**AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR *Uromyces*
appendiculatus NO FEIJOEIRO**

Marilene Tengan Iamauti
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, da
Universidade de São Paulo, para a
obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração:
Fitopatologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Setembro - 1995

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Divisão de Biblioteca e Documentação - CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

Iamauti, Marilene Tengan

Avaliação de danos causados por Uromyces appendiculatus no feijoeiro. Piracicaba, 1995.
85p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Feijão - Doença 2. Ferrugem do feijão - Dano 3. Fungo fitopatogênico 1. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 635.652
632.425

**AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR *Uromyces
appendiculatus* NO FEIJOEIRO**

Marilene Tengan Iamauti

Aprovada em: 25.10.95

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

ESALQ/USP

Prof. Dr. Hiroshi Kimati

ESALQ/USP

Prof^a. Dr^a. Lilian Amorim

ESALQ/USP

Prof. Dr. Modesto Barreto

UNESP/Jaboticabal

Dr. Sérgio Almeida de Moraes

IAC/Campinas

Prof. Dr. Armando Bergamin Filho
Orientador

Aos meus pais, irmãos e Wilson

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas e instituições que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho:

- Prof. Dr. Armando Bergamin Filho, pela orientação.
- Prof^ª. Dr^a. Lilian Amorim, pela colaboração e sugestões.
- Engenheiros agrônomos Claudia V. Godoy, Evelyn F.A. Koch, Gisele A. Montan Torres, Juliana C. Freitas, Marcelo G. Canteri, Renato B. Bassanezi, Rogério Melloni e Sebastião Wilson Tivelli pela colaboração durante as avaliações dos experimentos.
- Dr. Richard D. Berger e Dr. Bernhard Hau, pelas sugestões na análise dos dados.
- Prof. Dr. Tasso Leo Krünger, pela confecção do Summary.
- Jornalista Alfredo Iamauti, pela revisão dos originais.
- Eng. Agr. Maria Edna T. Nunes e Peter Schuld pelas sugestões apresentadas.
- Professores, funcionários e colegas do Departamento de Fitopatologia da ESALQ/USP.
- CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. A ferrugem do feijoeiro.....	03
2.2. Avaliação de danos.....	04
2.2.1. Avaliação de doenças.....	07
2.2.2. Métodos para avaliação de danos.....	09
2.2.3. Modelos para a determinação da função de dano.....	11
2.3. Determinação de danos baseados em HAD e HAA	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1. Obtenção da função de dano.....	18
3.1.1. Instalação dos experimentos de campo.....	18
3.1.2. Avaliação da doença.....	21
3.1.3. Avaliação da área foliar.....	25
3.1.4. Avaliação da produção.....	27
3.2. Análise dos resultados.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. Avaliação de danos causados pela ferrugem.....	29
4.2. Determinação de danos baseados em HAD.....	38
4.3. Abordagem de danos baseada na área foliar sadia das plantas.....	51
4.4. Considerações finais.....	58

5. CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
APÊNDICE.....	73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
01	Padrão de tamanho de pústulas de ferrugem do feijoeiro utilizado para avaliar o diâmetro (mm) dessas no campo.....	23
02	Escala diagramática de severidade (porcentagem de área foliar afetada) da ferrugem do feijoeiro.....	24
03	Curva de ajuste entre largura (cm) e área (cm ²) do folíolo de feijoeiro. (●) Dados reais e (—) curva estimada.....	26
04	Curva de ajuste entre largura do folíolo (cm) e área da folha trifoliolada (cm ²) de feijoeiro. (●) Dados reais e (—) curva estimada.....	26
05	Relação entre área foliar do feijoeiro (cm ²) (a) e severidade (%) (b) com a produção (g) em 4 avaliações realizadas no ensaio de 1992.....	30
06	Relação entre área foliar do feijoeiro (cm ²) (a) e severidade (%) (b) com o número de vagens por planta em 4 avaliações realizadas no ensaio de 1992.....	31
07	Relação entre área foliar do feijoeiro (cm ²) (a) e severidade (%) (b) com a produção (g) em avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP no ensaio de 1993.....	32

08	Relação entre área foliar do feijoeiro (cm ²) (a) e severidade (%) (b) com a produção (g) em avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP no ensaio de 1993.....	33
09	Relação entre área foliar do feijoeiro (cm ²) (a) e severidade (%) (b) com número de vagens por planta em avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP no ensaio de 1993.....	34
10	Relação entre área foliar do feijoeiro (cm ²) (a) e severidade (%) (b) com número de vagens por planta em avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP no ensaio de 1993.....	35
11	Relação entre produção (em g por planta) e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias) (c), HAA (MJm ⁻²) (d) para o ensaio de 1992.....	39
12	Relação entre número de vagens por planta e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias) (c), HAA (MJm ⁻²)(d) para o ensaio de 1992.....	40
13	Relação entre produção (em g por planta) e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm ⁻²)(d) para o ensaio de 1993.....	41
14	Relação entre número de vagens por planta e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias) (c), HAA (MJm ⁻²)(d) para o ensaio de 1993.....	42

15	Relação entre produção (g por planta) e HAD para grupos de 5 plantas (a) e 10 plantas (b) ordenadas previamente por HAD no ensaio realizado em 1992.....	44
16	Relação entre produção (g por planta) e HAD para grupos de 5 plantas (a) e 10 plantas (b) ordenadas previamente por HAD no ensaio realizado em 1993.....	45
17	Curva de progresso da doença em severidade (%) (a), relação entre produção (g por planta) e HAD (b), LAI sadio médio e dias após o plantio (c) para as 20 plantas mais sadias (o) e para as 20 mais doentes (•) da população de 170 plantas individuais do ensaio de 1992. São mostrados em (d) o HAD médio e a produção média (g) de cada grupo, (D) doente e (S) sadio.....	48
18	Curva de progresso da doença em severidade (%) (a), relação entre produção (g por planta) e HAD (b), LAI sadio médio e dias após o plantio (c) para as 20 plantas mais sadias (o) e para as 20 mais doentes (•) da população de 166 plantas individuais do ensaio de 1993. São mostrados em (d) o HAD médio e a produção média (g) de cada grupo, (D) doente e (S) sadio.....	49
19	Relação entre produção (g por planta) e LAI sadio, para as 4 avaliações realizadas, para as 123 plantas mais sadias (AUDPC<31,8) (a) e para grupos de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD (b), para o ensaio realizado em 1992.....	52

20	Relação entre produção (g por planta) e LAI sadio, para as avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP para as 110 plantas mais sadias (AUDPC<31,8) (a) e para grupos de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD (b), para o ensaio realizado em 1993.....	53
21	Relação entre produção (g por planta) e LAI sadio, para as avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP para as 110 plantas mais sadias (AUDPC<31,8) (a) e para grupos de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD (b), para o ensaio realizado em 1993.....	54

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
01	Concentrações de uredósporos (uredósporos/ml) e porcentagem (%) da dose recomendada do fungicida oxicarboxin, utilizadas nas diferentes parcelas de feijão, cultivar Rosinha G-2, no ensaio realizado em 1992, Piracicaba-SP.....	20
02	Concentrações de uredósporos (uredósporos/ml) utilizadas nas diferentes parcelas de feijão, cultivar Rosinha G-2, no ensaio realizado em 1993, Piracicaba-SP.....	21
03	Equações de regressão linear e coeficientes de determinação obtidas para as 123 plantas mais sadias (AUDPC<31,8) da população original de plantas individuais e para as médias de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD, no ensaio realizado em 1992.....	55
04	Equações de regressão linear e coeficientes de determinação obtidas para as 110 plantas mais sadias (AUDPC<31,8) da população original de plantas individuais e para as médias de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD, no ensaio realizado em 1993.....	56

AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR *Uromyces appendiculatus* NO FEIJOEIRO

Autora: Marilene Tengan Iamauti

Orientador: Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

RESUMO

Vários são os problemas fitossanitários que afetam o feijoeiro, sendo que mais de 200 doenças são relatadas nessa cultura. A ferrugem, causada pelo fungo *Uromyces appendiculatus*, é uma das principais e de ocorrência constante nas regiões produtoras, porém relatos sobre as perdas provocadas por esta doença carecem de detalhes e pouco têm contribuído para a adoção de um manejo integrado.

Com o objetivo de avaliar os danos causados pela ferrugem no feijoeiro foram instalados dois ensaios de campo, nos anos de 1992 e 1993, e conduzidos nos meses de maio a agosto, no município de Piracicaba-SP.

O método da planta individual foi empregado e, para obter níveis de doença variáveis, utilizaram-se subdosagens de fungicidas e diferentes quantidades de inóculo inicial, no ensaio de 1992 e inoculação de suspensões com diferentes concentrações de uredósporos no ensaio de 1993.

Para avaliação da severidade da doença e da área foliar foi utilizada metodologia não-destrutiva. Os componentes de produção avaliados foram peso total de sementes (produção em g/planta), número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes.

Os resultados obtidos mostram a falta de correlação entre a severidade da doença e os componentes de produção avaliados. A área foliar sadia da planta, representada pelas variáveis HAD (duração da área foliar sadia) e LAI (índice de área foliar), correlacionou-se com a produção total (g por planta) e com o número de vagens por planta. Esta constatação sugere que as variáveis HAD e

LAI poderiam ser utilizadas no desenvolvimento de um programa de manejo integrado de doenças do feijoeiro.

A alta correlação de LAI sadio e produção (g por planta) é bastante interessante dentro de um processo de tomada de decisão, pois, ao contrário do HAD, é uma variável de quantificação instantânea.

**ASSESSMENT OF CROP DAMAGE CAUSED BY *Uromyces*
appendiculatus ON PHASEOLUS BEAN**

Author: Marilene Tengan Iamauti

Adviser: Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

SUMMARY

More than 200 diseases are reported in the common bean crop, with bean rust, caused by *Uromyces appendiculatus*, being one of the most important. Although it is constantly present in the producing regions, reports on losses due to this disease are scarce and have not contributed to the adoption of integrated disease management.

In order to evaluate the damages caused by the bean rust, two field trials were set up in 1992 and 1993 and carried out during the period from May to August.

The single plant method was employed and subdosages of fungicides and different amount of initial inoculum were used in order to obtain variable disease levels in the 1992 trial. For the 1993 trial, different urediniospore concentrations were employed.

Disease severity and leaf area evaluation was performed by a non-destructive methodology. Yields components were evaluated through the total weight of seeds (g/plant), number of pods per plant, number of seeds per pod and weight of 100 seeds.

The results showed a lack of direct correlation between disease severity and the production factors evaluated. The healthy leaf area, represented by the variables HAD (healthy area duration) and LAI (leaf area index), is correlated with total yield (g per plant) and with the number of pods per plant.

This fact suggests that the variables HAD and LAI could be used in the development of a integrated management system for bean diseases.

A high correlation of healthy LAI and yield (g per plant) is very interesting for the decision making process, since in contrast to HAD, this variable can be instantaneously quantified.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão no Brasil tem expressiva importância sócio-econômica, já que, tradicionalmente, é ingrediente essencial à alimentação da grande maioria dos brasileiros, sobretudo das camadas de baixa renda. No entanto, a oferta do produto encontra-se estacionada e a produtividade tem apresentado decréscimos (LLANILLO & GUERREIRO, 1989). Vários são os fatores responsáveis por este quadro, dentre os quais o manejo inadequado das doenças que afetam a cultura.

São mais de 200 as doenças que afetam o feijoeiro, sendo que a ferrugem, causada pelo fungo *Uromyces appendiculatus*, é uma das principais e de ocorrência constante nas diversas regiões produtoras. Como os relatos sobre perdas provocadas pela doença carecem de detalhes, pouco têm contribuído para a adoção de medidas de controle.

A base das medidas de controle fitossanitário é reduzir as perdas na produção a um nível aceitável, sob os pontos de vista biológico e econômico. Para reduzi-las é preciso dimensionar o tamanho dessas perdas.

Estimativas confiáveis sobre os prejuízos causados pelos patógenos constituem um pré-requisito para o desenvolvimento de qualquer programa bem-sucedido de controle de doenças. É obrigatório que se conheça o valor do prejuízo, pois só assim, em conjunção com o custo do controle, se poderá tomar uma decisão racional e econômica.

Além disso, o conhecimento sobre a exata dimensão dos danos decorrentes das doenças é necessário para avaliar estratégias de controle, fazer previsões de produção e até para avaliar a conveniência de pesquisar uma doença em particular.

O que se constata é que a relação entre a ocorrência das doenças e os danos ocasionados tem sido pouco estudada, para a maioria das culturas e/ou doenças. Com o objetivo de determinar os danos decorrentes da ferrugem do feijoeiro foi realizado o presente trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A ferrugem do feijoeiro

Apesar de o Brasil ser um dos maiores produtores e consumidores de feijão do mundo, a cultura não apresenta grande produtividade no país. Dentre os fatores que contribuem para esse quadro, o baixo nível da tecnologia utilizada, o empobrecimento do solo por culturas sucessivas e a ocorrência de pragas e doenças são citados como principais responsáveis (MOURA *et al.*, 1994).

As doenças, em muitos casos, tornam-se fatores limitantes à cultura, pois o feijoeiro é uma planta sujeita a um grande número de doenças, que podem assumir caráter epidêmico. Dentre estas, destaca-se a ferrugem, causada pelo fungo *Uromyces appendiculatus* e que pode ocorrer em todas as regiões produtoras do país (KIMATI, 1980). Ela é uma das doenças de maior incidência a nível mundial, mais comumente nas áreas tropicais e subtropicais (HALL, 1991), e é citada como um dos problemas que afetam a produção de feijão em muitas regiões da América Latina, incluindo o Brasil, a Colômbia, o México e o Peru (SCHWARTZ & GÁLVEZ, 1980; RIOS, 1994).

No Brasil, com o surgimento de uma terceira época de plantio, a do "inverno", que tem despertado o interesse dos médios e grandes produtores, a ocorrência da ferrugem tem sido freqüente, principalmente devido às condições climáticas e microclimáticas características nesta época de plantio, diferentes das épocas tradicionais, "águas" e "seca". No "inverno", o clima mais ameno e a elevada umidade, devida à irrigação, contribuem para o desenvolvimento da doença (BULISANI, 1990; VIEIRA, 1994).

A ferrugem pode afetar toda a planta, sendo mais comum às folhas. Os sintomas se iniciam com amarelecimentos puntiformes, que se rompem quando as frutificações do fungo amadurecem, formando os soros. Estes

produzem uredósporos, esporos responsáveis pelo desenvolvimento das epidemias. Por apresentarem coloração pardo-avermelhada, dão à planta um aspecto ferruginoso, que originou o nome da doença. O fungo é um Basidiomiceto, sendo parasito obrigado e que tem ciclo de vida autóico, isto é, capaz de completar todo o seu desenvolvimento no hospedeiro feijão (KIMATI, 1980; HALL, 1991). A doença pode ocorrer em qualquer época de plantio, sendo que temperaturas moderadas (17-27°C) e alta umidade relativa propiciam condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Uma revisão detalhada a respeito da etiologia do agente causal da ferrugem do feijão foi realizada por GROTH (1988).

O patógeno é disseminado por implementos agrícolas, insetos e outros animais, mas tem no vento o principal agente de disseminação de esporos, sobretudo a longas distâncias. Como o feijão é produzido em muitas regiões durante todo o ano (plantio das "águas", da "seca" e do "inverno"), a sobrevivência e a disseminação da ferrugem são facilitadas (VIEIRA, 1994).

Os principais métodos de controle citados na literatura são: práticas culturais, controle químico e resistência varietal (CARDOSO, 1988; MAFFIA *et al.*, 1988; HALL, 1991; MENEZES, 1994).

2.2. Avaliação de danos

Para PENNYPACKER (1983), a correta avaliação da redução da produção é limitada pela diversidade da quantidade e qualidade dos dados disponíveis. Dentre os fatores que contribuem para esse problema estão: o grande número de variedades cultivadas em diferentes solos, a diversidade climática nas regiões produtoras e entre os anos de cultivo, a falta de técnicas apropriadas de avaliar e monitorar a população do patógeno.

Os prejuízos causados pela ferrugem e citados na literatura carecem de maiores informações. HALL (1991) comenta que as perdas na produção devido a ferrugem podem alcançar 100%, dependendo da severidade e precocidade da infecção. SCHWARTZ & GÁLVEZ (1980) citam que as maiores perdas ocorrem quando a infecção acontece durante os períodos da pré-floração e floração, 30 a 45 dias após a semeadura, podendo causar reduções de 40-50% no

peso da matéria seca das plantas e diminuir o rendimento em 18-28%, 38-45% e 40-100% segundo diversos autores (WIMALAJEEWA & THAVAM, 1973; ZÚNIGA & VICTORIA, 1975; NASSER, 1976).

Para as condições brasileiras, ALMEIDA *et al.* (1977) determinaram em ensaios de casa de vegetação que plantas do cultivar “Rico 23” e “Manteigão Fosco 11”, quando inoculadas aos 30 e 45 dias após o plantio, apresentaram redução no rendimento de 50,7 e 53,5%, respectivamente. Os autores calcularam o rendimento utilizando a fórmula de Adams (1971) e verificaram uma correlação positiva entre esse e o peso seco total (parte aérea e sistema radicular), evidenciando que plantas com maior peso seco total obtiveram melhor rendimento. É importante destacar que os autores realizaram as avaliações através de amostragem destrutiva. CARRIJO *et al.* (1979) em ensaios de campo, utilizando delineamento em faixas, inoculadas pelo patógeno e outras protegidas por fungicida, encontraram que o decréscimo da produção provocada pela ferrugem em dois cultivares mais suscetíveis, “Porto Alegre Vagem Roxa” e “UI-61” foi de respectivamente, 46 e 34%, entretanto não houve diferença estatística entre os tratamentos com e sem pulverização de fungicida.

É justamente a falta de dados confiáveis e quantitativos, a respeito da importância das doenças de plantas, o fator isolado que mais prejudicou o financiamento da fitopatologia, segundo JAMES (1983). As doenças de plantas foram inicialmente estudadas em decorrência das perdas que causavam e essa falta de estimativas confiáveis sobre reduções acarretadas pelas doenças suscita problemas tais: Como é possível decidir racionalmente quanto investir em controle? Como julgar a conveniência do emprego de um fungicida se não é conhecido o prejuízo causado pelo patógeno a ser controlado? Como investir recursos na produção de variedades resistentes ou decidir quais projetos fitossanitários são prioritários se a extensão dos danos não é conhecida?

Estimativas confiáveis dos prejuízos causados pelos patógenos constituem um pré-requisito para o desenvolvimento de qualquer programa bem-sucedido de controle de doenças, independentemente do método a ser utilizado, seja químico, seja biológico (BERGAMIN FILHO, 1995). Na atualidade, esses programas ocupam um papel fundamental na produção agrícola, num momento em que a preocupação com a racionalização dos recursos empregados e a

conservação ambiental são os principais obstáculos a serem vencidos pelos produtores.

Dentro desse contexto, o manejo integrado de pragas e doenças surge como a solução racional desses problemas. No entanto, para que esse objetivo seja alcançado, os prejuízos decorrentes das pragas e doenças devem ser devidamente quantificados.

É necessário definir alguns termos citados na literatura, como danos, perdas, nível de dano econômico e controle integrado. Segundo ZADOKS (1985), a terminologia em fitopatologia tem sido modificada e o significado de alguns termos se tornou confuso. Serão utilizados então os conceitos citados por ZADOKS (1985), onde **organismo nocivo** é qualquer agente biológico que danifique uma plantação. **Produção** é o produto mensurável de valor econômico de uma plantação. Qualquer sintoma causado por um organismo nocivo é **injúria**, e a redução na quantidade e/ou qualidade da produção é chamada de **dano**. A redução em retorno financeiro por unidade de área devida à ação de organismos nocivos é chamada de **perda**.

Na definição clássica de **nível de dano econômico**, este é a menor população que poderá causar dano, que posteriormente foi redefinida como o nível de organismo nocivo cujos benefícios advindos do controle se igualam aos custos gastos nesta operação. Esta terminologia, criada pelos entomologistas, pode ser confusa para os fitopatologistas, que criaram o termo equivalente, **limiar de dano** (BERGAMIN FILHO, 1995).

De acordo com a FAO (1968), o **controle integrado** de doenças pode ser definido como um sistema de manejo das doenças que utiliza todas as técnicas disponíveis para manter as doenças abaixo do limiar de dano. Dentre esses métodos utilizados, alguns são definidos antes da instalação da cultura, como por exemplo a escolha do cultivar. No entanto, outros precisam ser decididos durante o crescimento da cultura, a escolha do fungicida e a época da sua aplicação, por exemplo. Neste caso, a decisão necessita de informações como a previsão do crescimento da doença durante o ciclo, as perdas que poderão advir se o controle não for efetuado e a relação custo-benefício do tratamento.

Esse pensamento prevalece atualmente, substituindo o conceito das gerações anteriores sobre erradicação de pragas e doenças. Manejo de pragas e doenças é inerente a uma compreensão mais complexa de ecossistema, dinâmica

de população, genética e produção econômica de culturas, procurando um programa de medidas que irão manter os organismos nocivos abaixo do limiar de dano econômico. No entanto, como preconizam ZADOKS & SCHEIN (1979), um longo e tedioso trabalho, assim como transpor uma série de dificuldades, deve ser executado até a obtenção desse manejo.

A injúria pode levar a dano. Caso contrário, emprega-se o termo injúria aparente, que é a situação quando a tolerância varietal estiver envolvida. O dano nem sempre leva a perda, já que os mecanismos que controlam os preços podem influenciar essa função. A **função de dano** relaciona dano (D) com injúria (I) através da equação: $D = f(I)$. O conceito de dano envolve o conceito de produção, que é o produto mensurável de valor econômico de uma plantação. A **função de perda** relaciona perda (P) com dano (D) : $P = f(D)$, e é muito mais difícil de ser determinada, principalmente em países de economia instável, pois depende de fatores econômicos típicos da região e do momento (ZADOKS, 1985).

2.2.1. Avaliação de doenças

Para estimar os danos que as doenças causam à produção é preciso encontrar a função de dano. Para a obtenção de dados que compõem essa função é necessário avaliar a injúria causada pela doença, que no contexto fitopatológico pode ser traduzida por incidência ou severidade da doença, e o dano decorrente dessa injúria, que é a diminuição da qualidade e/ou quantidade da produção.

A avaliação da **intensidade** das doenças, termo que é utilizado para se referir a incidência ou severidade, é o primeiro obstáculo a ser transposto. **Incidência** se refere ao número de plantas ou partes destas infectadas, expressa em proporção do número total de unidades avaliadas, como, por exemplo, porcentagem de plantas infectadas. Devido a isso, o método é considerado de alta precisão e simplicidade, sendo os dados obtidos facilmente reproduzíveis, porém com aplicabilidade limitada a doenças sistêmicas ou àquelas nas quais uma única lesão inviabiliza a comercialização do produto. A **severidade** é definida como a área de tecido foliar afetada pela doença, expressa com relação à proporção total

de área, como, por exemplo, porcentagem de área infectada, sendo adequada para avaliar doenças foliares (JAMES, 1974; KRANZ, 1988).

Enquanto métodos de diagnose são padronizados universalmente, já os métodos para avaliar doenças necessitam de uniformização de metodologia e concordância nos critérios utilizados. A avaliação da intensidade das doenças tem a mesma importância que a diagnose para a fitopatologia (KRANZ, 1988). JAMES & TENG (1979) apontam essa falta de padronização na avaliação das doenças como o principal fator limitante à obtenção de dados para estudos de danos e perdas.

A precisa avaliação da intensidade das doenças causadas pelos patógenos é o requisito básico para muitos aspectos na fitopatologia, como acompanhamento do progresso e distribuição das doenças, comparação de raças do patógeno, avaliação das medidas de controle, estudos de danos e perdas (KRANZ, 1988). Medições acuradas da intensidade das doenças são extremamente importantes em qualquer estudo relacionando doença e danos. Muitos dos procedimentos utilizados para estimar a severidade das doenças são subjetivos e/ou qualitativos e não satisfazem a exatidão requerida. LINDOW (1983) destaca que muitos dos métodos citados em literatura são úteis para estudos de perdas, de epidemiologia ou de resistência, mas não para todos os propósitos. A especificidade dos métodos ou a falta de praticidade dos mesmos tem limitado a sua adoção. O mesmo autor apresenta um levantamento dos principais métodos de avaliação visual da severidade das doenças, separando-os em duas categorias.

A primeira diz respeito às chaves descritivas que apresentam plantas com quantidades ou tipos de sintoma. A limitação desse método é que, observadores diferentes, utilizando essas chaves para avaliar plantas doentes com sintomas semelhantes, não obtêm a mesma estimativa da severidade. Na segunda categoria estão as escalas diagramáticas, que são representações da planta hospedeira com quantidades conhecidas da área foliar afetada pela doença, utilizadas na estimativa da severidade. JAMES (1974) apresenta os parâmetros que devem ser observados na construção e uso de uma escala diagramática. Este método, ao contrário das chaves descritivas, permite estimativas de níveis intermediários de severidade pela comparação da planta a ser avaliada com o

diagrama. Validação dessas escalas tem mostrado a consistência dos resultados, mesmo quando observadores diferentes a utilizam.

LINDOW (1983) e LINDOW & WEBB (1983) descrevem ainda métodos utilizando sensoriamento remoto e análise de fotografias para avaliar plantas doentes. Porém, devido à altitude em que são tiradas as fotografias, a resolução é baixa e só permite estimativas de incidência e não de severidade. Utilizando-se o mesmo princípio da diferença das propriedades radiantes entre plantas sadias e doentes, sistemas portáteis têm sido desenvolvidos e denominados radiômetros (NUTTER *et al.*, 1993). Análises computadorizadas de imagens de vídeo também têm sido recentemente testadas para avaliar a severidade das doenças, demonstrando precisão elevada e sendo bastante interessantes para avaliar folhas compostas e recortadas, como as de samambaia e tomate (LINDOW, 1983).

No entanto, alterações diárias ou pequenas na fisiologia das plantas não são facilmente detectadas pelos pesquisadores. Como citado por ROUSE (1988), as relações patógeno-hospedeiro se iniciam antes da expressão dos sintomas e provavelmente alterações na fisiologia da planta já ocorreram. Para avaliar esse parâmetro existe a necessidade de métodos que avaliem essas alterações.

Porém, para os estudos de danos, a estimativa da doença deve ser feita no campo, de preferência sem a destruição da amostra, de modo simples e reproduzível. Por reunir a maioria dessas características, TENG (1983) considerou que a avaliação visual da doença, através do uso de escalas diagramáticas, é conveniente para os levantamentos de danos em campo.

2.2.2. Métodos para avaliação de danos

Vários são os métodos citados na literatura para estimar os danos, destacando-se o método da parcela experimental e o da planta individual. O princípio de qualquer metodologia citada é sempre obter, para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, níveis de doença variados, com a finalidade de obter a relação entre quantidade de injúria e dano causado pelas infinitas combinações dessa função. Vários modelos são utilizados para estimar

essas combinações, como o modelo do ponto crítico, múltiplos pontos, integral, superfície resposta e sinecológico (JAMES, 1974; TENG & GAUNT, 1980).

No método da parcela experimental, o chamado tratamento pareado é o princípio fundamental. Avalia-se sempre a injúria e os danos decorrentes da doença em parcelas gêmeas, sadias e doentes (LARGE & DOLING, 1962). Ou então utilizam-se tratamentos múltiplos, com mais níveis de intensidade de doença compondo o mesmo experimento (ROMIG & CALAPOUZOS, 1970). A principal dificuldade neste método é manter, num mesmo ensaio, todos os fatores constantes e variar os níveis de injúria. JAMES (1974) e JAMES & TENG (1979) registram algumas sugestões para transpor esse impedimento: época de inoculação diferente nas parcelas, diferentes quantidades de inóculo inicial, utilização de fungicidas, variedades resistentes, associação de fungicidas e linhas isogênicas.

Com o método da planta individual, indivíduos sadios e doentes, encontrados num campo, comercial ou experimental, substituem as parcelas. Esta forma de avaliação de danos na produção não é recente (CHESTER, 1950; GASKILL & SCHNEIDER, 1966), sendo que RICHARDSON *et. al.* (1975) e RICHARDSON (1981) têm destacado as vantagens deste método sobre o da parcela experimental na quantificação de danos causados pelas doenças. Plantas são escolhidas no campo, procurando a maior variação possível da intensidade da doença, tendo sempre uma referência sadia. Algumas vantagens deste método são: menor espaço ocupado, campos comerciais podem ser utilizados na pesquisa, variação completa da intensidade da doença em uma única estação de cultivo. É necessário também citar algumas desvantagens, como a quantificação do fenômeno da compensação, restrição de se usar dados obtidos em plantas individuais e prever resultados para uma plantação, variação natural dos indivíduos, mesmo que geneticamente idênticos (ALUKO, 1975; GAUNT, 1978; JAMES & TENG, 1979).

Porém, o método de plantas individuais pode ser aperfeiçoado para superar as limitações, como proposto por HAU *et. al.* (1980). Estudando os danos decorrentes do mosaico da mandioca, os autores verificaram que a área foliar das plantas individuais deve ser considerada para refletir a produção potencial de uma planta, levando em consideração o vigor de cada planta, sadia ou doente. Considerando-se o potencial de produção de cada planta, minimizam-se as

restrições ao emprego do método da planta individual para estudos de quantificação de danos.

MERONUCK (1987) procurou, através de experimentos que utilizaram o método da parcela, obter a função de dano para a ferrugem do feijão e, com os resultados obtidos, construir um programa computadorizado para auxiliar os produtores a decidir sobre o uso ou não de fungicidas para o controle dessa doença. Os resultados iniciais foram promissores, ao reduzir o número de pulverizações, no entanto o modelo deve ser validado em outras condições.

Utilizando os métodos de plantas individuais e parcelas, SHTIENBERG *et. al.* (1990) estimaram as perdas causada por *Septoria* e ferrugem em cultivos comerciais de trigo em Israel. Avaliando epidemias naturais das doenças, verificaram que com o método de plantas individuais foi possível correlacionar a incidência das doenças e as perdas no peso dos grãos produzidos. No entanto, os dados variaram bastante conforme o ano, região e cultivar. Outros autores, trabalhando com a cultura do trigo e as diferentes doenças que ocorrem nessa planta, verificaram que a diminuição do peso dos grãos é o parâmetro de produção que mais correlação tem com o aumento da severidade das doenças (BOWEN *et al.*, 1991; GILBERT & TEKAUZ, 1993).

2.2.3. Modelos para a determinação da função de dano

A grande quantidade de dados gerados nos experimentos para avaliar danos causados por doenças dificulta a interpretação da relação injúria-dano. Frequentemente, sintetiza-se essa relação através de modelos que procuram capturar a sua essência. Os modelos podem ser considerados como representações de um dado sistema que é apresentado numa forma diferente e simplificada da original. Modelos simbólicos, que representam o sistema ou sintetizam as informações deste, normalmente utilizando-se da matemática, são os mais comuns em fitopatologia (TENG, 1991).

São citadas em literatura diversas abordagens para quantificar a relação injúria-dano, sendo que TENG (1985) sugeriu que tais modelos fossem classificados em empírico, explanatório e conceitual. O modelo empírico é o mais amplamente aplicado para avaliação de danos e desenvolvido a partir de dados

experimentais. Simulações de danos requerem modelos explanatórios, e os conceituais utilizam o conhecimento existente de fisiologia vegetal e os efeitos da doença na produção para formular prováveis respostas.

São considerados modelos empíricos, segundo TENG (1985), os de ponto crítico, múltiplos pontos, integral, de superfície resposta e sinóticos. O modelo de ponto crítico é aquele que permite identificar o estágio fenológico do hospedeiro no qual a presença da doença estará correlacionada com um dano futuro. Alguns trabalhos conseguiram identificar para certas doenças um período crítico em que a cultura parece ser mais "sensível" à ocorrência dessas. O trabalho de ROMIG & CALAPOUZOS (1970), que estudaram o sistema trigo-ferrugem (*Puccinia graminis* f.sp. *tritici*), é um exemplo no qual uma equação relacionava a severidade da doença presente no estágio 11.1 da escala de Feekes com a porcentagem de dano.

Na cultura do arroz, os maiores danos à produção ocorreram quando as doenças infectaram as plantas antes da formação das panículas (REDDY *et al.*, 1979) ou, no caso da brusone (*Pyricularia oryzae*), quando o fungo atacava a região do "pescoço" da panícula (BONMAN *et al.*, 1991). JAMES & TENG (1979) destacam que o desenvolvimento de um modelo de ponto crítico não significa que não exista outra fase dentro do ciclo da cultura suscetível à doença, mas sim que uma boa correlação entre injúria e dano foi encontrada num estágio particular.

No modelo de múltiplos pontos a relação injúria-dano é determinada através de avaliações sequenciais do progresso da doença durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, sendo que as variáveis são os incrementos da doença durante um período específico (JAMES *et al.*, 1972) ou a severidade atual da doença em estádios fenológicos determinados (BURLEIGH *et al.*, 1972). Modelos integrais relacionam danos com variáveis que representem a epidemia como um todo ou num determinado período. Uma variável comumente utilizada é a área debaixo da curva de progresso da doença, conhecida pelos epidemiologistas através da sigla AUDPC, derivada de Area Under Disease Progress Curve. SCHNEIDER *et al.* (1976) relacionaram o valor da AUDPC após o florescimento com o dano decorrente de *Cercospora spp.* em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*).

Modelos de superfície resposta são desenvolvidos a partir da relação entre perda de produção, severidade da doença e estágio de desenvolvimento da cultura. Nesse tipo de modelo existe a necessidade de mais informações do que nos modelos anteriormente descritos (TENG, 1985), e o estágio de desenvolvimento da cultura é utilizado como uma variável e não como ocorria nos demais, em que apenas se determinava o momento da avaliação da severidade da doença (TENG, 1991). KIRBY & ARCHER (1927) desenvolveram trabalho pioneiro de construção empírica de um modelo de superfície resposta para o sistema trigo-ferrugem (*P. graminis* f.sp. *tritici*).

Os modelos que estimam danos têm sido desenvolvidos, na sua maioria, considerando apenas uma doença. Essa situação constitui mais exceção do que regra dentro de um sistema produtivo. No entanto, a construção de um modelo que considere essa situação requer um grande número de dados, em que os fatores que limitam a produção estejam representados em diferentes níveis. Modelos sinecológicos, termo introduzido por STYNES (1980), são aqueles desenvolvidos para avaliar danos utilizando diversas variáveis, desde diferentes doenças até pragas ou fatores abióticos que restrinjam a produção. Um exemplo desse tipo de modelo é o trabalho de PINSTRUP-ANDERSEN *et al.* (1976) para a cultura do feijoeiro. Num trabalho pioneiro, os autores propuseram um procedimento simples para a avaliação de perdas na cultura do feijão na região do Vale do Cauca, na Colômbia. Os autores concluíram que a falta de um regime hídrico adequado é o principal fator limitante à cultura, seguido da presença da cigarrinha (*Empoasca kraemeri*) e da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*).

A comparação entre os modelos, ou o procedimento para escolher o que melhor relaciona injúria e dano, deve basear-se principalmente no objetivo da pesquisa (TENG, 1985). MADDEN (1983) exemplifica que para avaliar danos em grandes áreas, quando muitos campos devem ser visitados, o uso de modelos de ponto crítico é favorecido porque requer apenas uma avaliação de severidade da doença. JAMES (1974) estabelece ainda que modelos de ponto crítico parecem adequar-se a epidemias de curta duração e com taxas de infecção estáveis, enquanto modelos de múltiplos pontos são melhores para epidemias de longa duração e taxas variáveis. Os modelos integrais necessitam de várias avaliações de severidade para o cálculo da AUDPC e não fornecem informações para o

controle econômico de doenças. Modelos sinecológicos terão a sua importância aumentada dentro da tendência da agricultura moderna de manejo integrado de pragas e doenças. MADDEN *et al.* (1981), reconhecendo as dificuldades e limitações dos vários modelos para estimar danos, generalizaram um modelo não-linear para caracterizar a relação entre injúria e dano.

Outras culturas nas quais modelos para estimar danos foram estudados são tomate (FERRADINO & ELMER, 1992), batata (JOHNSON, 1992) e soja (YANG *et al.*, 1991).

2.3. Determinação de danos baseados em HAD e HAA

Muitas das tentativas de determinar a relação entre produção da cultura e severidade das doenças têm sido frustradas. WAGGONER & BERGER (1987) comentam que isso ocorre porque a lógica dessa correlação é dominada por fatores como: o efeito da severidade é diferente se ocorre no início ou fim da estação de cultivo; desfolha natural das plantas não é incluída na avaliação da severidade; e a determinação de quanto as doenças estão realmente afetando a fotossíntese das plantas, uma vez que a produção de matéria seca das plantas depende desse processo.

ROUSE (1988) destaca que as plantas raramente, ou nunca, produzem tudo o que seu potencial genético permite, pois as condições também raramente são perfeitas para o crescimento da planta. Dentre os fatores que limitam essa produção potencial incluem-se variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente onde as doenças estão relacionadas. A determinação precisa do papel que a doença tem na diminuição da produção, qualitativa ou quantitativa, é necessária para conhecer as interações que ocorrem entre o hospedeiro e o patógeno, pois, como o autor destaca, as relações entre a planta e o patógeno se iniciam antes que os sintomas possam ser observados. Por esse motivo, só a simples correlação entre severidade e produção pode ser uma tentativa frustrada de encontrar a função de dano. É necessário considerar modelos que incluem outros parâmetros, como crescimento do hospedeiro, área foliar remanescente, produção potencial das plantas e eficiência fotossintética da

folha sadia ou doente (HAU *et al.*, 1980; WAGGONER & BERGER, 1987; JOHNSON, 1987; ROUSE, 1988).

Dentre esses modelos, o proposto por WAGGONER & BERGER (1987), de analisar a redução de produção induzida pelas doenças através da duração da área foliar sadia (**HAD- Healthy Leaf Area Duration**) e da absorção da radiação solar pela área foliar sadia (**HAA- Healthy Area Absorption**), tem sido citado por vários autores (GAUNT, 1990; CAMPBELL & MADDEN, 1990). Diversos trabalhos têm reportado a relação entre produção e área foliar verde remanescente no lugar da severidade (ROTEM *et al.*, 1983a e b; JOHNSON *et al.*, 1986; HAVEKORT & BICAMUMPAKA, 1986; LIM & GAUNT, 1985a e b) e a boa correlação existente entre a absorção da radiação pelas folhas e produção de matéria seca (GALLAGHER & BISCOE, 1978), que são os princípios fundamentais da abordagem de avaliação de danos baseada em HAD e HAA.

A abordagem apresentada por WAGGONER & BERGER (1987) relembra que a matéria seca produzida por uma planta é função em grande parte da fotossíntese que ocorre nas folhas. WATSON (1947) encontrou alta correlação entre produção e índice de área foliar (**LAI- Leaf Area Index**), que é a relação entre metros quadrados de área foliar por metro quadrado de solo. Verificou também que a duração da área foliar (**LAD- Leaf Area Duration**), que é a integral do LAI em função do tempo, correlacionava-se ainda melhor com a produção e pode ser calculada por integração trapezoidal conforme a equação:

$$LAD = \sum_{i=1}^{n_0-1} (LAI_i + LAI_{i+1}) / 2(t_{i+1} - t_i), \text{ onde LAD é a duração da}$$

área foliar (em dias), LAI, o índice de área foliar, sem dimensão ($LAI_i = LAI(t_i)$) e t , o tempo.

A compreensão de que a fotossíntese se relaciona mais com a absorção da radiação solar pelas folhas do que com a área destas, ou com o LAI, segundo MONTEITH (1981) e CHARLES-EDWARDS (1982), permitiu um aperfeiçoamento das idéias de WATSON (1947). A lei de Beer, citada por WAGGONER & BERGER (1987), expressa a relação entre a insolação transmitida (I em MJm^{-2}) através da folhagem, isto é, a fração f absorvida é $[1 - \exp(-kLAI)]$, onde k é próximo de 1 para folhas horizontais e 0,3 para aquelas eretas. MIGLIORANZA (1992) determinou experimentalmente que o valor médio

de k para a cultura do feijão é 0,7. A produção de matéria seca w (gm^{-2}) relaciona-se com o LAI e insolação através da equação:

$$w = \int e f I dt + w_0 = \int e I (1 - \exp(-k \text{LAI})) dt + w_0$$

Portanto, a produção está muito mais relacionada com a quantidade de energia absorvida pela folha do que com LAD. Para expressar esta variável, LOPES *et al.* (1994) propuseram o termo absorção da área foliar (LAA- Leaf Area Absorption), definida pela equação:

$$\text{LAA} = I \sum_{i=1}^{n_0-1} \left[(1 - \exp(-k \text{LAI}_i)) + (1 - \exp(-k \text{LAI}_{i+1})) \right] / 2$$

Estas idéias explicam por que muitos resultados desapontadores ocorreram quando os fitopatologistas, preocupados apenas com o patógeno, tentaram correlacionar a severidade das doenças com a produção. Esqueceram-se de que o hospedeiro, suas folhas e a quantidade de radiação absorvida têm papel fundamental na produção de matéria seca. Outro ponto a ser lembrado é que nem sempre o produto de interesse comercial, de uma dada cultura, representa toda a matéria seca produzida pela planta durante o seu ciclo.

Como esclarecem WAGGONER & BERGER (1987), o LAD é a soma do índice de área foliar em função do tempo e LAA é a soma da fração de insolação absorvida multiplicada pela própria insolação em função do tempo. Ao contrário da abordagem tradicional dada pelos fitopatologistas, que se concentravam em medir o aumento e desenvolvimento das doenças no tempo, através da taxa relativa de mudança r (dia^{-1}) ou da AUDPC, essas variáveis fornecem informações a respeito do tamanho da folhagem, quanto tempo ela opera e quanta radiação incidente ela absorve. Baseados nos conceitos fisiológicos já mencionados, é possível verificar os efeitos da doença sobre a folhagem do hospedeiro. Para relacionar a curva de progresso da doença com o crescimento da planta, WAGGONER & BERGER (1987) propõem que se subtraia a área foliar doente do LAD, através da integração da área foliar sadia e operacional durante o crescimento do hospedeiro $[(1-x)\text{LAI}]$. Essa integração

resulta no que os autores chamam de duração da área foliar sadia (HAD) em dias, calculada por:

$$HAD = \sum_{i=1}^{n_0-1} [LAI(1-x_i) + LAI(1-x_{i+1})] / 2 * (t_{i+1} - t_i)$$

Por uma adaptação lógica, em relação à absorção de área foliar (LAA), obtém-se a absorção da área foliar sadia (HAA) em MJm⁻²:

$$HAA = I \sum_{i=1}^{n_0-1} [(1-x_i)(1-\exp(-kLAI_i)) + (1-x_{i+1})(1-\exp(-kLAI_{i+1}))] / 2 * (t_{i+1} - t_i)$$

As perspectivas vislumbradas por WAGGONER & BERGER (1987) levaram MADDEN (1993) a manifestar o seu entusiasmo, depois de lamentar as dificuldades de correlacionar injúria com danos. No entanto, o mesmo autor e anteriormente CAMPBELL & MADDEN (1990) reconhecem que determinar HAD e HAA é muito mais trabalhoso do que avaliar a intensidade das doenças, que é uma medida relativa e pode ser realizada com o auxílio de escalas diagramáticas, enquanto aquelas são medidas absolutas, que exigem a determinação real da área foliar. Porém, o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto traz uma perspectiva na viabilização do uso dos conceitos de HAD e HAA, como sugerem LOPES *et al.* (1994).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Obtenção da função de dano

3.1.1. Instalação dos experimentos de campo

Com o objetivo de coletar dados para a obtenção da função de dano ocasionado pela ferrugem do feijoeiro (*Uromyces appendiculatus*), foram instalados 2 ensaios, nos anos de 1992 e 1993, sempre nos meses de maio a agosto, na área experimental do Departamento de Fitopatologia da ESALQ- USP, em Piracicaba-SP.

O cultivar utilizado foi o Rosinha G-2, com espaçamento de 0,5 m entre linhas, colocando-se um número de sementes suficiente para se obter um estande final de 10 plantas por metro linear. O plantio foi realizado em 29/05 e 27/05, para os ensaios de 1992 e 1993, respectivamente. Todas as práticas culturais recomendadas, como tratamento de sementes, adubação, controle de plantas daninhas, insetos e outras doenças, bem como a suplementação hídrica por irrigação, foram realizadas procurando dar condições ideais para o desenvolvimento da cultura.

Parcelas foram demarcadas para que pudessem ser inoculadas com diferentes quantidades de esporos ou tratadas com fungicidas. A área total destas era composta de 6 linhas de 6 m, replicadas em 3 blocos, sendo que a área útil, onde 10 plantas foram escolhidas ao acaso, era de 4 linhas de 4 m. Uma linha foi deixada como bordadura entre cada bloco, para evitar a interferência entre as parcelas e facilitar o caminhar no campo durante as avaliações.

Com o estande definido e as plantas no estágio V2/V3 de desenvolvimento (segundo escala do CIAT, Gepts & Fernandes, 1982¹, citados por FANCELLI, 1990), 180 plantas foram marcadas com fitas plásticas coloridas para serem avaliadas.

O método empregado para avaliar os danos causados pela ferrugem nesses experimentos foi o de plantas individuais. Para obter níveis de doença variáveis, utilizaram-se subdosagens de fungicida e diferentes quantidades de inóculo inicial, no ensaio de 1992. Porém, verificou-se que a doença ocorreu tardiamente, com pouca variação no campo, e que a inoculação de suspensões com diferentes concentrações de uredósporos era mais indicada. Por isso, em 1993, os tratamentos de subdosagens do fungicida foram substituídos por inoculação de concentrações mais baixas de uredósporos.

O inóculo foi produzido utilizando-se plantas de feijão do cultivar Rosinha G-2, pulverizando-se as primeiras folhas trifolioladas, com cerca de quatro dias de idade, com uma suspensão de uredósporos em água mais tween 80 (0,02%) na concentração de 10^4 esporos /ml. Após a inoculação as plantas foram cobertas com sacos plásticos, amarrados próximo à base dos vasos, para formar uma câmara úmida. Os vasos permaneceram 24 horas no escuro, sendo posteriormente incubadas a 21°C, em câmaras de crescimento de plantas, marca Conviron, sob fotoperíodo de 12 horas. Testes de germinação dos uredósporos indicaram valores médios de 40%.

Nos tratamentos com fungicida procedia-se a pulverização semanal das plantas com oxicarboxin (Plantvax 750 BR), que é específico para o controle da ferrugem do feijoeiro, e cuja dose recomendada pelo fabricante é de 0,6 kg do produto comercial por hectare. O total de aplicações realizadas durante toda a duração dos ensaios foi de 3 e 6 para os anos de 1992 e 1993, respectivamente.

Com esta metodologia procurou-se garantir o inóculo inicial do campo e em diferentes intensidades da doença. A inoculação foi realizada em 16/07, 48 dias após o plantio (DAP), para o ensaio de 1992, quando se constatarem as primeiras pústulas de ferrugem no campo. Segundo Kranz (em comunicação pessoal²), esta observação indica que condições favoráveis à doença

¹ GEPTS, P. & FERNANDES, F. Etapas de desarrollo de la planta de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, CIAT, 1982. 10p. (mimeografado).

² Professor Dr. Jurgen Kranz, Tropeninstitut der Justus-Liebig-Universitat Giessen, Giessen, FRG.

já estão ocorrendo, constituindo-se na época ideal para inocular as plantas no campo. Para tal operação utilizou-se um equipamento de pulverização UBV (ultra baixo volume), que permite boa distribuição de pequenos volumes de água (1 l/ha). No ensaio de 1993, modificaram-se a época e a frequência das inoculações, sendo que a primeira foi realizada em 22/06/93 (26 DAP) e a segunda em 6/07/93 (40 DAP).

Os tratamentos utilizados encontram-se descritos nas tabelas 1 e 2, para os anos de 1992 e 1993, respectivamente.

Tabela 1. Concentrações de uredósporos (uredósporos/ml) e porcentagem (%) da dose recomendada do fungicida oxicarboxin, utilizadas nas diferentes parcelas de feijão, cultivar Rosinha G-2, no ensaio realizado em 1992, Piracicaba-SP.

Tratamentos	Concentração utilizada (uredósporos/ml) ou (% da dose recomendada do fungicida)*
1	fungicida (100%)
2	fungicida (10%)
3	fungicida (1%)
4	10^5
5	10^7
6	testemunha sem tratamento

* Fungicida oxicarboxin, dose recomendada 0,6 kg/ha

Tabela 2. Concentrações de uredósporos (uredósporos/ml) utilizadas nas diferentes parcelas de feijão, cultivar Rosinha G-2, no ensaio realizado em 1993, Piracicaba-SP.

Tratamentos	Concentração utilizada (uredósporos/ml)
1	testemunha tratada com fungicida*
2	testemunha sem tratamento
3	10^4
4	10^5
5	10^6
6	10^7

* Fungicida oxicarboxin, dose recomendada 0,6 kg/ha

As avaliações eram realizadas semanalmente, sempre acompanhando-se as mudanças de estágio de crescimento do hospedeiro. No ensaio de 1992 as avaliações foram realizadas em 15/07 (47 DAP), 23/07 (55DAP), 30/07 (62 DAP) e 10/08 (73 DAP). Para o ano de 1993 foram: 21/06 (25 DAP), 28/06 (32 DAP), 5/7 (39 DAP), 12/7 (46 DAP), 19/7 (53 DAP), 27/7 (61 DAP), 4/8 (69 DAP), 11/8 (76 DAP) e 18/8 (83 DAP). Em todas as plantas marcadas avaliaram-se a severidade da doença, a área foliar e a produção.

3.1.2. Avaliação da doença

A avaliação da severidade da doença, no ensaio de 1992, foi realizada contando-se as pústulas presentes em todas as folhas das plantas marcadas e utilizando-se um padrão de diâmetro de pústulas, idealizada por

Mendes (em comunicação pessoal³) para determinar o seu tamanho (Figura 1). Calculava-se então a área ocupada por cada pústula e, multiplicando-se pelo número de pústulas encontradas, obtinha-se a severidade de cada folha. Da somatória desses valores encontrava-se a área doente de cada planta. Este método era preciso mas extremamente trabalhoso.

Para o ensaio de 1993, uma escala diagramática foi elaborada para a avaliação da severidade. Seguiram-se as recomendações de JAMES (1974) quanto à lei de acuidade visual de Weber-Fechner, segundo a qual a vista humana responde a estímulos que crescem em escala logarítmica. O mesmo autor determina que os limites inferior e superior da escala devem estar dentro dos observados em condições naturais.

A escala elaborada de um folíolo apresenta 6 níveis de severidade e tem como limites inferior e superior 1 e 22,5% de área doente, respectivamente (Figura 2). Os 3 níveis intermediários foram calculados segundo o modelo logístico (HORSFALL & BARRAT, 1945). A distribuição das pústulas no folíolo seguiu os padrões observados nas amostras de folhas com sintomas coletadas para a elaboração da escala. Quando valores abaixo de 1% eram encontrados, foram avaliados como descrito para o ensaio de 1992.

A validação da escala foi realizada por 5 pessoas utilizando figuras com diferentes severidades (GODOY *et al.*, 1995). O erro na estimativa de severidade, para todos os avaliadores, foi sempre inferior a 15%. A severidade real foi determinada com o auxílio do medidor de área foliar LI-COR modelo LI-3000.

³ Dra. Beatriz M. J. Mendes, Seção de Radiogenética, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP

Figura 1. Padrão de tamanho de pústulas de ferrugem do feijoeiro utilizado para avaliar o diâmetro (mm) dessas no campo.

Figura 2. Escala diagramática de severidade (porcentagem de área foliar afetada) da ferrugem do feijoeiro.

3.1.3. Avaliação da área foliar

Uma estimativa para a área foliar do feijoeiro foi obtida coletando-se várias plantas com diferentes tamanhos de folhas. Foram medidos o comprimento e a largura total (em centímetros) da folha trifoliolada, bem como o comprimento e a largura de cada folíolo. A área real dos folíolos, em centímetros quadrados, foi obtida com o medidor de área foliar LI-COR modelo 310, repetindo-se cada medição três vezes, para melhorar a precisão.

Os dados foram submetidos a uma série de ajustes lineares e não lineares, verificando-se que as medidas de comprimento e largura de folíolos tinham alta correlação com a área real do folíolo. Porém, o resultado mais prático obtido foi a verificação de que não era necessário medir o comprimento e a largura de cada folíolo, pois só a medida da maior largura possuía alta correlação com a área real do folíolo.

Para se obter a estimativa da área do folíolo era necessário somente medir a largura dos folíolos e substituir na seguinte fórmula:

$$Y = 2,332719 \cdot (X^{1,535531}) + (-4,667585) \quad (1)$$

onde Y= área do folíolo (cm²) e X= medida da largura do folíolo (cm). A área total da folha trifoliolada pode ser estimada pela seguinte equação:

$$Y = 2,137094 \cdot (X^{1,96418}) + (-2,701269) \quad (2)$$

onde Y= área da folha trifoliolada (cm²) e X= medida da largura do maior folíolo da folha trifoliolada (cm). O coeficiente de determinação (R²) para as duas equações foi de 0.95. Nas Figuras 3 e 4 é possível observar o ajuste da curva obtida com a equação aos pontos.

Seguindo esta metodologia, obteve-se a estimativa da área foliar para todas as plantas marcadas, através da contagem do número de folhas trifolioladas e da medida da largura dos folíolos, sem a destruição de amostras. Em todas as avaliações foram medidas todas as folhas com largura maior que 2 cm.

Figura 3. Curva de ajuste entre largura (cm) e área (cm²) do folíolo de feijoeiro. (•) Dados reais e (—) curva estimada.

Figura 4. Curva de ajuste entre largura do folíolo (cm) e área da folha trifoliolada (cm²) de feijoeiro. (•) Dados reais e (—) curva estimada.

3.1.4. Avaliação da produção

Para construção da função de dano é necessário obter a produção de cada planta marcada. Esta foi avaliada através de 4 componentes: número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso total dos grãos (g) e peso de 100 sementes (g).

A avaliação da produção ocorreu após a colheita, que se realizou em 1/09 (95 DAP) e 31/08 (96 DAP), para os ensaios de 1992 e 1993, respectivamente. As plantas foram arrancadas manualmente, tendo todas as suas vagens contadas, debulhando-se cada uma e avaliando o número de sementes por vagem. Posteriormente, pesaram-se os grãos produzidos por cada uma das plantas e contaram-se, ao acaso, 100 sementes, que foram pesadas. Na avaliação do peso total dos grãos e do peso de 100 sementes utilizou-se o método da estufa a 105°C (MARCOS FILHO *et al.*, 1987) para determinar o grau de umidade dos grãos e corrigir todos os valores para 12%, pois a umidade dos grãos para a comercialização deve ser de 12 a 13%.

O objetivo de avaliar outros parâmetros de produção, além do peso total dos grãos, que é a porção de interesse comercial do feijoeiro, foi o de verificar se a doença interferia, por exemplo, na qualidade dos grãos, o que poderia ser constatado pelo parâmetro peso de 100 sementes.

No parâmetro número de vagens consideraram-se apenas aquelas que continham sementes. O número de sementes foi totalizado e, dividindo-se pelo número de vagens, obteve-se uma média do número de sementes por vagem.

3.2. Análise dos resultados

Para todas as plantas tinha-se valores de área foliar sadia e doente, nas diferentes datas de avaliação. Das 180 plantas avaliadas, o programa STATISTICA® detectou 10 plantas consideradas "outliers" para o ensaio de 1992 e 14 para o de 1993, ou seja, plantas que possuíam variações extremamente elevadas por motivos alheios aos tratamentos aplicados. Desse modo, todas as análises que são descritas utilizaram 170 e 166 plantas individuais para os ensaios de 1992 e 1993, respectivamente.

Calculou-se a severidade da doença em porcentagem, e utilizou-se esse valor para o cálculo da AUDPC. A área abaixo da curva de crescimento da área foliar (AULAPC- Area Under Leaf Area Progress Curve) também foi calculada para todas as plantas.

Os cálculos de LAI, HAA e HAD seguiram as fórmulas propostas por WAGGONER & BERGER (1987).

No cálculo do HAA, o valor de $k=0,7$ utilizado foi determinado experimentalmente para o feijão por MIGLIÓRANZA (1992). Os valores de radiação global em MJm^{-2} (I) utilizados no cálculo de HAA foram obtidos no Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP (Apêndice 11), que mantém uma estação agrometeorológica no campus. Foi considerado para cada data de avaliação um valor médio de I, correspondente ao intervalo de dias em que se realizavam as medições de área foliar e severidade da doença.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação de danos causados pela ferrugem

Pelos motivos anteriormente apresentados no item 3.2, das 180 plantas individuais marcadas, 170 plantas do ensaio de 1992 foram utilizadas para a avaliação de danos. Para o ano de 1993 utilizaram-se 166 plantas.

Os resultados de área foliar (em cm^2) e severidade (em porcentagem) obtidos nas avaliações efetuadas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura e sua correlação com as variáveis produção de grãos (em g por planta) e número de vagens por planta encontram-se nas Figuras 5 e 6, para o ano de 1992, e nas Figuras 7, 8, 9 e 10, para o ano de 1993. Cada ponto representa uma das plantas avaliadas.

É possível observar em todas as figuras que o progresso da área foliar apresenta alguma tendência, enquanto a severidade tem uma dispersão aleatória. No ensaio de 1993 obteve-se, com a mudança da época e da frequência das inoculações, maior número de plantas com diferentes níveis de severidade, além de mais plantas com severidade alta, que alcançou 12%. Para o ensaio de 1992 a maioria das plantas não ultrapassou 4% de severidade, sendo que uma única planta apresentou 19%. LIM & GAUNT (1981) comentam sobre a importância da área foliar como um fator a ser considerado na avaliação de doenças e que normalmente é ignorado pela maioria dos trabalhos. A importância disso está no efeito da doença sobre a área foliar total da planta. Os mesmos autores relatam ainda que a área foliar tem se correlacionado positivamente com a produção, ao contrário da severidade, fato também observado no patossistema aqui estudado.

Figura 5. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com a produção (g) em 4 avaliações realizadas no ensaio de 1992.

Figura 6. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com número de vagens por planta em 4 avaliações realizadas no ensaio de 1992.

Figura 7. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com a produção (g) em avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP no ensaio de 1993.

Figura 8. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com a produção (g) em avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP no ensaio de 1993.

Figura 9. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com número de vagens por planta em avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP no ensaio de 1993.

Figura 10. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com número de vagens por planta em avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP no ensaio de 1993.

No ano de 1993 obteve-se, em função do maior número de avaliações, uma melhor observação do progresso da doença, que se iniciou aos 39 DAP e cresceu exponencialmente até o final do ciclo. Para o ensaio de 1992, a metodologia empregada e o menor número de avaliações não permitiram a visualização completa do progresso da doença.

O número de sementes por vagem e o peso de 100 sementes não variaram muito, independentemente do valor de área foliar ou severidade obtida, para cada uma das plantas individuais. Os resultados podem ser visualizados graficamente nos apêndices 1 e 2, para o ano de 1992, e nos apêndices 3, 4, 5 e 6, para o ano de 1993. Não foi encontrada nenhuma correlação desses dois parâmetros de produção com a área foliar ou severidade da doença. O número de sementes por vagem é uma característica varietal para o feijão segundo BARROS (1980), variando de 4 a 7 sementes por vagem no cultivar Rosinha G-2. YANG *et al.* (1991) verificaram para o patossistema soja - *Phakopsora pachyrhizi* que o número de sementes não era afetado pela doença e a redução na produção era devida ao menor número de vagens. Já o peso de 100 sementes é um parâmetro que pode demonstrar se ocorreu alguma alteração qualitativa nos grãos, decorrente da doença, principalmente da sua incidência em vagens. Embora existam relatos de que a ferrugem possa incidir sobre as vagens do feijoeiro (HALL, 1991), isso não ocorreu em nenhum dos ensaios.

Para algumas culturas está bem definido o estágio fenológico em que cada componente da produção é formado. Para o arroz, ALUKO (1975) verificou que o número de panículas é determinado durante a fase vegetativa, o número de grãos por panícula na fase reprodutiva e o peso dos grãos na fase de maturação. Se a doença não ocorrer em alta severidade no estágio em que um dos componentes está sendo formado, não haverá correlação. No feijão a translocação de carboidratos nas diferentes partes da planta varia conforme o seu estágio de desenvolvimento e, até certo ponto, com o seu hábito de crescimento (PORTES, 1988).

Todos os modelos estudados foram testados para os 4 componentes de produção avaliados, porém somente o peso total dos grãos (em g), que corresponde ao produto de interesse comercial, aqui denominado produção (g), e o número de vagens por planta apresentaram correlações significativas. TANAKA & FUJITA (1979) observaram que durante o crescimento das vagens uma

quantidade considerável de carboidratos acumula-se nas suas paredes e é translocada para os grãos durante o seu enchimento. As paredes das vagens funcionam como órgãos de armazenamento temporários, translocando os carboidratos das folhas para os grãos. Isso pode explicar por que em todas as análises em que ocorreu correlação com o peso total dos grãos (g) também se observaram resultados semelhantes para o número de vagens, sendo que esse pode ser utilizado para estimar produção em lavouras, na fase de desenvolvimento final da R8 a início da R9, segundo descreve CHAGAS (1994).

Calculou-se a AUDPC e AULAPC, e a sua correlação com a produção (g) encontra-se nas Figuras 11.a e 11.b, para o ensaio de 1992, e nas figuras 13.a e 13.b, para o ensaio de 1993. Os valores máximos de AUDPC alcançados em 1992 foram de 140 unidades e no ano de 1993, de 203. Nos dois ensaios a AUDPC, assim como a severidade em porcentagem, não apresentou relação com a produção. Para a AULAPC os valores máximos apresentados foram de 111.598 para 1992 e de 122.192 para 1993, com estreita relação linear e valores de $R^2=0,79$ e $p<0,001$, para 1992, e $R^2= 0,64$ e $p<0,001$, para 1993.

Nas Figuras 12.a e 12.b, para o ensaio de 1992, e Figuras 14.a e 14.b, para o ensaio de 1993, são apresentadas as correlações entre AUDPC, AULAPC e número de vagens por planta. Novamente a AUDPC não apresenta nenhuma tendência e a AULAPC mostra uma relação linear, com valores de $R^2= 0,76$ e $p<0,001$, para 1992, e de $R^2= 0,61$ e $p<0,001$, para 1993. No ano de 1992 as plantas apresentaram maior área foliar que em 1993, mas como a AULAPC considera valores acumulados para o seu cálculo, eles não foram muito diferentes, apesar de o número de avaliações ter variado de 4 para 1992 e 9 para 1993.

Os resultados obtidos para número de sementes por vagem e peso de 100 sementes são apresentados nos apêndices 7 e 8 para o ano de 1992 e nos apêndices 9 e 10 para 1993. Devido à falta de correlação entre esses dois parâmetros de produção avaliados com todas as variáveis de área foliar e/ou severidade da doenças, as análises dos dados referentes a eles não prosseguiram.

Não foi encontrado um período no ciclo de desenvolvimento da cultura em que a ocorrência da doença apresentasse maior efeito sobre a produção, uma vez que não ocorreu nenhuma relação entre esta e a severidade. No entanto, citações de que as maiores perdas ocorrem quando a infecção

acontece durante os períodos de pré-floração e floração, normalmente dos 30 a 45 dias após o plantio, são clássicas (SCHWARTZ & GÁLVEZ, 1980; RIOS, 1994).

O que se observa é que a intensidade da doença no campo, durante esse estágio fenológico, aumenta, facilitando a detecção da doença pelo técnico e/ou produtor que estejam monitorando a área. Se nenhum tratamento for aplicado, a severidade apresentada será diferente, como é possível verificar na Figura 18.a. Porém, os dados obtidos para o patossistema em estudo não identificaram um período no qual a cultura fosse mais sensível à ocorrência da doença, e um modelo de ponto crítico não pode ser desenvolvido. Em culturas como o trigo, cuja fisiologia da produção está bem estabelecida, ROMIG & CALAPOUZOS (1970) desenvolveram um modelo de ponto crítico. Para leguminosas, as informações sobre perdas devidas a doenças foliares são comparativamente escassas, como afirmam YANG *et al.* (1991), principalmente em razão do complicado mecanismo que comanda a produção nessas plantas. Do mesmo modo, modelos integrais que relacionam variáveis que representam a epidemia como um todo, tendo como exemplo a AUDPC, também não apresentaram correlação com a produção.

4.2. Determinação de danos baseados em HAD

A frustração de correlacionar a severidade da doença com danos na produção já foi experimentada por outros pesquisadores, como lembram WAGGONER & BERGER (1987). A abordagem proposta pelos autores foi aplicada aos dados obtidos e a correlação entre HAD e HAA com a produção encontra-se nas Figuras 11.c e 11.d, para o ano de 1992, e nas Figuras 13.c e 13.d, para o ano de 1993. Os coeficientes de determinação encontrados para HAD em 1992 foi de 0,79 e em 1993 de 0,64. A correlação entre HAD, HAA e número de vagens por planta também apresentou a mesma resposta, linearidade para HAD e curva exponencial para o HAA, como apresentado nas Figuras 12.c e 12.d, para o ano de 1992 e nas Figuras 14.c e 14.d para o ano de 1993. Os coeficientes de determinação obtidos foram satisfatórios, sendo de 0,77 e 0,61 para 1992 e 1993, respectivamente.

Figura 11. Relação entre produção (em g por planta) e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm⁻²)(d) para o ensaio de 1992.

Figura 12. Relação entre número de vagens por planta e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm^{-2})(d) para o ensaio de 1992.

Figura 13. Relação entre produção (em g por planta) e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm^{-2})(d) para o ensaio de 1993.

Figura 14. Relação entre número de vagens por planta e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD(dias)(c), HAA (MJm⁻²)(d) para o ensaio de 1993.

A relação linear encontrada entre produção-HAD, para os dois anos estudados, é contrária à maioria dos dados de literatura, onde esta linearidade se apresenta para a relação produção-HAA, como exemplificado por WAGGONER & BERGER (1987) para a cultura do amendoim. Para o feijão isso pode ser explicado pelo hábito de crescimento indeterminado do cultivar Rosinha G-2, em que quanto mais a planta cresce, mais vagens são formadas, ao contrário de plantas como o trigo, que possuem crescimento determinado. No tomateiro, FERRADINO & ELMER (1992) verificaram que as reduções de produção ocasionadas por *Septoria lycopersici*, estudadas durante dois anos, correlacionaram-se com AUDPC e HAD. O principal efeito da doença foi a redução do HAD, que apresentou uma relação linear com a produção, apontada pelos autores como uma vantagem, que indicam a sua utilização para sistemas de previsão da doença, visando diminuir o número de aplicações de fungicidas utilizado no controle sem reduzir a produção e/ou qualidade do produto.

A não linearidade entre HAA e produção pode ser explicada matematicamente, observando-se a equação do HAA proposta por WAGGONER & BERGER (1987), onde o LAI é elevado a e , dando aos pontos uma conformação exponencial. Resultados semelhantes foram relatados por HUGHES *et al.* (1981) que observaram a influência da radiação solar interceptada e do LAI na produtividade de feijão-guandu (*Cajanus cajan*). O valor do LAI dessa leguminosa é extremamente elevado, em torno de 7, e a relação entre HAA e produção (peso de grãos) apresentou uma curva exponencial muito parecida com a obtida no ensaio de 1992 (Figura 11.d). A relação para o ano de 1993 também foi não linear, mas com formato diferente (Figura 13.d). Provavelmente, essa diferença seja devida aos valores de LAI obtidos para cada um dos anos estudados: em torno de 6 para 1992 e de 3 para 1993. GODOY (1995), trabalhando com o patossistema *Phaeoisariopsis griseola*-feijão, também encontrou que a relação entre produção e HAA não era linear, apresentando uma curva semelhante ao do ano de 1993 e valor de LAI não superior a 4.

Os coeficientes de correlação obtidos da regressão linear entre produção e HAD são bastante satisfatórios (0,79 para 1992 e 0,64 para 1993), principalmente por se tratar de ensaios de campo com plantas individuais (MADDEN, 1983). Realizou-se o agrupamento das plantas, que foram previamente ordenadas por HAD, de 5 a 5 (Figuras 15.a e 16.a, para os ensaios

Figura 15. Relação entre produção (g por planta) e HAD para grupos de 5 plantas (a) e 10 plantas (b) ordenadas previamente por HAD no ensaio realizado em 1992.

Figura 16. Relação entre produção (g por planta) e HAD para grupos de 5 plantas (a) e 10 plantas (b) ordenadas previamente por HAD no ensaio realizado em 1993.

de 1992 e 1993, respectivamente) e de 10 a 10 (Figuras 15.b e 16.b, para 1992 e 1993, respectivamente), e calculada a média de cada grupo, que foi plotada no gráfico, simulando parcelas de diferentes tamanhos. As correlações apresentadas foram ainda maiores, de 0,96 e 0,98 para os grupos de 5 a 5 e 10 a 10, respectivamente, no ensaio de 1992, e de 0,90 e 0,96 para o ensaio de 1993.

Isso ocorre porque existe uma variação inerente às plantas e que é apontada por JAMES & TENG (1979) como uma desvantagem do método da planta individual. A utilização da média de plantas com valores próximos tem como finalidade minimizar esse efeito.

Como destacado por TENG (1991), a grande quantidade de dados gerados nos experimentos para avaliar danos dificulta a interpretação. Para melhor visualizar as diferenças entre plantas, selecionaram-se, com base nos valores de AUDPC, as 20 mais sadias e as 20 mais doentes, que representavam, respectivamente, as que possuíam menores e maiores valores de AUDPC (Figuras 17 e 18, para os ensaios de 1992 e 1993, respectivamente). Para cada ano, a curva de progresso da ferrugem do feijoeiro foi obtida (Figuras 17.a e 18.a), e é possível observar a diferença na severidade apresentada pelas plantas mais sadias e as mais doentes, que foi de 3,78% aos 62 DAP para o ano de 1992 e de 7,58% aos 83 DAP em 1993. A Figura 17.b apresenta os dois grupos e a relação destes com a produção (g) e HAD, para o ano de 1992. As retas apresentadas são paralelas, demonstrando que existe uma diferença de produção entre as plantas sadias e as doentes. Essa diferença também ocorreu no ano de 1993, apresentada na Figura 18.b, porém as retas apresentaram coeficientes angulares ligeiramente diferentes e as retas se cruzaram. A observação mais importante é de que as plantas doentes sempre produziram menos, mesmo possuindo igual valor de HAD, o que poderia ser explicado pelo fato de o agente da ferrugem ser um patógeno biotrófico e o seu efeito sobre o hospedeiro não se restringir à redução da área foliar. No entanto, nenhuma conclusão definitiva é possível sem estudos mais específicos sobre o efeito do patógeno na eficiência fotossintética do hospedeiro. A compreensão do modo como o patógeno afeta a fisiologia da planta e os reflexos dessa interferência na produção irão auxiliar na previsão de danos advindos da doença e no desenvolvimento de estratégias de manejo (BOOTE *et al.*, 1983).

O efeito da doença sobre o LAI sadio, nas 20 plantas mais saudáveis e nas 20 mais doentes, pode ser observado nas Figuras 17.c e 18.c, para os anos de 1992 e 1993, respectivamente.

Na Figura 17.c, devido ao atraso no início das avaliações e, conseqüentemente, ao reduzido número destas, a visualização da evolução do LAI no tempo ficou prejudicada. O que não ocorreu para o ano de 1993, onde é possível observar a curva do LAI no tempo e, principalmente, a diferença apresentada pela presença ou ausência da doença, que se inicia aos 61 DAP e alcança sua diferença máxima aos 83 DAP.

BOOTE *et al.* (1983), trabalhando com simulação de danos causados por manchas foliares do amendoim e verificando os reflexos na produção e fotossíntese nessa planta, encontraram o mesmo efeito da doença sobre o LAI. Na variedade Florunner, a ocorrência da mancha de cercospora afetou o LAI, que apresentou decréscimos em relação à curva que representava a variedade livre da doença, a partir de 65 DAP, sendo que a diferença máxima ocorreu aos 130 DAP. MADEIRA *et al.* (1988) verificaram para o sistema *Vicia faba* - *Ascochyta fabae* que o LAI nas plantas infectadas decresceu mais do que nas plantas saudáveis, e esta diferença se tornou significativa a partir dos 100 DAP.

A diferença de produção e HAD que ocorreu entre o grupo sadio e o doente é apresentada nas Figuras 17.d e 18.d, para os anos de 1992 e 1993, respectivamente. No ano de 1993 (Figura 18.d) os valores médios de HAD para o grupo sadio foi de 95,03 e para o doente, de 83,14. A produção média por planta foi de 12,83 g para as saudáveis e de 9,09 g para as doentes. Porcentualmente, essas diferenças representam um decréscimo de HAD de 12,5% do grupo doente em relação ao grupo sadio, o que ocasionou uma perda de produção de 29,2%. Os resultados estão de acordo com o esperado: plantas mais saudáveis possuem valores mais elevados de área foliar sadia e por isso produzem mais. Isto provavelmente ocorreu neste ensaio porque a severidade atingida foi alta e as plantas possuíam área foliar normal, com LAI de no máximo 2,5, valor coincidente com o encontrado por MADEIRA *et al.* (1988).

Figura 17. Curva de progresso da doença em severidade (%) (a), relação entre produção (g por planta) e HAD (b), LAI sadio médio e dias após o plantio (c) para as 20 plantas mais sadias (○) e para as 20 mais doentes (●) da população de 170 plantas individuais do ensaio de 1992. São mostrados em (d) o HAD médio e a produção média (g) de cada grupo, (D) doente e (S) sadio.

Figura 18. Curva de progresso da doença em severidade (%) (a), relação entre produção (g por planta) e HAD (b), LAI sadio médio e dias após o plantio (c) para as 20 plantas mais sadias (○) e para as 20 mais doentes (●) da população de 166 plantas individuais do ensaio de 1993. São mostrados em (d) o HAD médio e a produção média (g) de cada grupo, (D) doente e (S) sadio.

Nas simulações realizadas por BOOTE *et al.* (1983) a redução de produção encontrada foi de 36%. No ano de 1992 (Figura 17.d) o valor médio de HAD para o grupo sadio foi de 96,15 e para o doente, de 98,65. As plantas doentes, apesar de o HAD ser 2,5% maior do que as sadias, produziram 7,8% menos, sendo de 19,6 g nas sadias e de 18,05 g nas doentes. A severidade máxima foi menor (Figura 17.a) do que em 1993 e o valor de LAI maior, chegando a 4,5 (Figura 17.c), o que pode ter ocasionado essa menor diferença entre os grupos sadio e doente.

Apesar dessas diferenças de produção apresentadas entre os grupos sadio e doente, qualquer extrapolação ou conclusões definitivas não são permitidas. Elas sugerem que as perdas provocadas pela ferrugem não devem alcançar os elevados valores sugeridos por alguns autores (WIMALAJEEWA & THAVAM, 1973; ZÚNIGA & VICTORIA, 1975; NASSER, 1976; HALL, 1991), exceto em condições extremamente favoráveis à doença. Mesmo revisões recentes sobre as reduções de produção causadas pela ferrugem no Brasil (RIOS, 1994) apóiam-se em trabalhos antigos, em que as condições experimentais se deram em casa de vegetação (ALMEIDA *et al.*, 1977) ou por comparação de parcelas tratadas e não tratadas com fungicidas utilizando amostragem destrutiva (PAIVA *et al.*, 1976; CARRIJO *et al.*, 1979). A metodologia descrita na maioria dos trabalhos não permite comparações com os resultados aqui obtidos, pois a avaliação da severidade e da área foliar é subjetiva. Novamente a afirmativa de JAMES & TENG (1979) sobre a falta de padronização dos métodos de avaliação de doenças ser o principal fator limitante à obtenção de dados nos estudos de danos se confirma.

Contradições sobre as perdas reais provocadas pelas doenças são encontradas na literatura, como por exemplo o trabalho de ALUKO (1975), que avaliou os danos causados por *Helminthosporium oryzae* em arroz na Nigéria. Esta doença é a mesma que causou a histórica fome em Bengala, no ano de 1942, no entanto, levantamentos realizados pelo autor revelaram que a doença possui alto potencial de destruição mas com importância econômica não determinada. Perdas de 30 a 43% foram encontradas quando a infecção era severa e de 12% em infecções moderadas.

Como JAMES (1983) observou, é um contra-senso que as doenças de plantas tenham inicialmente sido estudadas em decorrência das perdas que causavam e que a literatura careça de dados confiáveis e quantitativos a respeito da importância dessas.

4.3. Abordagem de danos baseada na área foliar sadia das plantas

A relação entre LAI sadio, HAD e produção é importante para o desenvolvimento de sistemas de manejo integrado de pragas e doenças. O HAD apresenta o inconveniente de ser uma variável integral, sendo necessárias diversas avaliações durante um período relativamente longo para a sua estimativa, o que dificulta a sua aplicação no processo de tomada de decisão. Dentro dessa abordagem, o ideal seria o uso de uma variável de quantificação instantânea e que possuísse a mesma correlação encontrada entre HAD e produção. Nas Figuras 19.a, 20.a e 21.a foram plotados os valores do LAI sadio e produção (g) para as avaliações realizadas nos anos de 1992 e 1993. Foram consideradas no LAI sadio somente plantas sadias, ou seja, aquelas que possuíam valores de AUDPC menores que 31,8. Para o ano de 1992, 123 plantas foram consideradas e para o ano de 1993, 110 plantas. A correlação encontrada foi satisfatória e pôde ser incrementada quando, novamente, se reuniram as plantas ordenadas em grupos de dez (Figuras 19.b, 20.b e 21.b), o que aumentou ainda mais o coeficiente de determinação. As equações geradas pelas regressões lineares encontram-se na Tabela 3, para as Figuras 19.a e 19.b, referentes ao ano de 1992, e na Tabela 4, para as Figuras 20.a, 20.b, 21.a e 21.b, para o ano de 1993.

As equações das retas são praticamente idênticas, tanto quando se consideram todas as plantas sadias quanto os grupos de 10, para os dois anos analisados (Tabelas 3 e 4). Os coeficientes angulares, também em ambas as situações, começam elevados e caem de 38,5 g por unidade de LAI sadio aos 25 DAP, para 10g aos 39 DAP, chegando a 4,1g a partir dos 46 DAP e permanecendo próximo a este valor até o final das avaliações (Tabela 4).

Figura 19. Relação entre produção (g por planta) e LAI sadio, para as 4 avaliações realizadas, para as 123 plantas mais sadias ($AUDPC < 31,8$) (a) e para grupos de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD (b), para o ensaio realizado em 1992.

Figura 20. Relação entre produção (g por planta) e LAI sadio, para as avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP, para as 110 plantas mais sadias ($AUDPC < 31,8$) (a) e para grupos de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD (b), para o ensaio realizado em 1993.

Figura 21. Relação entre produção (g por planta) e LAI sadio, para as avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP, para as 110 plantas mais sadias ($AUDPC < 31,8$) (a) e para grupos de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD (b), para o ensaio realizado em 1993.

Tabela 3. Equações de regressão linear e coeficientes de determinação obtidas para as 123 plantas mais sadias (AUDPC<31,8) da população original de plantas individuais e para as médias de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD, no ensaio realizado em 1992.

Dias após o plantio (DAP)	$Y = a + b \cdot X$	R^2
47	$Y = 0,2000 + 5,28446 \cdot X$	0,64
55	$Y = -1,7891 + 5,05999 \cdot X$	0,72
62	$Y = 0,68937 + 4,24198 \cdot X$	0,71
73	$Y = 1,78195 + 5,12856 \cdot X$	0,79
47 (10)	$Y = 0,60755 + 5,15203 \cdot X$	0,92
55 (10)	$Y = -1,49567 + 4,96538 \cdot X$	0,95
62 (10)	$Y = 0,71734 + 4,23730 \cdot X$	0,99
73 (10)	$Y = 2,05423 + 5,02931 \cdot X$	0,96

Tabela 4. Equações de regressão linear e coeficientes de determinação obtidas para as 110 plantas mais sadias ($AUDPC < 31,8$) da população original de plantas individuais e para as médias de 10 plantas, previamente ordenadas por HAD, no ensaio realizado em 1993.

Dias após o plantio (DAP)	$Y = a + b \cdot X$	R^2
25	$Y = 8,25924 + 38,5514 \cdot X$	0,10
32	$Y = 4,20268 + 28,7074 \cdot X$	0,26
39	$Y = 4,98663 + 10,0845 \cdot X$	0,34
46	$Y = 7,16223 + 4,08588 \cdot X$	0,31
53	$Y = 3,84155 + 4,03499 \cdot X$	0,46
61	$Y = 3,68298 + 3,76544 \cdot X$	0,51
69	$Y = 3,25003 + 3,96969 \cdot X$	0,65
76	$Y = 3,52469 + 4,15484 \cdot X$	0,70
83	$Y = 6,52022 + 3,68423 \cdot X$	0,52
25 (10)	$Y = 7,98556 + 40,6273 \cdot X$	0,48
32 (10)	$Y = 4,33694 + 28,3647 \cdot X$	0,80
39 (10)	$Y = 4,94112 + 10,118 \cdot X$	0,88
46 (10)	$Y = 5,89571 + 4,87645 \cdot X$	0,90
53 (10)	$Y = 4,06455 + 3,94513 \cdot X$	0,90
61 (10)	$Y = 3,87982 + 3,68472 \cdot X$	0,95
69 (10)	$Y = 3,18666 + 3,99278 \cdot X$	0,96
76 (10)	$Y = 3,53834 + 4,14737 \cdot X$	0,98
83 (10)	$Y = 6,52409 + 3,6816 \cdot X$	0,93

A importância da área foliar no acúmulo de matéria seca tem sido estudada por fisiologistas há muito tempo, que têm procurado compreender os princípios que determinam a produção. Na literatura, vários trabalhos registram estes estudos, dentre os quais se destaca o de WATSON (1947), que encontrou alta correlação entre a produção e o índice de área foliar (LAI). LIM & GAUNT (1981) reconheceram a importância da quantificação da área foliar para os estudos de danos, confirmando experimentalmente este conceito em trabalhos com cevada, *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* e *Puccinia hordei* (LIM & GAUNT, 1986 a e b).

Nestes trabalhos os autores encontraram, através de análises de regressão, uma estreita relação entre a produção e a área foliar, concluindo que esta abordagem era mais interessante do que a correlação com a severidade. Uma explicação para esta conclusão é que infecções de *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* que ocorriam no início do crescimento das plantas tinham um efeito direto sobre essas, facilmente constatada pela presença de lesões e cloroses. No entanto, o principal efeito era indireto, constatado pela redução da área foliar verde, verificada em estádios posteriores, em que a doença muitas vezes não estava mais presente.

CARVER & GRIFFITHS (1981), trabalhando com o mesmo patossistema, em casa de vegetação, também chegaram à mesma conclusão: a área foliar estava altamente correlacionada com a produção (peso total dos grãos). A redução de produção causada pela doença ocorreu na mesma proporção da diminuição da área foliar, sendo particularmente importante na fase de pré-antese. A perda da área foliar nessa fase reduziu dois componentes da produção: o número de espigas por planta e os grãos por espiga. A alta correlação entre a área foliar e a produção nessa fase se deve ao fato de que a fotossíntese na pós-antese é responsável por prover mais de dois terços do enchimento dos grãos.

No patossistema batata-*Phytophthora infestans*, ROTEM *et al.* (1983a) verificaram que a área foliar e de caule sadia, que os autores denominaram HHA (Healthy Haulm Area), correlacionava-se com a produção, apresentando valores de coeficiente de determinação (R^2) de 0,91 a 0,98. A área doente, concluem os autores, reflete apenas a diferença de potencial de inóculo, enquanto o HHA integra todos os fatores que afetam a cultura e a doença, provendo dados úteis para simulação de epidemias e estimativa de perdas.

ROTEM *et al.* (1983b) discutem, ainda para a batata, a análise dos dados e a utilização de diversos métodos para encontrar uma relação entre o desenvolvimento da doença e a produção. Como para o patossistema feijão-*Uromyces appendiculatus*, tentativas de desenvolver modelos de ponto crítico e integrais (utilizando a AUDPC) foram frustradas. A melhor correlação encontrada foi utilizando o HHA. Os autores observaram a associação de maiores áreas foliares doentes com maiores áreas foliares sadias, o que deve ser responsável pela não correlação entre área foliar doente e produção.

WAGGONER & BERGER (1987), utilizando os dados publicados por ROTEM *et al.* (1983a e b), calcularam o HAD a partir de HHA. Os resultados mostraram relações lineares entre HAD e produção.

4.4. Considerações finais

A constatação da alta correlação entre LAI sadio e produção (g) parece sugerir que esta variável, de quantificação instantânea, possa ser adequada ao processo de tomada de decisão para o sistema feijoeiro - *Uromyces appendiculatus*, dentro de um manejo integrado de pragas e doenças, como proposto por LOPES *et al.* (1994).

Esses autores propõem um sistema transportável e capaz de produzir recomendações a nível de propriedade, baseado principalmente na variável explanatória HAA. No entanto, para o sistema aqui estudado, outras variáveis como HAD e LAI correlacionaram-se melhor com a produção. O LAI, como admitido por LOPES *et al.* (1994), é uma variável de quantificação mais fácil e poderá ser aplicada na abordagem de limiar de dano proposto, que comparará uma parcela controle com a situação de produção considerada.

A correlação dessas variáveis que consideram a área foliar com parâmetros de produção foi encontrada para outras doenças no feijoeiro, como descreve NUNES (1994) para a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e GODOY (1995) para a mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*). Isso indica que, para o feijoeiro, variáveis que considerem a área foliar sadia são importantes para a quantificação da produção, e modelos para avaliar os danos causados por pragas, doenças ou fatores abióticos deverão possuir essa característica.

A incorporação da abordagem de danos baseados em HAA, HAD e LAI em sistemas de manejo integrado terá de ultrapassar o principal obstáculo à sua utilização: o maior volume de trabalho exigido na sua determinação (CAMPBELL & MADDEN, 1990). LOPES *et al.* (1994) e BERGAMIN FILHO *et al.* (1995) propõem o uso de técnicas de sensoriamento remoto, baseados nos resultados promissores apresentados por NUTTER *et al.* (1993), que possibilitará a rápida estimativa do LAI, em condições de campo e com alta precisão.

Estudos complementares sobre os efeitos da ferrugem sobre a eficiência fotossintética do hospedeiro devem ser efetuados para a melhor quantificação dos danos, pois, como destacado por JOHNSON (1987), HAD e HAA, não são os únicos determinantes da produção de uma cultura (w). O autor postulou que essa pode ser expressa pela equação: $w = RI * RUE$, onde RI representa a radiação solar (MJm^{-2}) e RUE a eficiência do uso da radiação (gMJ^{-1}). Alguns patógenos afetam apenas a interceptação da radiação solar como, por exemplo, *Ascochyta fabae* (MADEIRA *et al.*, 1988).

Uromyces appendiculatus, sendo um patógeno biotrófico (GROTH, 1988), deve afetar o RUE. Reconhecendo a importância deste fator e considerando a dificuldade de realizar, dentro de um sistema de manejo de doenças, medições dessa variável, BERGAMIN FILHO *et al.* (1995) citam uma metodologia baseada na relação entre eficiência de conversão (RUE) e cor predominante da copa. Resultados concretos dessa relação, obtidos para *Uromyces appendiculatus*, são encontrados em BACCHI *et al.* (1992) e IAMAUTI *et al.* (1995).

Verificou-se que na avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro, utilizando a abordagem proposta por WAGGONER & BERGER (1987), a determinação da correlação das variáveis do hospedeiro com a produção poderá contribuir para o desenvolvimento, no futuro, de um sistema de manejo integrado de doenças.

5. CONCLUSÕES

- No sistema estudado, a abordagem tradicional de correlacionar severidade da doença com produção não foi encontrada.
- Variáveis do hospedeiro, como o LAI sadio, AULAPC, HAD e HAA, mostraram boa correlação com produção.
- O LAI sadio, por ser uma variável não integral, apresenta bom potencial para ser utilizado num sistema de manejo integrado de doenças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.M.R.; CHAVES, G.M.; ZAMBOLIN, L. Influência da época de ataque de *Uromyces phaseoli typica* ARTH. sobre o rendimento de duas variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em casa-de-vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 2:17-21, 1977.
- ALUKO, M.O. Crop losses caused by the brown leaf spot disease of rice in Nigeria. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, 59:609-13, 1975.
- BACCHI, L.M.A.; BERGER, R.D.; DAVOLI, T.A. Color digitalization of video images of bean leaves to determine the intensity of rust caused by *Uromyces appendiculatus*. **Phytopathology**, St. Paul, 82(10):1162-3, 1992.
- BARROS, L.G. Caracterização de alguns dos cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) indicados para o Brasil. Viçosa, 1980, 105p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de danos e perdas. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, K.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. 3.ed. Piracicaba, Ceres, 1995. v.1, cap.33, p.672-91.
- BERGAMIN FILHO, A.; LOPES, D.B.; AMORIM, L.; GODOY, C.V.; BERGER, R.D. Avaliação de danos causados por doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, 3:133-84, 1995.

- BONMAN, J.M.; ESTRADA, B.A.; KIM, C.K.; RA, D.S.; LEE, E.J. Assessment of blast disease and yield loss susceptible and partially resistant rice cultivars in two irrigated lowland environments. **Plant Disease**, St. Paul, **75**(5):462-6, 1991.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.L.; MISHOE, J.W.; BERGER, R.D. Coupling pests to crop growth simulators to predict yield reductions. **Phytopathology**, St. Paul, **73**(11):1581-6, 1983.
- BOWEN, K.L.; EVERTS, K.L.; LEATH, S. Reduction in yield of winter wheat in North Carolina due to powdery mildew and leaf rust. **Phytopathology**, St. Paul, **81**(5):503-11, 1991.
- BULISANI, E. A. Principais problemas da cultura do feijoeiro irrigado. In: FANCELLI, A. L., coord. **Feijão irrigado**. Piracicaba, ESALQ; FEALQ, 1990. p.25-30.
- BURLEIGH, J.R.; ROELFS, A.P.; EVERSMEYER, M.G. Estimating damage to wheat caused by *Puccinia recondita tritici*. **Phytopathology**, St. Paul, **62**: 944-6, 1972.
- CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V. Crop Loss Assessment and Modelling. In: CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V., ed. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York, John Wiley & Sons, 1990. cap. 14, p.393-422.
- CARDOSO, J.E. Ferrugem. In: ZIMMERMANN, M.O.J.; ROCHA, M.; YAMADA, T., ed. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.479-90.
- CARVER, T.L.W. & GRIFFITHS, E. Relationship between powdery mildew infection, green leaf area and grain yield of barley. **Annual Applied Biology**, London, **99**:255-66, 1981.

- CARRIJO, I.V.; CHAVES, G.M.; SEDIYAMA, C.S. Análise da resistência de vinte e cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L.a *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 4:265-79, 1979.
- CHAGAS, J.M. Estimativa de produção de feijão em lavouras irrigadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 17(178):66-7, 1994.
- CHARLES-EDWARDS, D.A. **Physiological determinants of crop growth**. Sydney, Academic Press, 1982. 161p.
- CHESTER, K.S. Plant disease losses: their appraisal and interpretation. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, (suppl. 193):189-362, 1950.
- FANCELLI, A.L. **Feijão irrigado**. Piracicaba, ESALQ, FEALQ, 1990. 130p.
- FAO. **Report of the first session of the FAO panel of experts on integrated pest control**. (FAO Meeting Report, PL/M/7). Rome, 1968. 19 p.
- FERRANDINO, F.J. & ELMER, W.H. Reduction in tomato yield due to *Septoria* leaf spot. **Plant Disease**, St. Paul, 76(2):208-11, 1992.
- GALLAGHER, J.N. & BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield cereals. **The Journal of Agriculture Science**, Cambridge, 91:47-60, 1978.
- GASKILL, J.O. & SCHEINER, C.L. Savoy and yellow vein diseases of sugarbeet in the Great Plains in 1963-64-65. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, 50:457-9, 1966.
- GAUNT, R.E. Crop physiology: disease effects and yield loss. In: Proc. APPS. Workshop Epidemiol. Crop loss assessment. Lincoln Coll., N.Z., 9:1-12, 1978.

- GAUNT, R.E. Using yield physiology to model pest losses. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CROP LOSS ASSESSMENT TO IMPROVE PEST MANAGEMENT IN RICE AND RICE-BASED CROPPING SYSTEM IN SOUTH AND SOUTHEAST ASIA, Manila, 1987. **Crop loss assessment in rice**. Manila, IRRI, 1990. p. 161-9.
- GAUNT, R.E. A mechanistic approach to yield loss assessment based on crop physiology. In: TENG, P.S., ed. **Crop loss assessment and pest management**. 2.ed. St. Paul, American Phytopathological Society, 1991. cap. 16, p. 150-9.
- GILBERT, J. & TEKAUZ, E. Reaction of Canada spring wheats to *Septoria nodorum* and the relationship between disease severity and yield components. **Plant Disease**, St. Paul, 77(4):398-402, 1993.
- GODOY, C.V. Avaliação de danos causados pela mancha angular no feijoeiro. Piracicaba, 1995. 72 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- GODOY, C.V.; IAMAUTI, M.T.; DALLA PRIA, M.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Escalas diagramáticas para avaliação das principais doenças do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 20 (suplemento):338, 1995. (Resumo).
- GROTH, J.V. *Uromyces appendiculatus*, rust of *Phaseolus* beans. **Advances in Plant Pathology**, London, 6:389-400, 1988.
- HALL, R. **Compendium of bean diseases**. St. Paul, American Phytopathological Society, 1991, 73p.
- HAU, B.; KRANZ, J.; DENGEL, H.J.; HAMELINK, J. On the development of loss assessment methods in the tropics. In: TENG, P.S. & KRUPA, S.V. ed. **Crop Loss Assessment** miscellaneous publication 7. Proceeding of E.C. Stakman Commemorative Symposium, 1980. p.254-61.

- HAVEKORT, A.J. & BICAMUMPAKA, M. Correlation between intercepted radiation and yield of potato infested by *Phytophthora infestans* in central Africa. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, Wageningen, 92:239-47, 1986.
- HORSFALL, J.C. & BARRAT, R.W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, St. Paul, 35:655, 1945.
- HUGHES, G.; KEATINGE, J.D.H.; SCOTT, S.P. Pigeon pea as a dry season crop in Trinidad, West Indies. II- Interception and utilization of solar radiation. **Tropical Agriculture**, Trinidad and Tobago, 58(3):191-9, 1981.
- IAMAUTI, M.T.; DAVOLI, T.A.; BERGER, R.D. Influência da ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) na coloração e eficiência do feijoeiro. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 18., Piracicaba, 1995. **Resumos**. Piracicaba, Grupo Paulista de Fitopatologia, 1995. p.130.
- JAMES, W.C. Assessment of plant diseases and losses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, 12:27-48, 1974.
- JAMES, W.C. Crop loss assessment. In: JONHSTON, A. & BOOTH, C., ed. **Plant pathologist's pocketbook**. Kew, Commonwealth Mycological Institute, 1983. p.130-43.
- JAMES, W.C. & TENG, P.S. The quantification of production constraints associated with plant diseases. **Appl. Biol.**, London, 4:201-67, 1979.
- JAMES, W.C.; SHIH, C.S.; HODGSON, W.A.; CALLBECK, L.C. The quantitative relationship between late blight of potato and loss in tuber yield. **Phytopathology**, St. Paul, 62:92-6, 1972.
- JOHNSON, K.B. Defoliation, disease and growth: a reply. **Phytopathology**, St Paul, 77(11):1495-7, 1987.

- JOHNSON, K.B. Evaluation of a mechanistic model that describes potato crop losses caused by multiple pests. **Phytopathology**, St. Paul, **82**(3): 363-9, 1992.
- JOHNSON, K.B.; JOHNSON, S.B.; TENG, P.S. Development of a simple potato growth model for use in crop-pest management. **Agricultural systems**, Barking, **19**:189-209, 1986.
- KIMATI, H. Doenças do feijoeiro. In: GALLI, F., ed. **Manual de fitopatologia**. 2 ed. Piracicaba, Ceres, 1980. v.2, cap. 19, p.297-318.
- KIRBY, R.S. & ARCHER, W.A. Diseases of cereal and forage crops in the United States in 1926. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, (suppl. **53**): 110-228, 1927.
- KRANZ, J. Measuring plant disease. In: KRANZ, J. & ROTEM, J., ed. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Berlin, Springer-Verlag, 1988. cap.3, p.35-50.
- LARGE, E.C. & DOLING, D.A. The measurement of cereal mildew and its effects on yield. **Plant Pathology**, London, **11**:47-57, 1962.
- LIM, L.G. & GAUNT, R.E. Leaf area as a factor in disease assessments. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, **97**:481-3, 1981.
- LIM, L.G. & GAUNT, R.E. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* DC. f.sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei* Otth.) on spring barley in New Zealand. I. Epidemic development, green leaf area and yield. **Plant Pathology**, London, **34**:44-53, 1986a.
- LIM, L.G. & GAUNT, R.E. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* DC. f.sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei* Otth.) on spring barley in New Zealand. II. Apical development and yield potential. **Plant Pathology**, London, **34**:54-60, 1986b.

- LINDOW, S.E. Estimating disease severity of single plants. **Phytopathology**, St. Paul, **73**(11):1576-80, 1983.
- LINDOW, S.E. & WEBB, R.R. Measurement of foliar plant disease using microcomputer controlled digital video analysis. **Phytopathology**, St. Paul, **73**:520-4, 1983.
- LLANILLO, R.F. & GUERREIRO, E. Panorama da produção paranaense de feijão. In: IAPAR. **O feijão no Paraná**. Londrina, IAPAR, 1989. cap.1, p.7-24.
- LOPES, D.B.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Absorção da área foliar sadia (HAA): uma nova abordagem para a quantificação de dano e para o manejo integrado de doença. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, **20**(3/4): 143-51, 1994.
- MADDEN, L.V. Measuring and modeling crop losses at the field level. **Phytopathology**, St. Paul, **73**(11):1591-6, 1983.
- MADDEN, L.V. Modeling yield losses at the field scale. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 6., Montreal, 1993. **Abstracts**. Ottawa, National Research Council Canada, 1993. p.11
- MADDEN, L.V.; PENNYPACKER, S.P.; ANTLE, C.E.; KINGSOLVER, C.H. A loss model for crops. **Phytopathology**, St. Paul, **71**(7):685-9, 1981.
- MADEIRA, A.C.; CLARK, J.A.; ROSSAL, S. Growth, light interception and disease in field bean (*Vicia faba*): the effect of late infection by *Ascochyta fabae*. **Annual Applied Biology**, London, **112**: 585-95, 1988.
- MAFFIA, L.A.; CARMO, M.G.F.; KATSURAYAMA, Y. Epidemiologia e controle de principais doenças do feijoeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 3., Piracicaba, 1988. **Anais**. Campinas, IAC, 1988. p.103-26.

- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba, FEALQ, 1987. 230p.
- MENEZES, J.R. Manejo integrado das doenças do feijoeiro irrigado. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, 5., Piracicaba, 1994. *Anais*. Campinas, CATI. 1994. p.112-22.
- MERONUCK, R.A. A computer-based decision aid for managing bean rust. In: TENG, P.S., ed. *Crop loss assessment and pest management*. St. Paul, American Phytopathology Society, 1987. cap. 24, p.225-41.
- MIGLIORANZA, E. Modelo matemático-fisiológico para simular o crescimento e a produtividade da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Viçosa, 1992. 184p. (D.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- MONTEITH, J.L. Does light limit crop production? In: JOHNSON, C.B., ed. *Physiological processes limiting plant productivity*. London, Butterworths, 1981. p.23-38.
- MOURA, P.A.M.; PAIVA, B.M.; RESENDE, L.M.A. Aspectos econômicos da cultura do feijão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 17(178):66-72, 1994.
- NASSER, L.C.B. Efeito da ferrugem em diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro e dispersão de esporos de *Uromyces phaseoli* var. *typica*. Viçosa, 1976. 79p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- NUNES, W.M.C. Avaliação de danos causados pela antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (SACC & MAGN.) SCRIBNER) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, 1994. 72p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- NUTTER Jr., F.W.; GLEASON, M.L.; JENCO, J.H.; CHRISTIANS, N.C. Assessing the accuracy, intra-rater repeatability and inter-rater reliability of disease assessment systems. **Phytopathology**, St. Paul, **83**:806-12, 1993.
- PAIVA, F.A.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G.M.; OLIVEIRA, L.M. Avaliação de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do feijoeiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, Brasília, **9**:7, 1976. (Resumo)
- PENNYPACKER, S.P. Introduction. In: SYMPOSIUM ON ESTIMATING YIELD REDUCTION OF MAJOR FOOD CROPS OF THE WORLD. Salt Lake City, 1982. **Phytopathology**, St. Paul, **73**(11):1575, 1983.
- PINSTRUP-ANDERSEN, P.; LONDONO, N. de; INFANTE, M. A suggested procedure for estimating yield and production losses in crops. **PANS. Pest articles and new summaries**, London, **22**(3):359-65, 1976.
- PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M.O.J.; ROCHA, M.; YAMADA, T., ed. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.125-56.
- REDDY, A.P.K.; MacKENZIE, D.R.; ROUSE, D.I.; RAO, A.V. Relationship of bacterial leaf blight severity to grain yield of rice. **Phytopathology**, St. Paul, **69**(9):967-9, 1979.
- RICHARDSON, M.J. The determination of yield-loss relationships by non-plot methods. In: CHIARAPPA, L., ed. **Crop loss assessment methods; supplement 3**. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981, p.59-63.
- RICHARDSON, M.J.; JACKS, M.; SMITH, S. Assessment of loss caused by barley mildew using single tillers. **Plant Pathology**, London, **24**:21-6, 1975.

- RIOS, G.P. Ferrugem. In: SARTORATO, A. & RAVA, C.A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília, EMBRAPA, 1994. p.69-94. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 50).
- ROMIG, R.W. & CALAPOUZOS, L. The relationship between stem rust and loss in yield of spring wheat. **Phytopathology**, St. Paul, **60**:1801-5, 1970.
- ROTEM, J.; KRANZ, J.; BASHI, E. Measurement of healthy and diseased haulm area for assessing late blight epidemics in potatoes. **Plant Pathology**, London, **32**:109-15, 1983a.
- ROTEM, J.; BASHI, E.; KRANZ, J. Studies of crop loss in potato blight caused by *Phytophthora infestans*. **Plant Pathology**, London, **32**:117-22, 1983b.
- ROUSE, D.I. Use of crop growth-models to predict the effects of disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, **26**:183-201, 1988.
- SCHNEIDER, R.W.; WILLIAMS, R.J.; SINCLAIR, J.B. *Cercospora* leaf spot of cowpea: models for estimating yield loss. **Phytopathology**, St. Paul, **66**: 384-8, 1976.
- SCHWARTZ, H.F. & GÁLVEZ, G.E. **Problemas de producción del frijol; enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris***. Cali, CIAT, 1980. 423p.
- SHTIENBERG, D.; DINOOR, A.; MARANI, A. Evaluation of the single tillers method for yield loss assessment in wheat under Israeli conditions. **Journal of Phytopathology**, St. Paul, **130**:331-41, 1990.
- STYNES, B.A. Synoptic methodologies for crop loss assessment. In: TENG, P.S. & KRUPPA, S.V., ed. **Crop loss assessment**. St. Paul, University of Minnesota, 1980. p.166-75.

- TANAKA, A. & FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. **Journal of the Faculty of Agriculture Hokkaido University, Sapporo**, 59(2): 146-238, 1979.
- TENG, P.S. Estimating and interpreting disease intensity and loss in commercial fields. **Phytopathology**, St. Paul, 73(11): 1587-90, 1983.
- TENG, P.S. Construction of predictive models: II. Forecasting crop losses. **Advances in Plant Pathology**, London, 3:179-206, 1985.
- TENG, P.S. Quantifying the relationship between disease intensity and yield loss. In: TENG, P.S., ed. **Crop loss assessment and pest management**.2. St. Paul, The American Phytopathological Society, 1991. cap. 11, p.105-13.
- TENG, P.S. & GAUNT, R.E. Modelling systems of disease and yield loss in cereals. **Agricultural Systems**, Barking, 6:131-54, 1980.
- VIEIRA, C. Principais doenças do feijoeiro no inverno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 17(178):46-53, 1994.
- WAGGONER, P.E. & BERGER, R.D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, St. Paul, 77(3):393-8, 1987.
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London, 11(41):41-76, 1947.
- WIMALAJEewa, D.L.S. & THAVAM, P. Fungicidal control of bean rust disease. **Tropical Agriculture**, Trinidad and Tobago, 129:61-6, 1973.
- YANG, X.B.; TSCHANZ, T.; DOWLER, W.M.; WANG, T.C. Development of yield loss models in relation to components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, St. Paul, 81(11):1420-6, 1991.

ZADOKS, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment, the threshold theory. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, **23**:455-73, 1985.

ZADOKS, J.C. & SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**. Oxford, Oxford University Press, 1979. 389p.

ZÚNIGA, J-E.R. & VICTORIA, J-I. Determinación de las razas fisiológicas de la roya del frijol (*Uromyces phaseoli* var. *typica*) en el Valle del Cauca. **Acta Agronomica**, Palmira, **25**:75-85, 1975.

Apêndice 1. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com o número de sementes por vagem em 4 avaliações realizadas no ensaio de 1992.

Apêndice 2. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com o peso de 100 sementes (g) em 4 avaliações realizadas no ensaio de 1992.

Apêndice 3. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com o número de sementes por vagem em avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP no ensaio de 1993.

Apêndice 4. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com o número de sementes por vagem em avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP no ensaio de 1993.

Apêndice 5. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com o peso de 100 sementes (g) em avaliações realizadas aos 25, 32, 39, 46 e 53 DAP no ensaio de 1993.

Apêndice 6. Relação entre área foliar do feijoeiro (cm²) (a) e severidade (%) (b) com o peso de 100 sementes (g) em avaliações realizadas aos 61, 69, 76 e 83 DAP no ensaio de 1993.

Apêndice 7. Relação entre número de sementes por vagem e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm^{-2})(d) para o ensaio de 1992.

Apêndice 8. Relação entre peso de 100 sementes (g) e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm^{-2})(d) para o ensaio de 1992.

Apêndice 9. Relação entre número de sementes por vagem e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm^{-2})(d) para o ensaio de 1993.

Apêndice 10. Relação entre peso de 100 sementes (g) e as variáveis AUDPC (a), AULAPC (b), HAD (dias)(c), HAA (MJm^{-2})(d) para o ensaio de 1993.

Apêndice 11. Dados de radiação global, umidade relativa, temperatura máxima e mínima obtidos na estação agrometeorológica do Departamento de Física e Agrometeorologia da ESALQ-USP, para os meses de maio a agosto de 1992 e 1993.

	1992				1993			
Data	Radiação global (MJm ⁻²)	Umidade Relativa (%)	Temp. Máxim. (°C)	Temp. Mínim. (°C)	Radiação global (MJm ⁻²)	Umidade Relativa (%)	Temp. Máxim (°C)	Temp. Mínim. (°C)
27/5	13,89	71,0	27,7	12,8	12,64	78,0	26,4	11,6
28/5	10,67	72,0	27,0	15,6	8,62	85,0	20,4	13,2
29/5	13,52	71,0	28,9	16,8	1,01	80,0	25,0	10,7
30/5	11,30	80,0	28,9	17,7	1,59	99,0	17,4	14,3
31/5	8,12	82,0	25,4	16,2	8,87	90,0	25,8	15,8
1/6	9,67	83,0	25,3	14,5	6,03	89,0	20,8	16,0
2/6	12,14	79,0	28,2	14,7	11,01	87,0	23,0	10,6
3/6	11,76	80,0	28,2	13,4	11,39	85,0	25,8	12,2
4/6	10,80	82,0	27,9	13,3	13,06	81,0	27,4	13,0
5/6	12,52	63,0	28,6	13,9	4,73	95,0	22,6	16,0
6/6	10,95	71,0	30,0	18,2	10,38	89,0	25,4	17,0
7/6	12,18	73,0	30,6	16,4	11,43	87,0	27,0	14,2
8/6	12,18	71,0	29,4	16,0	14,90	82,0	27,5	13,8
9/6	10,51	75,0	28,0	14,3	11,93	78,0	28,5	14,1
10/6	8,04	82,0	26,5	15,1	4,73	92,0	21,4	17,5
11/6	10,26	83,0	26,5	14,9	5,99	87,0	19,6	13,7
12/6	12,81	77,0	24,8	12,0	12,56	80,0	23,8	13,8
13/6	13,69	77,0	25,1	8,1	13,90	78,0	24,8	10,9
14/6	12,31	76,0	23,8	8,4	13,77	77,0	24,2	8,9
15/6	13,31	73,0	25,1	8,0	12,26	73,0	24,2	7,8
16/6	14,06	70,0	25,0	8,1	13,31	73,0	24,2	10,9
17/6	13,44	75,0	23,9	7,4	9,54	76,0	24,2	12,5
18/6	12,39	74,0	23,4	7,9	1,26	97,0	16,2	14,6
19/6	12,81	71,0	25,2	7,3	11,89	83,0	20,6	11,9
20/6	11,93	71,0	27,2	11,8	12,06	85,0	21,5	6,1
21/6	12,64	73,0	27,6	12,8	13,06	80,0	25,6	5,5
22/6	12,14	75,0	28,2	12,5	13,31	78,0	27,0	7,9
23/6	12,77	71,0	29,0	11,8	12,64	80,0	26,5	9,4
24/6	12,39	72,0	28,8	13,1	13,14	73,0	27,4	10,1
25/6	12,81	71,0	27,8	11,6	12,56	76,0	27,6	10,0
26/6	12,14	68,0	27,4	11,2	13,44	75,0	26,8	9,2
27/6	12,93	66,0	28,8	11,6	13,90	70,0	26,8	9,6
28/6	5,27	83,0	23,2	14,0	13,14	67,0	27,1	9,4
29/6	7,24	77,0	27,4	15,1	10,38	69,0	27,3	9,8
30/6	10,26	75,0	29,6	14,2	9,50	81,0	26,8	12,0
1/7	12,31	63,0	30,2	13,4	12,56	67,0	29,3	11,7
2/7	11,01	76,0	27,7	13,3	11,68	62,0	29,8	15,4
3/7	11,89	79,0	25,7	14,8	10,26	69,0	30,9	16,8
4/7	9,04	78,0	27,5	13,3	13,31	69,0	31,2	12,6

Apêndice 11. Dados de radiação global, umidade relativa, temperatura máxima e mínima obtidos na estação agrometeorológica do Departamento de Física e Agrometeorologia da ESALQ-USP, para os meses de maio a agosto de 1992 e 1993 (Continuação).

	1992				1993			
Data	Radiação global (MJm ⁻²)	Umidade Relativa (%)	Temp. Máxim. (°C)	Temp. Mínim. (°C)	Radiação global (MJm ⁻²)	Umidade Relativa (%)	Temp. Máxim. (°C)	Temp. Mínim. (°C)
5/7	13,06	63,0	28,4	13,2	13,14	58,0	30,2	11,6
6/7	11,18	77,0	27,4	13,4	13,39	63,0	29,8	11,7
7/7	2,85	85,0	14,4	12,2	7,24	86,0	21,7	15,5
8/7	2,64	96,0	15,8	11,7	13,90	81,0	24,8	6,9
9/7	13,94	82,0	23,8	10,2	10,76	80,0	28,1	9,7
10/7	11,64	81,0	23,6	8,4	12,43	74,0	28,8	14,3
11/7	13,65	75,0	24,8	11,7	14,32	71,0	28,4	12,8
12/7	13,27	76,0	26,0	11,8	11,80	73,0	29,2	13,2
13/7	13,56	74,0	26,6	11,0	10,30	83,0	24,4	12,3
14/7	13,90	63,0	28,2	12,0	2,64	96,0	15,7	13,1
15/7	13,81	66,0	28,8	11,2	11,68	87,0	20,0	9,8
16/7	11,80	80,0	25,7	14,4	11,51	88,0	24,8	9,8
17/7	8,37	87,0	23,4	12,0	8,92	88,0	25,0	11,6
18/7	13,52	69,0	29,4	12,8	11,38	81,0	26,0	12,4
19/7	14,40	65,0	22,2	10,3	11,30	76,0	28,5	12,6
20/7	12,56	75,0	26,2	8,0	13,65	74,0	28,3	11,4
21/7	12,52	72,0	27,1	9,8	14,06	72,0	28,6	10,6
22/7	10,88	75,0	25,8	13,0	14,02	71,0	29,4	9,7
23/7	8,99	78,0	16,6	10,7	14,23	71,0	29,0	10,0
24/7	5,90	73,0	16,8	9,4	14,27	69,0	27,8	10,0
25/7	13,02	75,0	20,5	11,8	13,90	79,0	23,8	10,4
26/7	15,19	69,0	23,6	8,3	13,39	79,0	21,8	8,6
27/7	14,53	70,0	25,6	7,8	10,42	80,0	23,3	6,9
28/7	8,12	79,0	22,2	10,4	13,31	79,0	28,2	10,4
29/7	14,40	65,0	27,6	8,8	11,80	74,0	30,0	14,0
30/7	14,32	58,0	29,8	9,0	7,87	89,0	25,2	17,1
31/7	15,15	58,0	31,2	11,2	8,16	77,0	17,3	11,2
1/8	14,27	63,0	30,6	10,8	4,02	74,0	14,5	4,0
2/8	8,75	79,0	19,6	13,3	12,06	74,0	24,3	7,9
3/8	8,99	78,0	20,1	9,7	12,89	72,0	30,0	10,8
4/8	14,57	63,0	28,8	11,3	13,94	80,0	28,9	11,6
5/8	14,53	70,0	28,7	12,5	12,89	80,0	28,2	10,7
6/8	15,03	68,0	27,7	10,6	11,93	80,0	28,4	12,2
7/8	14,78	62,0	27,5	10,5	14,90	64,0	30,2	10,5
8/8	11,18	67,0	27,8	15,7	15,03	64,0	30,8	11,0
9/8	12,52	72,0	25,0	13,2	13,65	66,0	31,7	11,2
10/8	12,14	70,0	27,4	12,8	4,23	89,0	21,9	12,4
11/8	12,89	58,0	27,2	11,2	17,16	67,0	22,8	6,8
12/8	12,26	73,0	25,8	14,1	16,24	55,0	24,0	4,6

Apêndice 11. Dados de radiação global, umidade relativa, temperatura máxima e mínima obtidos na estação agrometeorológica do Departamento de Física e Agrometeorologia da ESALQ-USP, para os meses de maio a agosto de 1992 e 1993 (Continuação).

	1992				1993			
Data	Radiação global (MJm ⁻²)	Umidade Relativa (%)	Temp. Máxim. (°C)	Temp. Mínim. (°C)	Radiação global (MJm ⁻²)	Umidade Relativa (%)	Temp. Máxim. (°C)	Temp. Mínim. (°C)
13/8	12,56	75,0	22,8	10,8	15,49	66,0	26,4	7,4
14/8	17,58	69,0	25,0	9,0	3,35	81,0	21,4	10,3
15/8	17,16	68,0	26,2	6,8	7,41	90,0	21,8	12,0
16/8	16,53	72,0	28,0	5,0	13,39	76,0	26,7	11,8
17/8	15,15	61,0	29,8	10,2	14,90	72,0	27,5	11,6
18/8	8,79	77,0	24,7	16,1	7,12	86,0	23,5	11,8
19/8	10,55	78,0	26,4	16,4	6,74	85,0	19,6	12,5
20/8	14,65	76,0	25,6	14,4	16,70	67,0	25,7	9,2
21/8	7,66	88,0	24,8	13,8	17,71	73,0	23,9	6,8
22/8	6,03	95,0	23,1	15,4	16,91	69,0	26,1	9,8
23/8	10,05	86,0	25,6	17,0	2,64	98,0	15,6	10,9
24/8	18,96	61,0	25,0	11,6	2,72	98,0	20,2	15,5
25/8	18,79	63,0	24,8	8,2	15,19	86,0	25,0	12,5
26/8	17,41	66,0	26,8	4,9	17,83	70,0	28,4	13,4
27/8	16,91	71,0	28,8	7,7	17,58	67,0	30,0	12,0
28/8	16,20	66,0	31,2	10,4	17,16	61,0	31,2	11,9
29/8	17,58	74,0	29,4	10,0	18,17	64,0	33,7	9,6
30/8	16,28	68,0	31,8	10,6	17,33	60,0	34,4	12,2
31/8	5,78	86,0	27,0	15,4	15,28	59,0	34,2	14,0
1/9	6,74	94,0	23,7	16,0	13,31	74,0	32,6	18,5