros meteorológicos, mas mesmo assim foi possível a obtenção de equações de estimativa da taxa de crescimento e do sintoma, estatisticamente significativas. Os sintomas puderam ser estimados com maior precisão, desde que ajustados com o sintoma observado no período anterior;

f) A taxa de crescimento da helmintosporiose pôde ser melhor estimada através da equação de regressão linear simples por transformação, utilizando como variável independente o produto $X = TMED * TOTALCHUVA$;

g) A variável TOTALCHUVA mostrou ser mais importante que a TMED e a DPMEDIA na estimativa da taxa de crescimento da helmintosporiose, por ser esse parâmetro fundamental no processo de dispersão dos esporos;

h) Na comparação de equações de estimativa do sintoma da helmintosporiose, a equação que apresentou melhores respostas foi a que utilizou a determinação da taxa de crescimento através do produto $TMED * TOTALCHUVA$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDERMAN, D.D. & BRYAN, K.E. Short range forecasting of dryoff time from dewblock dew intensity. U.S. Weather Bureau, Memphis, 36: 3p., out. 1967. Apud Meteorological and Geostrophysical Abstracts, Lancaster, 19 (8) : 1833, ago. 1968. (Resumo).
- AMADOR, P.A. Duração do período de molhamento por orvalho : estimativa baseada em parâmetros meteorológicos e comparação do desempenho de instrumentos de medida. Piracicaba, 1987. 69p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BAIER, W. Studies on dew formation under semi-arid conditions. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 3 : 103-112, 1966.
- BAJIC, S. A survey on potato blight (*Phytophthora infestans* (MONT) de Bary) forecasting. Bracknell, Berks, The Meteorological Office, Agricultural Department, 1988. 116p.
- BARROS, B.C. Avaliação da resistência varietal e da resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico de oídio, mancha marrom e ferrugem da folha. Piracicaba, 1988. 122p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- BARTHAKUR, N.N. A comparative study of radiometric and eletronic leaf wetness sensors. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, 36 : 83-90, 1985.
- BERGAMIN FILHO, A.; SILVA, W.M.; SANGUINO, A.; AMORIM, L.; NELLI, E.J.; BAPTISTELLA, J.R.; COLETTI, J.T.; VALENTIM, R. Análise da evolução do carvão da cana-de-açúcar em duas usinas do Estado de São Paulo no período de 1981-85. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 3., Piracicaba, 1986. *Anais* Piracicaba, 1986. p. 215-227.
- BERGER, R.D. Comparision of the Gompertz and Logistic equations to describe plant disease progress. Phytopathology, St.Paul, 71 : 716-719, 1981.
- BERTON, O. & MELZER, R. Controle da sarna da macieira pelo sistema de MILL. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasilia, 19 (10):1211-1217, 1984.
- BLAD, B.L.; STEADMAN, J.R.; WEISS, A. Canopy structure and irrigation influence white mold disease and microclimate of dry edible beans. Phytopathology, St.Paul, 68 : 1431-1437, 1978.
- BLAISE, Ph.; ARNESON, P.A.; GESSLER, C. APPLESCAB a teaching aid on microcomputers. Plant Disease, St.Paul, 71(7):574-578, 1987.
- BURRAGE, S.W. Dew on wheat. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 10:3-12, 1972.
- BURRAGE, S.W. Monitoring the environment in relation to epidemiology. In: SCOTT, P.R. & BAINBRIDGE, A. ed. Plant disease epidemiology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1978. p.93-110.

BUTLER, D.R. The energy balance of water drops on a leaf surface. Boundary Layer Meteorology, Dordrecht, 32:337-349, 1985.

BUTLER, D.R. & JADHAV, D.R. Requirements of leaf wetness and temperature for infection of groundnut by rust. Plant Pathology, London, 40: 395-400, 1991.

CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; PEDRO JR, M.J.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A. Clima do Estado de São Paulo. In: SAAESP, Instituto Agrônômico. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1974. Volume 1.

CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V. Introduction to plant disease epidemiology. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1990. 532p.

CAMPBELL, G.S. An introduction to environmental biophysics. New York, Springer-Verlag, 1977. 159p.

CARDOSO, E.J.B.N. & KIMATI, H. Doenças do trigo. In: GALLI, F. Manual de Fitopatologia. São Paulo, Ed. Agrônômica Ceres Ltda., 1980. Vol. 2, P.553-573.

CHRISTENSEN, J.J. Physiologic specialization and parasitism of Helminthosporium sativum. St. Paul, University of Minnesota, 1926. 101p. (Technical Bulletin No.37).

CIMINO, N.P. An aid to agricultural dew forecasting. NOAA Technical Memorandum NWS SR 87, Fort Worth, 1976. 11p.

- COAKLEY, S.M.; LINE, R.F.; McDANIEL, L.R. Predicting stripe rust severity on winter wheat using an improved method for analyzing meteorological and rust data. Phytopathology, St. Paul, 78:543-550, 1988.
- COLLINS, B.G. & TAYLOR, R.J. Conditions governing the onset of dew on large leaves. Australian Journal of Applied Science, Townsville, 12(1):23-29, 1961.
- COWLING, E.B. & HORSFALL, J.G. Prologue: How disease develops in populations. In: HORSFALL, J.G. & COWLING, E.B. ed. Plant disease: an advanced treatise. New York, Academic Press, 1978. Vol. 2, Cap. 1, p. 01-15.
- CROWE, M.J.; COAKLEY, S.M.; EMGE, R.G. Forecasting dew duration at Pendleton, Oregon, using simple weather observations. Journal of Applied Meteorology, Boston, 17:1482-1487, 1978.
- DAVIS, P.A. An investigation of a method for predicting dew duration. Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol. 10:66-95, 1957. Série A.
- DEMATTE, J.B.I.; BULISANI, E.A.; ALMEIDA, L.D'A.; ALVES, S. Influência da irrigação no desenvolvimento e fitossanidade de variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Campinas, Instituto Agrônômico, 1982, 23p. (Circular no.37).
- DOROVSKAYA, L.M. & GABDEEV, K.N. Diseases of winter wheat under irrigation in the Ural region. Vestnik Sel'Skokhozyaistvennoi Nauki Kazakhstana, W. Kazakhstan, 21(7):52-56, 1978. Apud Review of Plant Pathology, 58:49. 1979.

- EVERSMAYER, M.G. & BURLEIGH, J.R. A method of predicting epidemic development of wheat leaf rust. Phytopathology, St. Paul, 60:805-811, 1970.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; BARROS, B.C.; CAMARGO, M.B.P. Avaliação de genótipos de trigo para a região do Vale do Paranapanema no quadriênio 1981-84. Bragantia, Campinas, 45(2):257-277, 1986.
- FELÍCIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; CAMARGO, M.B.P.; CASTRO, J.L.; BARROS, B.C. Trigo: três épocas de semeadura em Capão Bonito, SP, no período 1981-85. Bragantia, Campinas, 47(2):255-275, 1988.
- FRANK, Z.R. Effect of irrigation procedure on Pythium rot of groundnut pods. Plant Disease Reporter, Washington, 51(5):414-416, 1967.
- FRITSCHEN, L.J. & DORAISWAMY, P. Dew: an addition to the hydrologic balance of Douglas Fir. Water Resource Research, 9(4):891-894, 1973.
- FRY, W.E. & FOHNER, G.R. Construction of predictive models: I. Forecasting disease development. In: GILLIGAN, C.A. ed. Mathematical modeling of crop disease. Advances in Plant Pathology vol.3. London, Academic Press inc., 1985. p.161-178.
- GASPAROTTO, L. Epidemiologia do mal das folhas (*Microcyclus ulei* (P.Henn) v. Arx) da seringueira (*Hevea spp.*). Viçosa, 1988. 124p. (Doutorado - Universidade Federal Viçosa).

GETZ, R.R. Comments on "Forecasting dew duration at Pendleton, Oregon, using simple weather observations". Journal of Applied Meteorology, Boston, 18(8):1087, 1979.

GETZ, R.R. Report on the measurement of leaf wetness. World Meteorological Organization, Commission for Instruments and Methods of Observation. 1991, 10p.

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. & BARR, A. A adaptation of dew estimation scheme to a new crop and site. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, 31:289-295, 1984.

GRISENKO, G.V. Diseases of wheat and maize during irrigation in the steppe districts of the Ukrainian SSR. Mikologiya Fitopatologiya, Dnepropetrovsk, 6(5):386-390, 1972. Apud Review of Plant Pathology, 52:314, 1973.

HODGES, C.F. & BLAINE, W.M. Midsummer occurrence of *Helminthosporium sorokinianum* leaf spot on selected cultivars of *Poa pratensis*. Plant Disease Reporter, Washington, 58(5):448-450, 1974.

HOSFORD, R.M.; LAREZ, C.R.; HAMMOND, J.J. Interaction of wet period and temperature on *Drepanophora tritici-repentis* infection and development in wheats of differing resistance. Phytopathology, St. Paul, 77(7):1021-1027, 1987.

- HOY, M.V.; OGAWA, J.M.; DUNIWAY, J.M. Effects of irrigation on Buckeye rot of tomato fruit caused by *Phytophthora parasitica*. Phytopathology, St. Paul, 74:474-478, 1984.
- HUBAND, N.D.S. & BUTLER, D.R. A comparison of wetness sensors for use with computer or microprocessor systems designed for disease forecasting. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE - PESTS AND DISEASES, 1984, p.633-638.
- JAMES, W.C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases their preparation and usage. Canadian Plant Disease Survey, Ottawa, 51(2):39-65, 1971.
- JENSEN, R.B. & BOYLE, L.W. A technique for forecasting leafspot on peanuts. Plant Disease Reporter, St. Paul, 50(11):810-814, 1966.
- KHANNA, B.M. & SHUKLA, T.N. Epidemiological studies on leaf blight of wheat caused by *Helminthosporium* spp. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology, Kaupur, 11(1):21-29, 1981.
- KRANZ, J. Epidemiology, concepts and scope. In: RAYCHAUDHURI, S.P. & VERMA, J.P. ed. Current Trends in Plant Pathology. Lucknow University, Botany Department, 1974a, p.25-32.
- KRANZ, J. The role and scope of mathematical analysis and modeling in epidemiology. In: KRANZ, J. ed. Epidemics of Plant Disease: Mathematical Analysis and Modeling. New York, Springer-Verlag, 1974b. p.7-54 (Ecological Studies, Vol. 13).

- KRANZ, J. Measuring plant disease. In: KRANZ, J. & ROTEM, J. ed. Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. Heidelberg, Springer-Verlag, 1988. p.35-50, Cap.3.
- KRANZ, J. & HAU, B. Systems analysis in epidemiology. Annual Review Phytopathology, 18:67-83, 1980.
- KRANZ, J. & ROYLE, D.J. Perspectives in mathematical modelling of plant disease epidemics. In: SCOTT, P.R. & BAINBRIDGE, A. ed. Plant Disease Epidemiology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1978. p.111-120.
- KRAUSE, R.A.; MASSIE, L.B.; HYRE, R.A. Blitcast: a computerized forecast of potato late blight. Plant Disease Reporter, St.Paul, 59:95-98, 1975.
- LAST, F.T. Effect of temperature on cereal powdery mildew. Plant Pathology, 12:132-133. 1963.
- LIEBSTER, V.G. & EIMERN, J.V. Hilfsinstrumente zur bestimmung der spritztermine in der schorfbe kämpfung. Erwerbsobstbau. Berlin, 1:70-4, 1959.
- LINHARES, W.I. Oídio do trigo. In: OSÓRIO, E.A. Trigo no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1982. p.421-471. Vol.2.
- LOMAS, J. Meteorological requeriments of the wheat crop. In: WMO. SYMPOSIUM ON AGROMETEOROLOGY OF THE WHEAT CROP. Braunschweig, 1976. *Proceedings*. Braunschweig, WMO No.396 (supplement), 1976. p.1-29.

- LOMAS, J. & SHASSHOUA, Y. The performance of three types of leaf-wetness recorders. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 2:159-166, 1970.
- LUKE, H.H. & BERGER, R.D. Slow rusting in oats compared with the Logistic and Gompertz models. Phytopathology, St. Paul, 72:400-402, 1982.
- LUZ, W.C. Influência do período de umidificação pós-inoculação na reação de cultivares de trigo à mancha foliar (*Eochliobolus sativus*). Fitopatologia Brasileira, Brasília, 2:111-115, 1982.
- LUZ, W.C. & BERGSTROM, G.C. Temperature-sensitive development of spot blotch in spring wheat cultivars differing in resistance. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 11:197-204, 1986.
- MADDEN, L.; PENNYPACKER, S.P.; MACNAB, A.A. FAST, a forecast system for *Alternaria solani* on tomato. Phytopathology, St. Paul, 68:1354-1358, 1978.
- MALOY, D.C. & SPECHT, K.L. Black point of irrigated wheat in Central Washington. Plant Disease, St. Paul, 72:1031-1033, 1988.
- MARLATT, W.E. A note on the variation of dew amount with elevation. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 8:151-154, 1971.
- MARTINEZ, O.G. & GOMEZ, L.G. Permanencia del agua libre sobre las hojas del cafeto. CENICAFE (Colombia), 36(3):89-102, 1985.

- MASCHIO, L.M.A. & SAMPAIO, I.B.M. Epifitologia e controle de *Phytophthora infestans* agente da requeima do tomateiro. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasília, 17(5):715-719, 1982.
- MEHTA, Y.R. Doenças do trigo e seu controle. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo, 1978. 190p.
- MELCHING, J.S. A portable self-contained system for the continuous electronic recording of moisture conditions on the surfaces of living plants. Agricultural Research Service - U.S. Department of Agriculture, 1974. 13p.
- MELCHING, J.S.; DOWLER, W.M.; KOOGLE, D.L.; ROYLE, M.H. Effects of duration, frequency and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. Plant Disease, St. Paul, 73:117-122, 1989.
- MELZER, R. & BERTON, D. Sistema de alerta para o controle da sarna da macieira. Florianópolis, EMPASC. 1989. 75p.
- MENZIES, J.D. Effect of sprinkler irrigation in an arid climate on the spread of bacterial diseases of beans. Phytopathology, St. Paul, 44:553-556, 1954.
- MENZIES, J.D. Plant diseases related to irrigation. In: HAGAN *et alii*. Irrigation of Agricultural Lands. Agronomy series no.11, 1967. p.1058-1064.
- MERRILL, W. The oak wilt epidemics in Pennsylvania and West Virginia: an analysis. Phytopathology, St. Paul, 57:1206-1210, 1967.
- METEOROLOGICAL COMMITTEE. The meteorological glossary. New York, Chemical Publishing CO. INC., 1951. 253p.

- MONTEITH, J.L. Dew. Quarterly Journal Royal of the Meteorology Society, London, 83(357):322-341. 1957.
- MONTEITH, J.L. Dew: Facts and Fallacies. In: RUTTER, A.J. & WHITEHEAD, F.H. ed. The Water Relations of Plants - SYMPOSIUM OF THE BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY, 3., London, 1961. New York, John Wiley & Sons Inc., 1961. p.35-56.
- MONTEITH, J.L. Principles of Environment Physics. London, Ed. Edward Arnold, 1973. 241p.
- MONTEITH, J.L. & BUTLER, D.R. Dew and thermal lag: a model for cocoa pods. Quarterly Journal Royal of the Meteorology Society, London, 105:207-215, 1979.
- MOTA, F.S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: OSÓRIO, E.A. Trigo no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1982. p.27-61. vol.1.
- NEMA, K.G. & JOSHI, L.M. Spot-blotch disease of wheat in relation to host age, temperature and moisture. Indian Phytopathology, New Delhi, 26(1):41-48, 1973.
- ORTOLANI, A.A. Contribuição ao estudo ecológico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) em diferentes populações de *Coffea arabica* L. da região de Pindorama - SP, Brasil. Botucatu, 1973 (Doutorado - F.C.M.B.B./UNESP).
- PANOFISKY, H.A. Wind structure in strong winds below 150m. Wind Engineering, Pennsylvania, 1(2):91-103. 1977.

PARIZZI, P.; ALVES, A.R.; VALE, F.X.R. Um modelo físico-matemático para estimar o início do molhamento foliar associado ao orvalho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7. Viçosa, 1991. *Resumos*, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1991. p.182-184.

PARVIN JR. D.W.; SMITH, D.H.; CROSBY, P.L. Development and evaluation of a computerized forecasting method for cercospora leafspot of peanuts. Phytopathology, St. Paul, 64:385-388, 1974.

PEDRO JR., M.J. Relation of leaf surface wetness duration to meteorological parameters. Ontario, 1980. 147p. (PhD - University of Guelph).

PEDRO JR., M.J. Aspectos microclimáticos e epidemiologia. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA A OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO, 3. Campinas, Instituto Agrônômico, 1989. 13p.

PEDRO JR., M.J. & GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration. I. Utilizing micrometeorological data. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 25:283-296, 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.; CAMARGO, M.B.P.; MACEDO, L.A. Guia para o observador dos postos agrometeorológicos do Instituto Agrônômico. Campinas, Instituto Agrônômico, 1987a. 50p. (Boletim Técnico no.116).

- PEDRO JR., M. J. P.; MORAIS, S. A.; GODOY, I. J. Previsão de épocas de pulverização para controle de mancha de cercospora em amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5. Belém, 1987. Resumos. Belém, 1987b. p.81-83.
- PEDRO JR., M. J.; PEZZOPANE, J. E. M.; ALFONSI, R. R.; MARTINS, F. P. Duração do período de molhamento em videira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7. Viçosa, 1991. Resumos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1991. p.151-153.
- PEREIRA, A. R. Simulação do crescimento e da produtividade. In: VIEGAS, G. P. ed. Simposio sobre manejo de agua na agricultura. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.200-209.
- POLLEY, R. W. & CLARKSON, J. D. S. Forecasting cereal disease epidemics. In: SCOTT, P. R. & BAINBRIDGE, A. ed. Plant Disease Epidemiology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1978. p.141-150.
- PRABHU, A. S. & PRAKASH, V. The relation of temperature and leaf wetness to development of leaf blight of wheat. Plant Disease Reporter, Washington, 57(12):1000-1004, 1973.
- 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.
- RANIERE, L. C. & CROSSAN, D. F. The influence of overhead irrigation and microclimate on *Colletotrichum phomoides*. Phytopathology, St. Paul, 49:72-74, 1959.

- RILEY, J.A. Harvesting quality cotton. U.S. Weather Bureau 50(37):8, 1963. Apud Meteorological and Geostrophysical Abstracts, Lancaster, 15(11):2146, nov.1964. (Resumo).
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. Microclimate: The Biological Environment. 2^{ed}, New York, Wiley-Interscience Publication, 1983. 495p.
- ROTEM, J.; PALTÍ, J.; RAWITZ, E. Effect of irrigation method and frequency on development of *Phytophthora infestans* on potatoes under arid conditions. Plant Disease Reporter, Washington, 46(3):145-149, 1962.
- ROTEM, J. & COHEN, Y. The relationship between mode of irrigation and severity of tomato foliage disease in Israel. Plant Disease Reporter, Washington, 50(9):635-639, 1966.
- ROTEM, J. & PALTÍ, J. Irrigation and plant diseases. Annual Review of Phytopathology, 7:267-288, 1969.
- ROTEM, J. & BEN-JOSEPH, J. Evaporation rate as an indicator for potato late blight development in plots of different foliage density. Plant Disease Reporter, Washington, 54(9):768-771, 1970.
- ROTEM, J.; PALTÍ, J.; LOMAS, J. Effects of sprinkler irrigation at various times of the day on development of potato late blight. Phytopathology, St. Paul, 60:839-843, 1970.
- SCHEEREN, P.L. Informações sobre o trigo (*Triticum* spp.). Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1986. 34p.

- SHARMA, M.L. Contribution of dew in the hidrologic balance of a semi-arid grassland. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 17:321-331, 1976.
- SHRUM, R.D. Forecasting of epidemics. In: HORSFALL, J.G. & COWLING, E.B. ed. Plant Disease: An Advanced Treatise. New York, Academic Press, 1978. p.223-238. Cap.11 Vol.2.
- SINGH, M. & CHAND, J.N. Epidemiology of net blotch of barley caused by *Helminthosporium teres*. Indian Phytopathology, New Delhi, 38(4):653-658, 1985.
- SMITH, D.H. Disease forecasting method for groundnut leafspot diseases. In: WMO. INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AGROMETEOROLOGY OF GROUNDNUT. Patancaeru, 1986. Proceedings. Patancaeru, ICRISAT, 1986. p.239-242.
- SMITH, L.P. The application of micrometeorology to agricultural problems. Geneva, World Meteorological Organization, 1972. 74p. (Technical Note No.119).
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Statistical Methods. Iowa, Iowa State University Press, 1973. 593p.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. Biometry. San Franscisco, W.H. FREEMAN AND COMPANY, 1969. 776P.
- SUTTON, J.C.; GILLESPIE, T.J.; HILDEBRAND, P.D. Monitoring weather factors in relation to plant disease. Plant Disease, St. Paul, 68(1):78-84, 1984.

- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F. J. L. Meteorologia descritiva : Fundamentos e Aplicacoes. São Paulo, Nobel, 1984. 374p.
- VAN DER PLANK, J. E. Plant Diseases: Epidemics and Control. New York, Academic Press, 1963. 349p.
- VAN DER PLANK, J. E. Host - Pathogen Interactions in Plant Disease. New York, Academic Press, 1982. 207p.
- VAN DER WAL, A. F. Moisture as a factor in epidemiology and forecasting. In: KOSLOWSKI, T. T. Water Deficits and Plant Growth - Water and Plant Disease. New York, Academic Press, 1978. 253-295p. Vol. 5.
- VILLA NOVA, N. A. & SCARDUA, R. O uso do método climatológico na determinação das necessidades de irrigação. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. Campinas, 1984. 20p. (Boletim Técnico).
- VORSTER, P. W. Report of the Secretary for Agricultural Technical Services, Republic of South africa, for the period 1st july 1962 to 30th june 1963. 1964. 106p. Apud Review of Applied Mycology, 43:458, 1964.
- WAGGONER, P. E. Progress curves of foliar diseases: their interpretation and use. In: LEONARD, K. J. & FRY, W. E. Plant Disease Epidemiology (Population Dynamics and Management). New York, Macmillan Publishing Co., 1986. p. 03-37. Vol. 1.
- WALLIN, J. R. Agrometeorological aspects of dew. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 4:85-102, 1967.

WELTZIEN, H.C. & STUDDT, H.G. A combined temperature-leaf wetness recorder for improved apple scab control in Lebanon. Plant Disease Reporter, Washington, 58(2):133-135, 1974.

YARWOOD, C.E. Humidity requirements of foliage pathogens. Plant Disease Reporter, Washington, 40(4):318-321, 1956.

ZADOKS, J.C. & SCHEIN, R.D. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford, Oxford University Press, Inc., 1979. 427p.

ZADOKS, J.C. EPIPRE, a computer-based scheme for pest and disease control in wheat. In: GALLAGHER, E.J. ed. Cereal Production. London, Butterworths, 1985. p.215-225. Cap.25.

ZANG, Y. & GILLESPIE, T.J. Estimating maximum droplet wetness duration on crops from nearby weather station data. Agricultural and Forest Meteorology. Amsterdam, 51:145-158, 1990.

ZIMMER, D.E. & URIE, A.L. Influence of irrigation and soil infestation with strains of *Phytophthora drechsleri* on root rot resistance of safflower. Phytopathology, St. Paul, 57:1056-1059, 1967.

APÊNDICE

Tabela 24 - Conjunto dos dados médios do período utilizados na determinação das equações de estimativa da taxa de crescimento (TAXACRESC) da helmintosporiose (1990).

Período	TMED (°C)	TOTALCHUVA (mm)	DPMEDIA (horas)	TAXACREC (/UNID/DIA)
17-20/7	18.4	24	14.0	0.0202
21-24/7	18.2	44	9.5	0.0182
1 25-28/7	16.7	15	11.3	0.0047
02-05/8	14.6	00	8.5	0.0044
06-09/8	17.6	00	6.5	0.0040
13-16/7	15.2	03	5.8	0.0068
17-20/7	17.4	24	13.0	0.0093
2 21-24/7	17.7	44	16.8	0.0139
25-28/7	15.6	15	12.0	0.0060
29-01/8	15.1	08	9.8	0.0040
06-09/8	16.7	30	6.8	0.0097
13-16/7	15.7	03	6.5	0.0032
17-20/7	17.8	24	16.0	0.0065
21-24/7	17.8	44	14.5	0.0096
3 25-28/7	16.0	15	11.3	0.0089
29-01/8	15.6	08	12.8	0.0090
02-05/8	13.8	00	7.3	0.0027
06-09/8	16.9	00	6.8	0.0030
13-16/7	14.8	03	6.0	0.0058
17-20/7	17.0	24	13.5	0.0099
21-24/7	17.3	44	16.8	0.0145
4 25-28/7	15.1	15	12.0	0.0058
02-05/8	12.7	00	8.5	0.0049
06-09/8	16.2	30	6.8	0.0058

1 = Tratamento sem irrigação e de menor densidade;

2 = Tratamento com irrigação e de menor densidade;

3 = Tratamento sem irrigação e de maior densidade;

4 = Tratamento com irrigação e de maior densidade.

Tabela 25 - Conjunto de dados médios do período utilizados na determinação das equações de estimativa da taxa de crescimento (TAXACRESC) do oídio (1991).

Período	TMED (°C)	TOTALCHUVA (mm)	DPMEDIA (horas)	TAXACRESC (/UNID/DIA)
29-01/8	18.5	00	6.0	0.0013
06-09/8	17.5	03	8.3	0.0032
1 10-13/8	21.0	00	14.3	0.0045
18-21/8	18.6	00	3.8	0.0013
22-25/8	21.3	00	4.5	0.0053
29-01/8	18.4	00	6.3	0.0022
06-09/8	17.4	03	10.0	0.0043
10-13/8	19.9	30	15.5	0.0062
2 14-17/8	20.3	00	12.5	0.0031
18-21/8	17.0	30	4.5	0.0030
22-25/8	19.3	00	5.5	0.0030
26-29/8	21.2	60	3.3	0.0018
29-01/8	17.9	00	7.8	0.0015
02-05/8	16.9	30	5.3	0.0015
3 18-21/8	16.8	30	13.5	0.0041
22-25/8	19.2	00	5.5	0.0015
26-29/8	21.0	60	5.0	0.0050
29-01/8	18.3	00	7.0	0.0014
02-05/8	17.5	00	4.8	0.0017
06-09/8	16.9	03	9.8	0.0026
4 10-13/8	20.3	00	14.3	0.0031
14-17/8	21.1	00	12.0	0.0030
18-21/8	18.3	00	3.5	0.0027
22-25/8	21.1	00	5.3	0.0016

- 1 = Tratamento sem irrigação e de menor densidade;
 2 = Tratamento com irrigação e de menor densidade;
 3 = Tratamento com irrigação e de maior densidade;
 4 = Tratamento sem irrigação e de maior densidade.

Tabela 26 - Conjunto de dados médios do período utilizados na determinação das equações de estimativa do sintoma (SINTEST) da helmintosporiose (1990).

	Período	TMED (°C)	TOTALCHUVA (mm)	DPMEDIA (horas)	SINTAT (%)	SINTEST (%)
1	09-12/7	18.4	24	14.0	11.0	17.3
	21-24/7	18.2	44	9.5	17.3	18.8
	25-28/7	16.7	15	11.3	18.8	19.0
	02-05/8	14.6	00	8.5	20.4	21.7
2	09-12/7	16.9	14	13.8	1.6	4.3
	13-16/7	15.2	03	5.8	4.3	7.8
	17-20/7	17.4	24	13.0	7.8	12.8
	21-24/7	17.7	44	16.8	12.8	14.8
	25-28/7	15.6	15	12.0	14.8	16.2
	29-01/8	15.1	08	9.8	16.2	19.2
3	09-12/7	16.9	14	14.5	0.8	2.0
	13-16/7	15.7	03	6.5	2.0	4.5
	17-20/7	17.8	24	16.0	4.5	8.1
	21-24/7	17.8	44	14.5	8.1	11.3
	25-28/7	16.0	15	11.3	11.3	14.5
	29-01/8	15.6	08	12.8	14.5	15.4
	02-05/8	13.8	00	7.3	15.4	16.4
4	09-12/7	15.9	14	14.5	1.0	3.3
	13-16/7	14.8	03	6.0	3.3	7.0
	17-20/7	17.0	24	13.5	7.0	12.3
	21-24/7	17.3	44	16.8	12.3	14.3
	25-28/7	15.1	15	12.0	14.3	15.1
	29-01/8	13.8	08	13.5	15.1	16.8
	02-05/8	12.7	00	8.5	16.8	18.7

1 = Tratamento sem irrigação e de menor densidade;

2 = Tratamento com irrigação e de menor densidade;

3 = Tratamento sem irrigação e de maior densidade;

4 = Tratamento com irrigação e de maior densidade.

Tabela 27 - Conjunto de dados médios do período utilizados na determinação das equações de estimativa do sintoma (SINTEST) do oídio (1991).

	Período	TMED (°C)	TOTALCHUVA (mm)	DPMEDIA (horas)	SINTAT (%)	SINTEST (%)
1	02-05/8	18.1	00	5.8	1.0	2.3
	06-09/8	17.5	03	8.3	2.3	4.0
	14-17/8	21.7	00	9.8	4.0	4.5
	18-21/8	18.6	00	3.8	4.5	6.5
	22-25/8	21.3	00	4.5	6.5	7.0
2	02-05/8	17.5	30	5.0	2.0	3.7
	06-09/8	17.4	03	10.0	3.7	6.0
	10-13/8	19.9	30	15.5	6.0	7.2
	14-17/8	20.3	00	12.5	7.2	8.3
	18-21/8	17.0	30	4.5	8.3	9.4
	22-25/8	19.3	00	5.5	9.4	10.0
3	29-01/8	17.9	00	7.8	1.2	1.8
	02-05/8	16.9	30	5.3	1.8	3.3
	10-13/8	19.8	30	14.5	4.0	6.7
	14-17/8	20.2	00	7.8	6.7	8.2
	18-21/8	16.8	30	13.5	8.2	8.7
	22-25/8	19.2	00	5.5	8.7	10.5
4	29-01/8	18.3	00	7.0	1.2	1.8
	02-05/8	17.5	00	4.8	1.8	2.8
	06-09/8	16.9	03	9.8	2.8	4.0
	10-13/8	20.3	00	14.3	4.0	5.2
	14-17/8	21.1	00	12.0	5.2	6.2
	18-21/8	18.3	00	3.5	6.2	6.8
	22-25/8	21.1	00	5.3	6.8	7.0

1 = Tratamento sem irrigação e de menor densidade;

2 = Tratamento com irrigação e de menor densidade;

3 = Tratamento com irrigação e de maior densidade;

4 = Tratamento sem irrigação e de maior densidade.