

**EFEITO DA INFECÇÃO CONJUNTA DE *Phaeoisariopsis*
griseola E *Colletotrichum lindemuthianum* NOS
COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NAS VARIÁVEIS DE
ÁREA FOLIAR DO FEIJOEIRO**

SOLANGE MONTEIRO DE TOLEDO PIZA GOMES CARNEIRO

Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof^a Dr^a **LILIAN AMORIM**

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

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 1999

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Carneiro, Solange Monteiro de Toledo Piza Gomes

Efeito da infecção conjunta de *Phaeoisariopsis griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum* nos componentes de produção e nas variáveis de área foliar do feijoeiro / Solange Monteiro de Toledo Piza Gomes Carneiro. - - Piracicaba, 1999.

89 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
Bibliografia.

1. Antracnose-do-feijoeiro 2. Dano 3. Doença de planta 4. Epidemiologia 5. Feijão 6. Folha 7. Mancha-angular-do-feijoeiro 8. Relação planta-patógeno I.
Título

CDD 635.652

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O Autor"

à Deus Pai, fonte de todas as dádivas

Agradeço

*Ao meu esposo Rui, pelo seu amor,
companheirismo, apoio e compreensão*

Ofereço

*Aos meus pais, Clóvis e Maria Helena,
às minhas avós Zenaide e Nina
aos meus sogros Wilson e Joanninha
aos meus irmãos Edson e Evandro*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

À Professora Lilian Amorim pela orientação, apoio e amizade.

Ao Professor Armando Bergamin Filho pela co-orientação e colaboração.

Ao Professor Bernhard Hau, da Universität Hannover pelas sugestões apresentadas.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

À Comunidade Econômica Européia pelo auxílio financeiro através do projeto ERBIC18CT960037.

Ao colega Anésio Bianchini pelo apoio nas atividades do projeto.

Aos funcionários da Área de Proteção de Plantas do IAPAR, Euclides e Jurandir, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos professores, colegas e funcionários do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ pelos ensinamentos, cooperação e amizade.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR e ao Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ pela oportunidade concedida.

A Eliana M. G. Sabino, bibliotecária chefe da seção de referências da biblioteca da ESALQ, pela revisão das referências.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	xii
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Modelos para previsão de danos.....	5
2.2 Efeito dos patógenos sobre a eficiência do uso da radiação (RUE) e a radiação interceptada (RI).....	9
2.3 Patossistema múltiplo.....	15
2.4 Patossistema múltiplo e variáveis de área foliar sadia.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Instalação e condução dos experimentos.....	19
3.2 Avaliações de área foliar, severidade e componentes de produção	22
3.3 Variáveis de área foliar.....	23
3.4 Análise dos resultados.....	25
4 RESULTADOS.....	26
4.1 Doença, área foliar e desfolha em plantas inoculadas com <i>P.</i> <i>griseola</i> e <i>C. lindemuthianum</i>	26
4.2 Relações entre AUDPC, HAD, HAA e componentes de produção....	31
5 DISCUSSÃO.....	59

5.1 Doença, área foliar e desfolha em plantas inoculadas com <i>P. griseola</i> e <i>C. lindemuthianum</i>	59
5.2 Relações entre AUDPC, HAD, HAA e componentes de produção....	64
6 CONCLUSÕES.....	72
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

LISTA DE FIGURAS

Página

- 01** Médias do número de folhas caídas e desfolha (%) em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a, d = cv. Iapar-57 semeado em 1997; b, e = cv. Carioca semeado em 1998; c, f = cv. Iapar-57 semeado em 1998..... 37
- 02** Médias do número de folhas emitidas e do número de folhas na planta em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a, d = cv. Iapar-57 semeado em 1997; b, e = cv. Carioca semeado em 1998; c, f = cv. Iapar-57 semeado em 1998..... 38
- 03** Área média das folhas (cm²) em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a = cv. Iapar-57 semeado em 1997; b = cv. Carioca semeado em 1998; c = cv. Iapar-57 semeado em 1998..... 39

- 04** Índice de área foliar sadia (HLAI), absorção da área foliar sadia (HRI) e severidade virtual (%) em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a, d, g = cv. Iapar-57 semeado em 1997; b, e, h = cv. Carioca semeado em 1998; c, f, i = cv. Iapar-57 semeado em 1998..... 40
- 05** Médias de área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 41
- 06** Médias de HAD de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 42
- 07** Médias de HAA de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com

- fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; 196, 197, 198 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 43
- 08** Médias de produção (g/m^2) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; 196, 197, 198 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 44
- 09** Médias de eficiência de área foliar sadia (EAFS) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; 196, 197, 198 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 45
- 10** Médias de eficiência do uso da radiação (RUE) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; 196, 197, 198 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 46

- 11** Produção, nº de vagens e de sementes por m² versus HAD para quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas dos experimentos C98 = cv. Carioca e I98 = cv. Iapar-57 semeados em 1998..... 47
- 12** Produção, nº de vagens e de sementes por m² versus HAA para quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas dos experimentos C98 = cv. Carioca e I98 = cv. Iapar-57 semeados em 1998..... 48
- 13** Produção, número de vagens e de sementes por m² versus AUDPC para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 49
- 14** Produção, número de vagens e de sementes por m² versus AUDPC normalizada para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 50
- 15** Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAD para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 52

- 16** Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAD normalizada para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 54
- 17** Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAA para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 56
- 18** Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAA normalizada para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente..... 58

LISTA DE TABELAS

	Página
01 Radiação solar (MJ m^{-2} dia) e severidade visual máxima (%) de antracnose e mancha angular em 6 experimentos conduzidos em Londrina - PR.....	36
02 Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y= a + bx$) entre HAD e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.....	51
03 Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y= a + bx$) entre HAD_N e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.....	53
04 Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y= a + bx$) entre HAA e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.....	55
05 Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y= a + bx$) entre HAA_N e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.....	57

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AUDPC	área sob a curva de progresso da doença (area under disease progress curve)
LAI	índice de área foliar (leaf area index)
HAD	duração da área foliar sadia (healthy leaf area duration)
HAA	absorção da radiação solar pela área foliar sadia (healthy leaf area absorption)
HLAI	índice de área foliar sadia (healthy leaf area index)
HRI	radiação interceptada pela área foliar sadia
RI	radiação interceptada (radiation intercepted, MJ m ⁻²)
RUE	eficiência do uso da radiação (radiation use efficiency, g MJ ⁻¹)
I	radiação solar incidente
EAFS	eficiência da área foliar sadia
d.a.s.	dias após a semeadura

**EFEITO DA INFECÇÃO CONJUNTA DE *Phaeoisariopsis*
griseola E *Colletotrichum lindemuthianum* NOS
COMPONENTES DE PRODUÇÃO E NAS VARIÁVEIS DE
ÁREA FOLIAR DO FEJJOEIRO**

AUTORA: **SOLANGE MONTEIRO DE TOLEDO PIZA GOMES CARNEIRO**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. **LILIAN AMORIM**

RESUMO

Foram conduzidos seis experimentos em Londrina - PR com os cultivares Carioca, Iapar-57 e Rosinha com objetivo de quantificar os danos causados pela infecção conjunta de *Phaeoisariopsis griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum* e avaliar o efeito das doenças sobre a área foliar, as variáveis de área foliar sadia e os componentes de produção.

Utilizou-se o método da planta individual, onde 48 a 54 plantas foram marcadas com fita plástica em cada experimento. A área de todas as folhas nas plantas marcadas foi estimada semanalmente. A avaliação de severidade das doenças foi feita simultaneamente com a avaliação de área foliar. Cada experimento foi composto de quatro tratamentos: inoculação com *P. griseola*, inoculação com *C. lindemuthianum*, inoculação com os dois patógenos e não inoculação e pulverização com fungicidas.

Os cultivares Carioca e Iapar-57 apresentaram maior porcentagem de desfolha nos tratamentos inoculados com *P. griseola* e com os dois patógenos. Observou-se maior redução no número de folhas nas plantas do cultivar Iapar-57 quando comparado ao cultivar Carioca. Aos 54 dias após a semeadura os cultivares Iapar-57 e Carioca apresentaram redução média no número de folhas de respectivamente, 70% e 31%, para os três tratamentos com inoculação. As plantas inoculadas tiveram folhas com menor área em comparação às plantas do controle e as plantas do cv. Iapar-57 inoculadas com mancha angular tiveram 78% de redução aos 61 d.a.s. A redução média em HLAI no tratamento com mancha angular foi de 85% entre 32 d.a.s. e 82 d.a.s. para o cv. Iapar-57.

A AUDPC não apresentou correlação com os componentes de produção. As variáveis de área foliar sadia HAD e HAA apresentaram correlação com os componentes de produção número de vagens/m², número de sementes/m² e produção (g/m²). Os coeficientes de determinação (R²) das regressões entre HAD e produção e HAA e produção dos seis experimentos variaram entre 0,62 e 0,90, 0,59 e 0,85, respectivamente. As relações entre HAD e produção e HAA e produção foram diferentes entre os experimentos dependendo do cultivar, safra e ano.

EFFECT OF THE JOINT INFECTION OF *Phaeoisariopsis griseola* AND *Colletotrichum lindemuthianum* ON THE YIELD COMPONENTS AND ON THE VARIABLES OF LEAF AREA OF BEAN

AUTHOR: SOLANGE MONTEIRO DE TOLEDO PIZA GOMES CARNEIRO

Advisor: Prof^a Dr^a LILIAN AMORIM

SUMMARY

Six experiments were carried out in Londrina - PR with the cultivars Carioca, Iapar-57 and Rosinha with the objective of quantifying the damage caused by the joint infection of *Phaeoisariopsis griseola* and *Colletotrichum lindemuthianum* and evaluating the effect of the diseases on the leaf area, the leaf area variables and the yield components.

The method of the individual plant was used, and 48 to 54 plants were marked with plastic tape in each trial. The leaf area of all leaves on each marked plant was estimated weekly. The assessment of the severity of the diseases was done simultaneously with the evaluation of leaf area. Each experiment was composed of four treatments: inoculation with *P. griseola*, inoculation with *C. lindemuthianum*, inoculation with both pathogens and non inoculation and sprayed with fungicides.

The cultivars Carioca and Iapar-57 have shown larger percentage of defoliation in the treatments inoculated with *P. griseola* and with both pathogens. Larger reduction was observed in the number of leaves on the plants of the cultivar Iapar-57 when compared to the cultivar Carioca. On the 54th day after sowing the cultivars Iapar-57 and Carioca presented 70% and 31% respectively, of average reduction in the number of leaves for the three treatments with inoculation. The inoculated plants had leaves with smaller area compared with the control plants, and the plants of the cv. Iapar-57 inoculated with angular leaf spot had 78% of reduction on 61 d.a.s. The average reduction of HLAI in the treatment with angular leaf spot was 85% between 32 d.a.s. and 82 d.a.s. for the cv. Iapar-57.

AUDPC hasn't shown any correlation with the yield components. The variables of healthy leaf area, HAD and HAA, have shown correlation with the yield components number of pods/m², number of seeds/m² and yield (g/m²). The coefficients of determination (R^2) of the regressions between yield and HAD and yield and HAA for the six experiments ranged between 0.62 and 0.90, 0.59 and 0.85, respectively. The relationships yield and HAD and yield and HAA were different between the experiments depending on the cultivar, harvest time and year.

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum é a principal leguminosa para o consumo humano (Voysset, 1983) principalmente nos países da América Latina e África, onde, devido ao seu teor protéico de cerca de 22%, é a principal fonte de proteína (Vieira, 1988). A América Latina, em particular, é a zona de maior produção e consumo, estimando-se que 30% da produção mundial provêm desta área (Sanders & Schwartz, 1980; Voysset, 1983).

O Brasil, que é o maior produtor mundial de *Phaseolus vulgaris*, colheu em 1997 aproximadamente 2.900.000 toneladas do produto. Com um consumo per capita de 19,5 kg/habitante/ano e uma produtividade média de 594 kg/ha em 1997, o país necessitou importar neste mesmo ano cerca de 150.000 ton., principalmente da Argentina. O Estado do Paraná foi, nos últimos sete anos, o maior produtor brasileiro de feijão. Com uma produtividade de 853 kg/ha, o Paraná respondeu por 16% da produção nacional em 1997 (FNP Consultoria & Comércio, 1999).

As doenças estão entre as maiores causas de redução na produtividade do feijoeiro. Existem mais de 200 doenças que afetam esta cultura, que limitam a produção e reduzem a qualidade fisiológica, sanitária, nutricional e comercial do produto (Bianchini et al., 1989).

A mancha angular do feijoeiro, causada pelo fungo *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr., é uma doença bastante importante nesta cultura, ocorrendo em várias regiões produtoras do Brasil, África e América Latina (Beebe & Pastor-Corrales, 1991). Ela causa manchas necróticas nas folhas, afetando também pecíolos, ramos e vagens. Já foram constatadas reduções no rendimento de 7 a 80%, dependendo do local e ano dos experimentos (Schwartz et al., 1981; Brenes, 1983; Sartorato & Rava, 1992).

A antracnose do feijoeiro, causada por *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Br. & Cav., é uma das doenças de maior importância para esta cultura, podendo causar dano de até 100% quando são utilizadas sementes infectadas e as condições climáticas são favoráveis (Bianchini et al., 1997).

Apesar das doenças de plantas terem sido inicialmente estudadas devido aos danos que causam, existem ainda hoje, poucas estimativas confiáveis dos prejuízos provocados pelas mesmas (James, 1974). No entanto, a quantificação dos danos causados por patógenos é o passo inicial para o desenvolvimento de qualquer programa de manejo de doenças (Campbell & Madden, 1990).

O manejo integrado de doenças implica na utilização do conhecimento disponível sobre o ecossistema, a genética e a dinâmica de população dos patógenos e a economia de produção de plantas, com objetivo de se chegar a um programa unificado que irá manter a população dos organismos nocivos abaixo do limiar de dano econômico (Zadoks & Schein, 1979). Assim, o conceito de limiar de dano econômico (LDE), definido como a intensidade de doença na qual o benefício do controle iguala o custo do

mesmo, é a pedra fundamental para o manejo integrado (Zadoks, 1985). Segundo James & Teng (1979), os modelos de avaliação de danos podem ser incorporados num sistema de manejo de doença, o qual pode ser utilizado para prever o desenvolvimento da doença e prevenir redução da produção através da utilização de medidas de controle. Uma das maiores limitações para a implementação de programas de manejo integrado de doenças tem sido a escassez de informação sobre danos (Apple, 1977), sendo deste modo, necessários modelos para sua previsão (Zadoks & Schein, 1979).

Os principais tipos de modelos empregados para relacionar doença e dano são: modelo de ponto crítico, modelo de múltiplos pontos, modelo integral ou da área sob a curva de progresso da doença (AUDPC), modelo de superfície resposta e modelos sinecológicos (Teng & Johnson, 1988).

Waggoner & Berger (1987) afirmaram que a lógica da relação doença-dano é incerta. Isto ocorre porque a severidade de doença, considerada isoladamente, tem efeito diferente dependendo do estágio fenológico da cultura; a desfolha geralmente não é considerada; a área foliar das plantas não é levada em conta e porque, em última análise, a produção depende da área foliar sadia do hospedeiro, e não da área doente (Lopes et al., 1994). Deste modo, Waggoner & Berger (1987) propuseram a utilização de variáveis de área foliar sadia do hospedeiro (HAD - Healthy Leaf Area Duration e HAA - Healthy Leaf Area Absortion) para quantificação de danos causados por patógenos foliares.

As variáveis HAD e HAA têm sido mais eficientes que severidade da doença na estimativa da produção de plantas de feijoeiro infectadas por patógenos foliares (Amorim et al., 1995; Carneiro, 1995; Godoy, 1995; Iamauti, 1995; Bergamin Filho et al., 1997; Nunes & Bergamin Filho, 1996; Carneiro et al., 1997a; Canteri, 1998; Silva et al., 1998b; Gianasi, 1999). No entanto, todos os trabalhos executados com a cultura do feijoeiro até o momento tiveram por

objetivo estabelecer relações isoladas entre diferentes doenças e a produção de plantas. Nenhum deles abordou a ocorrência simultânea de dois ou mais patógenos.

Teng (1983) considera que a avaliação de danos requer uma abordagem holística, já que em condições de campo os danos raramente são causados por uma única doença. Berger (1988) sugere que para a avaliação de danos em patossistemas múltiplos sejam utilizadas variáveis de área foliar sadia do hospedeiro, por fornecerem uma integração de todos os componentes do complexo. Esta opinião é compartilhada por outros autores como Kranz & Jörg (1989) e Johnson (1992).

O objetivo deste trabalho foi quantificar os danos causados pela infecção conjunta de *Phaeoisariopsis griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum* em feijoeiro, aplicar os conceitos de área foliar sadia na quantificação de danos em patossistema múltiplo em feijoeiro e verificar o efeito das doenças sobre os componentes de produção e o crescimento do hospedeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Modelos para previsão de danos

Segundo Nutter Jr. et al. (1991; 1993) dano é qualquer redução na qualidade e/ou quantidade da produção resultante de injúria. Esta, por sua vez, é qualquer sintoma visível causado por um patógeno. Tradicionalmente as funções de dano relacionam injúria com produção ou dano através de diferentes tipos de modelos (Teng & Johnson, 1988):

a) modelo de ponto crítico: estima dano utilizando a intensidade de doença (injúria) presente em um determinado estágio de desenvolvimento do hospedeiro, considerado como ponto crítico no ciclo da cultura, quando esta é particularmente sensível à doença. Exemplos deste tipo de modelo são os trabalhos desenvolvidos por Romig & Calpouzos (1970) com trigo - *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*; Pataký et al. (1983) com amendoim - *Cylindrocladium crotalariae*; Ayers et al. (1976) com milho - *Helminthosporium maydis* raça T.

- b) modelo de múltiplos pontos: relaciona dano com variáveis derivadas de avaliações sucessivas da intensidade da doença (injúria) durante o ciclo da cultura. Exemplos deste tipo de modelo são os trabalhos de James et al. (1972) com batata - *Phytophthora infestans* e Burleigh et al. (1972) com trigo - *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*.
- c) modelo integral: relaciona dano com variáveis que representem a totalidade da epidemia, como por exemplo a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC). Exemplos são os trabalhos de Schneider et al. (1976) com *Vigna unguiculata* - *Cercospora* spp. e de Broscious et al. (1987) com alfafa - *Phoma medicaginis* - *Stemphylium botryosum*.
- d) modelo de superfície-resposta: este modelo estima dano a partir de duas variáveis diferentes, geralmente derivadas da epidemia (severidade) e do hospedeiro (estádio de desenvolvimento). Como exemplo, o trabalho de Teng & Gaunt citado por Teng & Johnson (1988), onde os autores apresentaram um modelo conceitual para estimativa de dano utilizando uma curva de superfície-resposta, já que o mesmo dano poderia ser resultado de diferentes combinações de severidade da doença e estágio de desenvolvimento do hospedeiro.
- e) modelo sinecológico: este termo foi introduzido por Kranz & Jörg (1989) para descrever o tipo de modelo que relaciona dano com múltiplos fatores limitantes da produção, sejam bióticos ou abióticos.

Assim, os métodos de quantificação de danos geralmente estabelecem a avaliação do patógeno como fator principal, negligenciando o hospedeiro, responsável, em última análise, pela produção (Waggoner e Berger, 1987; Lopes et al., 1994).

Modelos baseados em relações empíricas entre doença e produção têm geralmente pouca aplicabilidade em condições diferentes das quais eles foram desenvolvidos. Deste modo, mudanças no sistema de produção geralmente invalidam a relação doença-dano (Gaunt, 1995). As

relações entre produção e doença são freqüentemente inconstantes porque fatores relacionados ao hospedeiro como estágio de desenvolvimento, desfolha e área foliar da planta não são considerados, ou porque a produção máxima possível é diferente para cada campo, local e safra devido às diferenças edáficas e climáticas (Waggoner & Berger, 1987; Rouse, 1988).

Estabelecer relações entre doença e produção através de variáveis do hospedeiro, como duração da área foliar sadia (HAD) e absorção da área foliar sadia (HAA), produz resultados mais consistentes (Gaunt, 1995). Para viabilizar a aplicação prática do manejo integrado, modelos de quantificação de danos devem ser transportáveis, ou seja, manter-se válidos em diferentes locais e épocas do ano. Assim, modelos baseados em área foliar sadia do hospedeiro parecem ser o caminho a seguir (Bergamin Filho et al., 1995; Bergamin Filho & Amorim, 1996).

O enfoque proposto por Waggoner & Berger (1987) tem como base relacionar a produção com a área foliar sadia do hospedeiro através dos modelos:

$$HAD = \sum_{i=1}^{n-1} \{ [LAI_i(1-X_i) + LAI_{i+1}(1-X_{i+1})] / 2 \} (t_{i+1} - t_i)$$

onde LAI_i é o índice de área foliar da planta em cada data de avaliação, X é a severidade da doença e t é o tempo em que a avaliação foi realizada.

$$HAA = \sum_{i=1}^{n-1} I_i \{ [(1-X_i)(1-\exp(-kLAI_i)) + (1-X_{i+1})(1-\exp(-kLAI_{i+1}))] / 2 \} (t_{i+1} - t_i)$$

sendo k o coeficiente de extinção da cultura, que varia de 0,3 a 1,0, dependendo do ângulo de inclinação das folhas; I_i é a radiação solar média incidente em cada intervalo de avaliação.

Há algum tempo a quantificação de danos causados por patógenos baseado na área foliar do hospedeiro tem ganhado mais adeptos.

Last (1962) sugeriu a utilização de correlação entre área foliar sadia e produção na quantificação de danos no patossistema cevada - *Erysiphe graminis f. sp. hordei*. Carver & Griffiths (1981) trabalharam com o patossistema cevada - *Erysiphe graminis f. sp. hordei* em casa-de-vegetação e observaram uma correlação negativa ($r = -0,926$) entre AUDPC e área sob a curva de área foliar verde (GLAI, variável semelhante a HAD). Já a produção de grãos foi altamente correlacionada com GLAI. Eles concluíram que a doença reduziu a produção de grãos na proporção de seu efeito na redução de GLAI antes da antese. Estes autores também encontraram alta correlação entre componentes de produção e GLAI em vários estádios de desenvolvimento, no mesmo patossistema, em condições de casa-de-vegetação e micro-parcelas em campo (Carver & Griffiths, 1982).

Rotem et al. (1983b) compararam três diferentes métodos de quantificação de requeima em batata. A avaliação do tecido doente, segundo os autores, forneceu informações sobre o potencial de inóculo, enquanto o tecido sadio refletiu a influência dos fatores integrados que afetaram a cultura e a doença, e assim este segundo forneceu dados muito mais úteis para a estimativa de danos. Rotem et al. (1983a) tentaram associar severidade da doença e área sob a curva de progresso da doença com danos, obtendo resultados inconsistentes. Quando correlacionaram a área de tecido sadio com a produção obtiveram coeficiente de correlação entre 0,91 e 0,98.

Madeira et al. (1988), trabalhando com o patossistema *Vicia faba*-*Ascochyta fabae*, avaliaram as variáveis HAD e HAA e encontraram relação linear entre os valores de HAA e produção de matéria seca, com alto coeficiente de correlação. Ferrandino & Elmer (1992), estudando os danos causados por *Septoria lycopersici* em tomateiro, observaram que o maior efeito da doença sobre a produção foi na redução de HAD e que esta variável seria melhor que a AUDPC para estimar a produção. Aquino et al. (1992) avaliaram o efeito de *Cercosporidium personatum* sobre a área foliar e produção de

amendoim. Observaram que a produção de vagens diminuiu com a diminuição da área foliar sadia. Os autores conseguiram desenvolver um modelo de previsão de produção usando HAD.

Em diferentes patossistemas têm sido publicados trabalhos onde a produção é relacionada a HAD e a HAA, como por exemplo: trigo - *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* (Subba Rao et al., 1989; van Roermund & Spitters, 1990; Spitters et al., 1990); trigo - *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* (Daamen & Jorritsma, 1990); batata - *Phytophthora infestans* (Haverkort & Bicamumpaka, 1986; Van Oijen, 1990); batata - *Alternaria solani* (Johnson & Teng, 1990); soja - *Phakopsora pachyrhizi* (Yang et al., 1992).

Estudos recentes com diferentes doenças foliares do feijoeiro mostraram que a severidade, avaliada em diferentes estádios de desenvolvimento ou através da AUDPC, não apresentou correlação com a produção. Por outro lado, variáveis de área foliar sadia apresentaram boa correlação com produção em experimentos onde plantas de feijoeiro foram inoculadas com o agente causal da ferrugem (Iamauti, 1995), da mancha angular (Bergamin Filho et al., 1997; Carneiro et al., 1997a; Canteri, 1998) ou da antracnose (Nunes & Bergamin Filho, 1996; Silva et al., 1998b; Gianasi, 1999).

2.2 Efeito dos patógenos sobre a eficiência do uso da radiação (RUE) e a radiação interceptada (RI)

Recentemente, alguns autores têm considerado que relacionar os sintomas da doença com alterações fisiológicas provocadas pelos patógenos é importante para o estabelecimento de funções de dano mais confiáveis. Segundo Rouse (1988), ao avaliar-se uma doença (entendida como uma

alteração negativa de uma função normal da planta, causada pela influência de um agente patogênico) através de seus sintomas e/ou sinais, assume-se que existe uma relação quantitativa entre estes e a doença em si. Contudo, esta suposição raramente tem sido testada com rigor.

Assim, relacionar doença visível (injúria) com determinantes fisiológicos do desenvolvimento da cultura (como quantidade de radiação interceptada pela cultura, eficiência o uso da radiação, partição de fotoassimilados, taxa de perda de matéria seca e duração da formação das partes da planta) forneceria informações adicionais sobre as alterações que estão ocorrendo na planta (Rouse, 1988). Segundo Boote et al. (1983) e Rouse (1988) não será possível o estabelecimento de estratégias adequadas de manejo de doenças sem considerar as respostas fisiológicas das plantas aos patógenos, o que forneceria uma compreensão completa do processo de dano, já que dano pode ser explicado mais pelo prejuízo ou enfraquecimento das funções da planta do que pela densidade de infecção do patógeno.

Assim, Boote et al. (1983) classificaram os patógenos em sete grupos, segundo seus efeitos nos processos de balanço de carbono da planta. São eles: redutores de stand, redutores da taxa fotossintética, aceleradores de senescência foliar, captadores de luz, removedores de assimilados, consumidores de tecido, redutores de turgor.

Segundo Johnson (1987), a produtividade de uma cultura (em gramas por metro quadrado) é o produto de $RI * RUE$, onde RI é a radiação interceptada pela área verde (em $MJ m^{-2}$) e RUE é a eficiência do uso da radiação (expresso em $gr MJ^{-1}$). Este autor considera que as categorias de patógenos estabelecidas por Boote et al. (1983) podem ser reunidas em dois grupos principais: doenças que afetam RI (consumidores de tecido, aceleradores de senescência, redutores de stand, captadores de luz) e doenças que afetam RUE (redutores da taxa fotossintética, removedores de assimilados e redutores de turgor).

Exemplos de patógenos que afetam apenas a interceptação da radiação solar (RI) de seus hospedeiros são: *Phytophthora infestans* em batata (Haverkort & Bicamumpaka, 1986; Van Oijen, 1990) e *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* em trigo (Spitters et al., 1990). Outros patógenos afetam, além de RI, a eficiência do uso da radiação (RUE), como é o caso de *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* (Rabbinge et al., 1985), *Pyricularia grisea* em arroz (Bastiaans, 1991) e *Cercospora arachidicola* e *Cercosporidium personatum* em amendoim (Boote et al., 1980). Boote et al. (1980) trabalharam com manchas foliares em amendoim, e observaram que a fotossíntese do dossel de plantas doentes foi menor não apenas devido à perda de folhas, mas também porque folhas doentes foram menos eficientes em fixar CO₂. Bell (1986) observou que *Cercospora arachidicola*, *Cercosporidium personatum* e *Puccinia arachidis* reduziram em 30% a produção de amendoim. Esta redução foi devida à perda de área foliar pela desfolha e menor eficiência de conversão da radiação solar em produção, resultante do efeito dos patógenos sobre a capacidade fotossintética das folhas remanescentes e/ou alteração no padrão de distribuição de fotoassimilados.

A determinação da RUE tem sido feita, em alguns casos, em condições de campo utilizando-se parcelas com diferentes níveis de doença, por meio da estimativa do coeficiente angular da reta que relaciona HAA e produção (Bergamin Filho et al., 1995). Caso os coeficientes angulares sejam constantes para as diversas situações, considera-se que a eficiência de conversão da área foliar verde não é afetada pelo patógeno. No entanto, alguns autores consideram que somente medições diretas das taxas de fotossíntese em plantas saudas e doentes podem mostrar se a atividade da área foliar verde é afetada pela doença (Van Oijen, 1990).

Bastiaans (1991), trabalhando com o patossistema arroz - *Pyricularia grisea*, mediu a fotossíntese em folhas saudas e doentes. O autor observou que o patógeno causava redução na fotossíntese no tecido verde remanescente da folha. Bastiaans (1991) propôs então o conceito de lesão

virtual, o que permite a classificação dos patógenos de acordo com seus efeitos sobre a RUE de seus hospedeiros. A lesão virtual é a proporção de área foliar, igual ou maior do que a lesão visual (proporção de área foliar com sintomas visíveis) no qual a fotossíntese é severamente reduzida. A relação entre lesão virtual (y) e a lesão visual (x) é dada pela equação:

$y = 1 - (1 - x)^\beta$ onde beta (β) é a relação entre as proporções de área foliar visual e virtual. A determinação experimental de β é feita avaliando-se a fotossíntese ($\text{kg de CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de folhas doentes (P_x) e de folhas saudáveis (P_h) cujos valores são utilizados na fórmula:

$$P_x / P_h = (1 - x)^\beta$$

Valores de β próximos a 1,0 indicam que a RUE de tecidos verdes não é afetada, e valores superiores indicam, proporcionalmente, reduções em RUE.

Alguns autores têm trabalhado nesta linha e resultados interessantes têm sido obtidos. Levy & Leonard (1990) estudaram o efeito da infecção de *Exserohilum turcicum* sobre a eficiência fotossintética em milho. Os autores observaram que o patógeno reduziu a assimilação de CO_2 no tecido foliar adjacente às lesões e que os fotoassimilados foram translocados do tecido sadio para as lesões, resultando em redução na quantidade disponível para acumulação de matéria seca nos grãos. Assim, o efeito da doença sobre a produção é maior do que aquele que pode ser medido diretamente pela perda de área foliar através da necrose.

Goodwin (1992) avaliou o efeito de *Xanthomonas campestris* pv. phaseoli sobre a fotossíntese de folhas de feijoeiro. A taxa de fotossíntese foliar foi reduzida em 50% quando somente 15 a 20% da área foliar apresentava sintomas da doença. Isto resultou num valor de β de aproximadamente 2,68. Jiao et al. (1996), utilizando o mesmo patossistema, observaram que a fotossíntese e a exportação de fotoassimilados foram

respectivamente 25 e 50% menor nas folhas infectadas, apesar de somente 7 a 10% da área foliar total apresentasse necrose.

Garry et al. (1998) estudaram o efeito de *Mycosphaerella pinodes* em ervilha e observaram que a doença induziu uma redução na eficiência fotossintética do tecido foliar verde. A taxa fotossintética líquida relativa foi zero quando 30-40% da área foliar estava necrosada. Os autores, que determinaram um valor de beta de aproximadamente 12 para esta doença, consideraram que o dano resultante seria função não somente da quantidade de doença presente nas plantas, mas também de como a necrose estaria distribuída na planta, junto com o estágio de desenvolvimento da cultura quando a doença ocorreu.

Bastiaans & Roumen (1993) observaram que o efeito de *Pyricularia grisea* sobre a taxa fotossintética de folhas de arroz é variável dependendo da localização da lesão. Assim, lesões na nervura principal causaram reduções acentuadas na taxa fotossintética de regiões distantes da folha, enquanto lesões nos dois lados da nervura central causaram somente efeito localizado.

Bassanezi et al. (1997) estudaram o efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro e observaram que com o aumento da severidade ocorreu uma redução na taxa fotossintética proporcionalmente maior que a redução da área foliar devido às lesões. Quando a severidade era de aproximadamente 5%, houve uma redução na taxa fotossintética líquida das folhas inoculadas de cerca de 20%, com tendência a se aproximar da taxa fotossintética apresentada pelas folhas sadias quando a severidade era menor que este valor. Quando 5 a 10% da área foliar apresentaram lesões de antracnose, a taxa fotossintética líquida foi reduzida em aproximadamente 50%. Em folhas com severidade acima de 25%, a taxa fotossintética líquida foi muitas vezes nula ou negativa, indicando que nessas condições a folha passa de fonte ou exportadora de fotoassimilados para a condição de dreno ou

importadora de fotoassimilados. Os autores determinaram um β de 7,24 para esta doença. Bassanezi (comunicação pessoal) também detectou reduções na taxa líquida de assimilação de CO_2 de plantas inoculadas com *P. griseola*. O autor determinou um valor de β de aproximadamente 4,0 para a mancha angular do feijoeiro.

Stangarlin (1999) estudou a atividade da rubisco, clorofilase e conteúdo de clorofila das cultivares Carioca e Rosinha infectados por *P. griseola* ou *Uromyces appendiculatus*. O autor concluiu que alterações no metabolismo fotossintético, baseado nas atividades de clorofilase e rubisco devido à infecção pelos patógenos, são dependentes da cultivar em questão e do tipo de região amostrada. A infecção por *P. griseola* causou efeitos prejudiciais ao metabolismo fotossintético da área verde remanescente, aparentemente sadia, da folha infectada. Em materiais mais resistentes poderia haver um efeito compensatório em folhas sadias de plantas doentes. Na cultivar Carioca, os efeitos negativos verificados na área verde remanescente aparentemente sadia da segunda folha (infectada com *P. griseola*), podem ser compensados pela manutenção dos níveis de clorofila e pelos incrementos nas atividades de rubisco que ocorrem na terceira folha (não inoculada). Para a cultivar Rosinha, no entanto, os efeitos deletérios de *P. griseola* puderam ser observados tanto em folhas infectadas quanto em folhas distantes do local de infecção.

Lopes (1999) também estudou o efeito de *Colletotrichum lindemuthianum* sobre a fotossíntese do feijoeiro. O valor máximo encontrado de beta foi de 12,18. Os maiores fatores envolvidos na redução da capacidade fotossintética incluíram o aumento da respiração e o fechamento dos estômatos. Segundo a autora, avaliações acuradas de HAD e HAA devem levar em conta os efeitos da doença sobre o tecido verde adjacente à lesão necrótica de antracnose, e portanto, o parâmetro beta poderia ser incorporado nos cálculos destas variáveis para a previsão de dano.

A inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum* e de *Uromyces appendiculatus* ao mesmo tempo ou após poucos dias mostrou que o impacto destes patógenos sobre a fotossíntese de folhas de feijoeiro foi semelhante à soma dos efeitos induzidos por cada um separadamente. Assim, não houve interação entre a antracnose e ferrugem em relação aos seus efeitos sobre a taxa fotossintética, condutância estomatal, taxa de transporte de elétrons e componentes monocíclicos para as duas doenças (Lopes, 1999).

2.3 Patossistema múltiplo

O número de trabalhos na literatura sobre o efeito de duas ou mais doenças sobre a produção, é bem menor que aqueles que consideram apenas um patossistema. Segundo Campbell & Madden (1990), a maioria dos trabalhos em epidemiologia tem ignorado os patossistemas múltiplos, embora a regra no campo seja a ocorrência de várias doenças ao mesmo tempo (Kranz & Jörg, 1989). Assim, poucos modelos têm sido desenvolvidos para prever danos causados por mais de uma doença (Madden, 1983). Exemplos de estudos em patossistemas múltiplos são dados a seguir.

Cole (1982) estudou a interação entre *Cercospora arachidicola* e *Phoma arachidicola* e seus efeitos sobre a desfolha e a produção do amendoim. A autora observou que as duas doenças se desenvolviam independentemente quando não havia limitação de área foliar. No entanto, com o desenvolvimento das doenças e desfolha, a área foliar foi reduzida e *Cercospora* começou a afetar o desenvolvimento de *Phoma*. O primeiro patógeno reduziu a fotossíntese e foi o principal responsável pela queda prematura de folhas e redução na produção. *Phoma arachidicola* somente

causou desfolha e reduziu a produção onde havia pouca mancha de *Cercospora* presente.

Backman & Crawford (1984) estudaram a relação entre dano e severidade da mancha preta e da mancha castanha no amendoim. Os autores observaram que o hospedeiro tolerou baixos níveis de infecção, mas qualquer nível de desfolha resultou em dano. As funções de dano foram semelhantes para as duas doenças independentemente de se avaliar a severidade ou a porcentagem de desfolha.

Spadafora & Cole Jr. (1987) verificaram a interação entre *Septoria nodorum* e *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* em campo experimental. A análise de regressão mostrou relação inversa entre as severidades das duas doenças, indicando, segundo os autores, uma competição entre os dois patógenos pelo tecido foliar. Nas condições dos experimentos, as doenças pouco afetaram a produção, sendo a ferrugem a mais importante. Os autores computaram o pequeno efeito das doenças sobre a produção à ocorrência tardia de ambas durante o ciclo da cultura.

Bowen et al. (1991) estudaram o efeito conjunto de *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* e de *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* sobre a produção. Os autores concluíram que a ocorrência do oídio antes da emissão da folha bandeira poderia resultar em redução de alguns componentes de produção. Assim, a recomendação tradicional para controle de doenças em trigo, baseada na avaliação da severidade na folha bandeira, levaria a subestimar-se a importância do oídio, que ocorre, naquelas condições, no início do ciclo da cultura.

Weber et al. (1994) estudaram a interação entre *Erysiphe graminis* e *Septoria nodorum* em trigo. Os autores observaram que *E. graminis* foi fortemente inibido na presença de *S. nodorum*, resultando em uma redução significativa da quantidade final de oídio no campo. Ao mesmo tempo, *E. graminis* promoveu um aumento na quantidade final de septoriose no campo. A

relação entre *E. graminis* e *S. nodorum* é descrita como predisposição com dominância do patógeno secundário, no caso, *S. nodorum*.

Johnson et al. (1986) estudaram em condições de campo o efeito de *Alternaria solani*, *Verticillium dahliae* e *Empoasca fabae* sobre a produção de batata. A principal conclusão obtida pelos autores foi que a infestação combinada resultou em perda de área foliar e reduções da produção que foram menos do que a soma total de dano causado por cada organismo em infestação isolada. Devido à complexidade das interações, Johnson (1992) considera que modelos baseados em radiação interceptada pela cultura (ou HAA) podem fornecer interpretações mais reprodutíveis do efeito de patossistemas múltiplos sobre a produção de batata.

2.4 Patossistema múltiplo e variáveis de área foliar sadia

A utilização de variáveis relacionadas à área foliar sadia do hospedeiro na previsão de produção tem sido considerada como uma abordagem promissora para estabelecer relações de dano em patossistemas múltiplos, por possibilitar a integração dos diferentes componentes do sistema (Berger, 1988; Kranz & Jörg, 1989; Johnson, 1992).

Subrahmanyam et al. (1984) avaliaram a porcentagem de área foliar verde remanescente em plantas de amendoim aos 100 dias após a semeadura, durante epidemias de *Cercospora arachidicola*, *Cercosporidium personatum* e *Puccinia arachidis* em 20 genótipos em parcelas protegidas e não protegidas com fungicidas. Os autores observaram que a relação entre área foliar verde e produção variou, para um mesmo genótipo, entre anos. De maneira geral, a relação entre área foliar verde e produção variou entre

genótipos e para genótipos com baixo potencial de produção a resposta à proteção química foi limitada.

Lim & Gaunt (1986a,b), trabalhando com *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* e *Puccinia hordei* em cevada, observaram, por meio de análise de regressão, que a área foliar verde estava mais correlacionada com a produção que a severidade da doença em três cultivares. Os autores concluíram que para ensaios de quantificação de danos, a área foliar sadia era uma variável melhor do que a severidade para avaliação do efeito da doença sobre a produção.

Savary & Zadoks (1992a) avaliaram o dano causado por *Cercosporidium personatum* e *Puccinia arachidis* em amendoim. Os autores estudaram as relações entre intensidade das doenças, índice de área foliar, área abaixo da curva do índice de área foliar sadio (HAD) e produção, estabelecendo funções de dano. *Cercosporidium personatum* foi basicamente responsável pela desfolha, pela redução do tecido fotossinteticamente ativo no dossel, e possivelmente responsável pela indução de efeitos negativos no tecido aparentemente não infectado. A ferrugem, por outro lado, além de reduzir a área foliar fotossinteticamente ativa reduziu o crescimento do dossel. Esta diferença na relação injúria-dano foi considerada responsável pela interação negativa entre os patógenos.

Assim como no trabalho de Lim & Gaunt (1986a), o uso de variáveis de área foliar sadia promoveu melhor estimativa de produção que o uso de variáveis de doença para a ferrugem (Iamauti, 1995), a mancha angular (Bergamin Filho et al., 1997; Carneiro et al., 1997a; Canteri, 1998) e a antracnose (Nunes & Bergamin Filho, 1996; Silva et al., 1998b; Gianasi, 1999) do feijoeiro. No presente trabalho as variáveis de área foliar sadia (HAD e HAA) foram utilizadas pela primeira vez em um patossistema múltiplo na cultura do feijoeiro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação e condução dos experimentos

Seis experimentos foram conduzidos em Londrina, Estado do Paraná, situada a 23° 21' latitude sul, 51° 10' longitude oeste e 585 m de altitude. As datas de semeadura e colheita e os cultivares utilizados nos experimentos identificados por R95, C96, I96, I97, C98, I98 estão apresentados abaixo:

- R95: cultivar Rosinha G-2, semeado em 17 de abril e colhido em 18 de julho de 1995.
- C96: cultivar Carioca, semeado em 22 de agosto e colhido em 21 de novembro de 1996.
- I96: cultivar Iapar-57, semeado em 18 de setembro e colhido em 04 de dezembro de 1996.

- I97: cultivar Iapar-57, semeado em 27 de agosto e colhido em 21 de novembro de 1997.
- C98: cultivar Carioca, semeado em 19 de março e colhido em 25 de junho de 1998.
- I98: cultivar Iapar-57 semeado em 19 de março e colhido em 25 de junho de 1998.

Os experimentos R95, C96 e I96 foram constituídos de nove parcelas cada um, havendo em cada parcela seis linhas de cinco metros, espaçadas 0,5 m. As duas linhas centrais foram consideradas a parcela útil, eliminados 0,5 m em cada extremidade. Em cada parcela foram marcadas seis plantas com fita plástica, após o aparecimento da primeira folha verdadeira, para realização das avaliações. Todas as avaliações foram realizadas nestas 54 plantas marcadas de cada experimento, pelo método da planta individual (Bergamin Filho & Amorim, 1996).

Os experimentos I97, C98 e I98 foram divididos em três blocos de quatro parcelas constituídas de 8 linhas com oito metros cada e espaçamento de 0,5 m entre linhas. As quatro linhas centrais foram consideradas a parcela útil para a realização das inoculações. Nas duas linhas centrais de cada parcela, após o aparecimento da primeira folha trifoliolada, foram marcadas e numeradas quatro plantas com fita plástica, para realização das avaliações. Semanalmente as folhas novas emitidas por estas plantas foram marcadas com etiquetas numeradas, com o objetivo de acompanhar-se o desenvolvimento das doenças em cada folha durante o ciclo da cultura, determinando-se também a porcentagem de desfolha. As avaliações foram realizadas então nas 48 plantas marcadas de cada experimento.

Todos os experimentos foram conduzidos segundo as recomendações técnicas para a cultura do feijoeiro, incluindo adubação,

controle de plantas daninhas, pulverizações com inseticidas e irrigação por aspersão, quando necessário.

Para obter-se parcelas com diferentes severidades das doenças, os experimentos R95, C96 e I96 foram inoculados com *C. lindemuthianum* e *P. griseola* nas concentrações de 10^4 e 10^6 conídios/ml. Foram utilizados isolados coletados na região de Londrina. As inoculações foram feitas após o aparecimento da segunda folha trifoliolada, sempre ao final da tarde, em número de 3 a 5 dependendo do experimento. Para as inoculações, os experimentos foram divididos em três faixas com três parcelas em cada faixa. Cada suspensão de esporos de *C. lindemuthianum* foi pulverizada em uma faixa, e a terceira faixa onde estava a parcela controle não recebeu inóculo. *P. griseola* foi inoculado do mesmo modo, mas em sentido perpendicular a *C. lindemuthianum*. Deste modo, ao final da inoculação havia uma parcela controle, duas parcelas inoculadas apenas com *C. lindemuthianum*, duas parcelas inoculadas com *P. griseola* e quatro parcelas com diferentes combinações das duas concentrações de inóculo dos patógenos.

Os experimentos I97, C98 e I98 receberam quatro tratamentos com três repetições, a saber: inoculação com *C. lindemuthianum* na concentração de 10^6 conídios/ml; inoculação de *P. griseola* na concentração de 10^6 conídios/ml; inoculação com os dois patógenos nas mesmas concentrações; pulverização com fungicidas. Foram realizadas entre duas e três inoculações de cada patógeno nestes experimentos.

O inóculo de *C. lindemuthianum* foi produzido em meio de Mathur modificado por Kimati (1966) e o de *P. griseola* em meio de cultura a base de alimento infantil (Sato & Piza, 1993).

A parcela controle dos experimentos foi pulverizada com trifênil hidróxido de estanho e tebuconazole para manter as plantas livres de doenças.

3.2 Avaliações de área foliar, severidade e componentes de produção

A partir do aparecimento da primeira folha trifoliolada, foram estimadas semanalmente as áreas foliares de todas as folhas das plantas marcadas, até o final do ciclo da cultura. A largura do folíolo central de cada folha foi medida com auxílio de uma régua e a área foliar estimada por diferentes equações. A área foliar de cada planta foi obtida pela somatória das estimativas das áreas de cada folha. Para estimativa da área foliar foram utilizadas as equações (Carneiro et al., 1997b):

$$AF = 2,205 \cdot LFC^2 \quad \text{e} \quad AF = 2,301 \cdot LFC^2$$

sendo a área foliar (AF) em cm^2 e a largura do folíolo central (LFC) em cm. A primeira equação foi utilizada para os cvs. Rosinha e Carioca e a segunda para o cv. Iapar-57.

A cada avaliação, o estágio de desenvolvimento do hospedeiro foi determinado segundo a escala de Schoonhoven & Pastor-Corrales (1987): V0 = germinação; V1 = emergência; V2 = folhas primárias abertas; V3 = primeira folha trifoliolada; V4 = terceira folha trifoliolada; R5 = pré-florescimento; R6 = florescimento; R7 = formação de vagens; R8 = enchimento de vagens; R9 = maturidade fisiológica. Foram realizadas nove avaliações para os experimentos C98 e I98, oito avaliações para o experimento R95, sete avaliações para C96 e I97 e seis avaliações para I96.

As avaliações de severidade, feitas com auxílio de escalas diagramáticas (Godoy et al., 1997), foram realizadas junto com as avaliações de área foliar. Estimou-se a severidade média de cada doença, em porcentagem, para os três folíolos de todas as folhas nas plantas marcadas.

Ao final do ciclo da cultura, a produção foi determinada para cada planta marcada. Foram avaliados o número de vagens, o número de sementes produzidas e o peso das sementes, que foi padronizado para 12% de umidade. Os resultados foram expressos em número ou gramas por metro quadrado.

3.3 Variáveis de área foliar

Para cálculo da proporção de tecido de cada folha com lesão virtual, utilizou-se a fórmula proposta por Bastiaans (1991):

$X' = 1 - (1 - X)^\beta$, onde X' é a severidade virtual e X é a severidade visual.

O valor de β para a mancha angular foi igual a 4 (Bassanezi, comunicação pessoal) e para a antracnose igual a 12 (Lopes, 1999). Adotou-se também a correção proposta por Gregory (1948), para proporção de tecido afetado em caso de infecções múltiplas (Hau, comunicação pessoal). Deste modo, utilizando-se os valores de severidade da antracnose e da mancha angular estimados em campo, foi calculado, para cada folha das plantas marcadas, a proporção de tecido com lesão virtual segundo a fórmula:

$$X'_T = 1 - 0,1353 * \exp[(1 - X_1)^{\beta_1}] * \exp[(1 - X_2)^{\beta_2}]$$

onde X'_T é a proporção total de tecido da folha com lesão virtual;

X_1 é a proporção de tecido com lesão visual de mancha angular;

β_1 é o valor do parâmetro beta para a mancha angular;

X_2 é a proporção de tecido com lesão visual de antracnose;

β_2 é o valor do parâmetro beta para a antracnose.

O cálculo de AUDPC foi feito pelo método da integração trapezoidal, utilizando a proporção de tecido na planta com severidade virtual.

Com base na área foliar total da planta, calculou-se o índice de área foliar de cada planta (LAI), em cada data de avaliação, dividindo-se a área foliar total pela área ocupada pela planta.

Os valores de HLAI de cada planta para cada data de avaliação foram obtidos por:

$HLAI = LAI(1-X'_T)$ onde X'_T é a severidade virtual total na planta.

Assim, HAD foi calculado segundo Waggoner & Berger (1987):

$$HAD = \sum_{i=1}^{n-1} \{ [LAI_i(1-X'_{Ti}) + LAI_{i+1}(1-X'_{Ti+1})] / 2 \} (t_{i+1} - t_i)$$

Os valores de RI (radiação interceptada) em $MJ m^{-2}$ em cada data de avaliação foram calculados como:

$$R_i = I [1 - \exp(-k LAI)]$$

onde I é a média da radiação solar incidente ($MJ m^{-2}$) no período anterior à avaliação; k é o coeficiente de extinção e é igual a 0,7 para o feijoeiro (Miglioranza, 1992). A radiação solar incidente foi obtida em posto meteorológico localizado a menos de 500 metros da área experimental.

Assim, os valores de HRI ($MJ m^{-2}$) para cada data de avaliação foram obtidos pela fórmula:

$HRI = RI(1-X'_T)$ onde X'_T é a severidade virtual total na planta.

Os valores de HAA para cada planta foram calculados como:

$$HAA = \sum_{i=1}^{n-1} I_i \{ [(1-X'_{Ti})(1 - \exp(-k LAI_i)) + (1-X'_{Ti+1})(1 - \exp(-k LAI_{i+1}))] / 2 \} * (t_{i+1} - t_i)$$

A eficiência da área foliar sadia (EAFS) na produção de grãos foi determinada pelo quociente entre produção (g/m^2) e HAD, baseado em Watson

et al. (1963). De maneira análoga, determinou-se o valor médio de RUE para cada tratamento, através do quociente entre produção e HAA.

3.4 Análise dos resultados

As relações entre HAD, HAA, HLAI e HRI e os componentes de produção foram examinados por regressão linear por meio do programa STATISTICA (StatSoft, Tulsa, E.U.A.). A média e o erro padrão dos tratamentos foram calculadas no programa PlotIt (Scientific Programming Enterprises, Haslett, MI).

4 RESULTADOS

4.1 Doença, área foliar e desfolha em plantas inoculadas com *P. griseola* e *C. lindemuthianum*

De maneira geral os sintomas das duas doenças foram mais severos nos experimentos da safra de inverno (R95, I98 e C98) do que nos experimentos da safra das águas (I96, C96 e I97), exceto para a mancha angular que apresentou a maior severidade no experimento I96 (Tabela 1). Para a antracnose, a severidade máxima na planta foi de 9,1% no experimento I98. Neste mesmo experimento a severidade máxima de mancha angular foi de 27,2% (Tabela 1). As menores severidades ocorreram nos experimentos C96 e I97. Constatou-se a ocorrência de sintomas de mancha angular em algumas plantas do tratamento “antracnose” e vice-versa. Mas nos dois casos, houve predominância do patógeno inoculado. A radiação solar média durante o ciclo da cultura (Tabela 1) nos experimentos de 1995 e 1998 (instalados no inverno) foi menor em comparação com aqueles de 1996 e 1997. Nos experimentos da

safra de inverno foram constatadas as maiores reduções na produção, devido à ocorrência de epidemias mais severas provavelmente favorecidas por temperaturas mais amenas e maior precipitação pluviométrica, principalmente no ano de 1998. Assim, as reduções na produção (g/m^2) entre as plantas tratadas com fungicidas e as inoculadas em cada plantio foram de 94,2%, 88,7%, 58,4%, 27,2%, 14,2% e 11,4% para os experimentos C98, I98, R95, I96, I97 e C96.

O estudo da evolução da desfolha foi realizado apenas para os experimentos I97, C98 e I98 nos quais foram numeradas as folhas das plantas marcadas. A baixa severidade observada no experimento I97 (Tabela 1) não permitiu que se observassem diferenças entre o número de folhas caídas nas plantas inoculadas e no controle. Assim, tanto a curva de número de folhas caídas (Fig. 1a) quanto a de porcentagem de desfolha (Fig. 1d) foram semelhantes para os quatro tratamentos e refletiram a senescência natural das folhas. Ao final do ciclo da cultura, a média das porcentagens de desfolha para os quatro tratamentos de I97 foi de 51,32%, valor semelhante ao controle do experimento I98 (51,16%) e um pouco acima do controle do experimento C98 (38,95%).

A alta severidade das duas doenças nos experimentos C98 e I98 resultou em diferenças entre os tratamentos. Apesar do início da desfolha ter ocorrido na mesma data para todos os tratamentos, as plantas inoculadas perderam folhas mais rapidamente que as plantas do controle (Fig. 1b e 1c). A curva do número de folhas caídas iniciou-se com maior intensidade nos tratamentos com mancha angular (M) e com as duas doenças (2D) do cv. Carioca. Nestes dois tratamentos as plantas apresentaram maior número final de folhas caídas que no tratamento com antracnose (A). Isto resultou em curvas de porcentagem de desfolha (Fig. 1e) ligeiramente mais inclinadas. No experimento I98 o número de folhas caídas foi semelhante para os três tratamentos com inoculação, mas a porcentagem de desfolha foi um pouco

maior nas plantas dos tratamentos com mancha angular (M e 2D) que nas plantas com antracnose (A) entre 30 e 60 d.a.s. Aos 54 e 61 d.a.s. os valores médios de porcentagem de desfolha das plantas inoculadas de I98 foram, respectivamente, 5,2 e 4,2 vezes maiores que das plantas do controle, enquanto em C98 estes valores foram de 2,6 e 3,1 vezes maiores, resultando em curvas de desfolha mais acentuadas no cv. Iapar-57 que no cv. Carioca (Fig. 1e,f).

As diferenças na porcentagem de desfolha foram consequência também do número de folhas novas emitidas pelas plantas durante o ciclo da cultura. Assim, enquanto no experimento I97 (Fig. 2a) as plantas dos quatro tratamentos apresentaram o mesmo comportamento, com pico de emissão de folhas entre 50 e 60 d.a.s., no experimento I98 (Fig. 2c) as plantas do controle emitiram maior número de folhas que as inoculadas, com máxima emissão entre 45 e 50 d.a.s. A porcentagem média de emissão de folhas novas pelas plantas inoculadas em relação às do controle, avaliada aos 54 d.a.s., foi de 78% no cv. Carioca e de 23% no cv. Iapar-57. Aos 47 d.a.s. as plantas inoculadas do cv. Iapar-57 emitiram, em média, 51% das folhas emitidas pelas plantas do controle, enquanto aos 41 d.a.s. no cv. Carioca este valor foi de 81%. Em relação aos três tratamentos com inoculação, as plantas do tratamento com mancha angular foram as que apresentaram menor emissão de folhas aos 47 d.a.s. no experimento I98 (Fig. 2c). Em C98 (Fig. 2b), as plantas do tratamento com as duas doenças emitiram o mesmo número de folhas que as do controle tratado com fungicidas, e as plantas inoculadas com antracnose foram aquelas que produziram menos folhas entre 30 e 60 d.a.s.

O balanço entre folhas caídas e emitidas resultou em maior número de folhas nas plantas do controle quando comparadas às plantas inoculadas, nos experimentos C98 (Fig. 2e) e I98 (Fig. 2f). No experimento C98, as plantas inoculadas com as duas doenças retiveram mais folhas entre 55 e 70 d.a.s. que as plantas dos outros dois tratamentos com inoculação, e as

plantas do tratamento com mancha angular apresentaram menos folhas a partir de 61 d.a.s. No experimento I98, as plantas inoculadas com mancha angular apresentaram menor número de folhas durante quase todo o ciclo, enquanto as plantas dos tratamentos com antracnose e as duas doenças apresentaram valores semelhantes. No experimento I97 (Fig. 2d) as plantas dos quatro tratamentos apresentaram comportamentos semelhantes para esta variável e o número máximo de folhas nas plantas (média de 21,3 folhas aos 63 d.a.s.) foi bastante semelhante ao controle do experimento I98 (23,9 folhas aos 61 d.a.s.).

No experimento I98 (Fig. 3c), o tamanho médio (cm^2) das folhas presentes durante o ciclo da cultura nas plantas inoculadas foi diferente das do controle com fungicidas a partir de 30 d.a.s. Observou-se também, que o tamanho médio das folhas em plantas do tratamento com mancha angular foi menor que dos demais tratamentos a partir dos 61 d.a.s. No experimento C98 (Fig. 3b) observou-se diferença entre o controle e os tratamentos inoculados apenas após 54 d.a.s. Por outro lado, os três tratamentos com inoculação mostraram curvas semelhantes de área média de folhas. Em C98 as reduções médias no tamanho das folhas das plantas inoculadas em relação ao controle foram de 32% e 41% aos 61 e 68 d.a.s., enquanto na mesma época estas reduções foram de 63% e 65% no I98. No experimento I97 (Fig. 3a) observou-se maior tamanho médio das folhas nas plantas do tratamento com fungicidas somente entre 40 e 61 d.a.s., enquanto os demais tratamentos apresentaram valores semelhantes entre si.

Para estudar a relação entre a queda de folhas doentes e o tamanho médio das folhas que ficaram na planta durante o ciclo da cultura foram feitas regressões entre porcentagem de desfolha e tamanho médio de folhas. No experimento C98 estas regressões foram significativas ($p < 0,001$) a partir de 61 d.a.s., com coeficientes de correlação (r) entre -0,52 (aos 61 d.a.s.)

e -0,90 (82 d.a.s.). Para o experimento I98 as regressões foram significativas a partir de 47 d.a.s. com r entre -0,45 (54 d.a.s.) e -0,84 (75 d.a.s.).

Diferenças foram observadas entre as curvas de HLAI das plantas inoculadas e do controle nos experimentos C98 (Fig. 4b) e I98 (Fig. 4c). Neste último experimento as plantas do tratamento com mancha angular apresentaram valores de HLAI menores que as plantas dos tratamentos com antracnose e com as duas doenças, a partir de 30 d.a.s. Em 1998 as plantas do cv. Iapar-57 apresentaram reduções em HLAI nos tratamentos com mancha angular, com antracnose e com as duas doenças de, respectivamente, 91%, 78% e 78% aos 54 d.a.s. Nas plantas do cv. Carioca, aos 61 d.a.s., as reduções foram da ordem de 67%, 60% e 57%, respectivamente, para os mesmos tratamentos. Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos foram bastante semelhantes entre si no experimento I97 (Fig. 4a). Neste caso, as plantas dos tratamentos com mancha angular, com antracnose e com as duas doenças apresentaram, aos 63 d.a.s., reduções em HLAI de aproximadamente 17%, 12% e 16%. As curvas de HRI em função do tempo apresentaram o mesmo comportamento que as curvas de HLAI nos três experimentos (Figs. 4d,e,f). A semelhança entre os tratamentos no experimento I97 foi função da baixa severidade (Fig. 4g). Nos experimentos C98 e I98, observaram-se diferenças para severidade virtual entre os tratamentos a partir de 40 d.a.s. (Fig. 4h) e 30 d.a.s. (Fig. 4i), respectivamente. Para verificar o efeito da severidade virtual sobre HLAI, foram feitas regressões múltiplas entre HLAI (variável dependente) e número de folhas, tamanho médio de folhas e severidade virtual (variáveis independentes) em diferentes datas para os experimentos I98 e C98. Constatou-se que o número de folhas foi a variável que mais se correlacionou com HLAI, estando em segundo lugar o tamanho médio de folhas.

4.2 Relações entre AUDPC, HAD, HAA e componentes de produção

Os experimentos I98, C98, I96 e R95 apresentaram os maiores valores de AUDPC (Figura 5). Para esses experimentos, a média dos três tratamentos com inoculação foi de 7,18, 4,43, 3,38 e 1,81, respectivamente. Não houve uma mesma tendência para todos os experimentos que caracterizasse os três tratamentos com inoculação. As plantas que receberam inoculação com os dois patógenos não apresentaram severidades mais elevadas do que as plantas inoculadas com apenas um dos patógenos. Na maioria dos experimentos, a AUDPC das plantas inoculadas com os dois patógenos não superou a AUDPC das plantas inoculadas com um dos patógenos isoladamente (Figura 5).

Os maiores valores de HAD (Figura 6) no controle foram obtidos nos experimentos da safra de inverno (I98, C98 e R95), o que indica que as condições foram provavelmente mais favoráveis à cultura nesta safra em comparação com a safra das águas. No que se refere a HAA (Figura 7), o aumento na radiação solar na safra das águas resultou em diminuição das diferenças entre as safras ou mesmo inversão de tendência para esta variável, quando comparada com HAD. Comparando-se os tratamentos inoculados com o controle, os experimentos com maiores valores de AUDPC (I98, C98, I96 e R95) apresentaram maiores reduções em HAD, HAA e produção (Figura 8). Assim, a redução em HAD, quando comparado o controle com a média dos três tratamentos com inoculação nos experimentos I98, C98, I96 e R95, foi de respectivamente, 77,5%, 55,3%, 19,9% e 30,2%. A redução em HAA entre os dois grupos de plantas para os mesmos experimentos foi de 60,3%, 37,6%, 17,9% e 14,8%, respectivamente.

Considerando-se separadamente os três tratamentos com inoculação, no experimento I98 as plantas inoculadas com mancha angular

apresentaram os menores valores de HAD, HAA e produção, com reduções em relação ao controle de 85%, 70% e 96% nestas variáveis. As plantas dos tratamentos com antracnose e as duas doenças apresentaram reduções de 73% e 74% em HAD, 55% e 56% em HAA e 87% e 83% na produção, respectivamente. No experimento C98 as plantas inoculadas com mancha angular, com antracnose e com as duas doenças tiveram reduções em relação às plantas do controle de 57%, 58% e 51% em HAD, 40%, 39% e 33% em HAA e 96%, 93% e 93% na produção. No experimento R95 as inoculações com mancha angular, com antracnose e com as duas doenças causaram reduções de 23%, 36% e 32% em HAD; 12%, 16% e 16% em HAA; 46%, 75% e 59% na produção. No experimento I96, as reduções causadas pela inoculação com mancha angular, com antracnose e com as duas doenças foram de respectivamente 26%, 23% e 16% em HAD; 20%, 19% e 16% em HAA; 42%, 33% e 17% na produção. Nos experimentos C96 e I97 os três tratamentos com inoculação apresentaram efeitos semelhantes, com pequenas diferenças em relação ao controle. Nos experimentos com maiores valores de AUDPC (I98, C98, I96 e R95), as diferenças nas variáveis HAD e HAA entre as plantas do controle e as inoculadas foram sempre menores que as diferenças na produção.

O cv. Rosinha apresentou, para o tratamento controle, o menor valor de eficiência de área foliar sadia (EAFS=0,93) em comparação com os outros cultivares (Figura 9). Nos demais experimentos os valores de EAFS no controle variaram entre 2,44 (I98) e 3,08 (I96). As maiores reduções nesta variável entre as plantas inoculadas e as do controle ocorreram nos experimentos C98, I98 e R95, com valores de respectivamente 87%, 68%, e 39%. Nos experimentos com baixa severidade (C96 e I97) os valores de EAFS entre os dois grupos foram semelhantes. Considerando-se os três tratamentos com inoculação separadamente, as reduções na EAFS das plantas dos tratamentos com mancha angular, com antracnose e com as duas doenças em

relação às plantas do controle foram de 81%, 67% e 55% no experimento I98 e de 91%, 86% e 86% no experimento C98. Nos experimentos R95 e I96 estas reduções foram de 26%, 63% e 37% e de 23%, 16% e 4%, respectivamente.

As plantas dos experimentos C98 e I98, que apresentaram alta severidade das doenças, tiveram as maiores reduções na eficiência do uso da radiação (RUE) quando comparadas às plantas do controle (Figura 10). Nos experimentos C96 e I97 os valores de RUE foram semelhantes para os quatro tratamentos. Comparando-se os controles dos três cultivares, as plantas do cv. Rosinha apresentaram o menor valor de RUE. As maiores diferenças entre o controle e a média dos três tratamentos com inoculação foram encontradas em C98, I98 e R95 com reduções médias de 91%, 80% e 50%, respectivamente. No experimento I98, as reduções em RUE nas plantas dos tratamentos com mancha angular, com antracnose e com as duas doenças foram de 90%, 79% e 72%, respectivamente. No experimento C98 estes valores foram semelhantes para os três tratamentos, e da ordem de 98%, 97% e 97%. No experimento R95 e I96 as reduções em RUE para os três tratamentos em relação ao controle foram de 37%, 70% e 50%; 29%, 20% e 4%, respectivamente. Assim, não houve, para estas variáveis, um comportamento constante dos três tratamentos com inoculação, nem se observou comportamento diferenciado das plantas inoculadas com os dois patógenos daquelas inoculadas com qualquer um deles separadamente.

A similaridade entre os tratamentos com inoculação foi investigada analisando-se HAD e HAA "versus" os componentes de produção para os cultivares Carioca e Iapar-57 nos experimentos conduzidos em 1998 (Figuras 11 e 12) que apresentaram as maiores severidades. Observou-se que para os dois cultivares, as plantas inoculadas comportaram-se de maneira semelhante independentemente de se inocular cada patógeno separadamente ou em conjunto.

As plantas individuais de cada experimento foram analisadas através de regressões lineares entre os componentes de produção e variáveis de doença e de área foliar sadia. Os valores de severidade não apresentaram correlação com os componentes de produção nas diferentes datas de avaliação, para os seis ensaios. Procurou-se então determinar a existência de possíveis correlações entre AUDPC e os componentes de produção. Para tanto, utilizou-se também os valores normalizados de AUDPC, ou seja, dividiu-se os valores totais da variável pelo número de dias entre a primeira e a última avaliação, em cada experimento. Não houve correlação entre os componentes de produção e AUDPC (Figura 13) ou os valores normalizados de AUDPC (AUDPC_n) para os seis experimentos (Figura 14).

A duração da área foliar sadia (HAD) apresentou correlação ($p < 0,001$) com os componentes de produção (Tabela 2) para os seis experimentos. Os coeficientes de determinação (R^2) variaram entre 0,62 e 0,90 para produção (g/m^2), 0,57 e 0,87 para número de sementes/ m^2 e entre 0,36 e 0,78 para número de vagens/ m^2 . Os três componentes de produção analisados aumentaram linearmente com o aumento de HAD (Figura 15). No entanto, os coeficientes angulares das equações de regressão de alguns experimentos foram significativamente diferentes entre si ($t \leq 0,05$), o que não permitiu o estabelecimento de uma única equação que representasse todos os ensaios, nem o agrupamento dos mesmos segundo cultivar ou safra. Os mesmos resultados foram observados entre os valores normalizados de duração da área foliar sadia (HAD_n) e os componentes de produção (Tabela 3 e Figura 16).

As regressões lineares entre absorção da área foliar sadia (HAA) e os componentes de produção foram significativas ($p < 0,001$) e também apresentaram valores relativamente altos de coeficiente de determinação (R^2) para os seis experimentos (Tabela 4). Estes valores situaram-se entre 0,59 e 0,85 para produção (g/m^2), 0,59 e 0,88 para número de sementes/ m^2 e 0,42 e 0,84 para número de vagens/ m^2 . Em alguns casos o modelo exponencial

também poderia ser ajustado aos dados (Figura 17), mas este foi preterido uma vez que na maioria das regressões o modelo linear apresentou maiores valores de coeficiente de determinação e melhor distribuição de resíduos. Os coeficientes angulares das equações de regressão de alguns experimentos foram significativamente diferentes ($t \leq 0,05$), o que não permitiu o estabelecimento de uma única equação que representasse todos os ensaios, ou o agrupamento dos mesmos segundo cultivar ou safra. Os mesmos resultados foram observados entre os valores normalizados da absorção da área foliar sadia (HAA_n) e os componentes de produção (Tabela 5 e Figura 18).

As relações entre HLAI e HRI e produção em diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro foram estabelecidas através de regressões lineares para cada experimento (dados não mostrados), e os coeficientes angulares destas regressões também foram comparados entre si ($t \leq 0,05$). Comparando-se os experimentos nas diferentes fases do ciclo da cultura, encontraram-se diferenças significativas entre alguns experimentos para um mesmo estágio de desenvolvimento. Deste modo não foi possível a estimativa de um limiar de dano para a cultura, independentemente do cultivar, safra ou ano.

Tabela 1. Radiação solar (MJ m^{-2} dia) e severidade visual máxima (%) de antracnose e mancha angular em 6 experimentos conduzidos em Londrina - PR.

	Radiação (MJ m^{-2} dia)		Severidade visual máxima (%)	
	média	(\pm erro)	antracnose	mancha angular
R95	12,3	($\pm 0,63$)	6,8	13,9
C96	15,6	($\pm 0,73$)	1,3	3,3
I96	16,1	($\pm 0,94$)	2,8	30,0
I97	14,6	($\pm 0,84$)	0,8	0,9
C98	11,4	($\pm 0,38$)	5,0	20,0
I98	11,4	($\pm 0,38$)	9,1	27,2

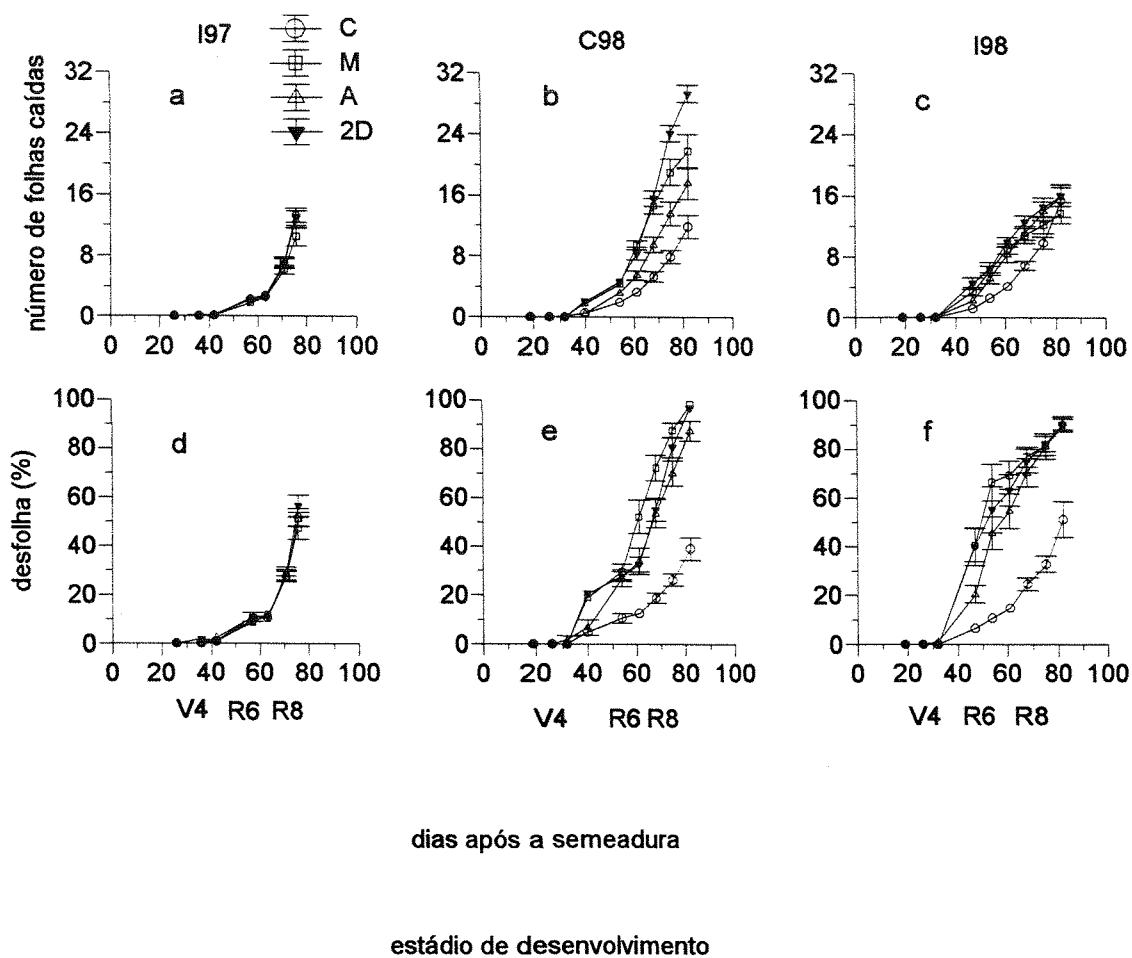


Figura 1. Médias do número de folhas caídas e desfolha (%) em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a, d = cv. lapar-57 semeado em 1997; b, e = cv. Carioca semeado em 1998; c, f = cv. lapar-57 semeado em 1998.

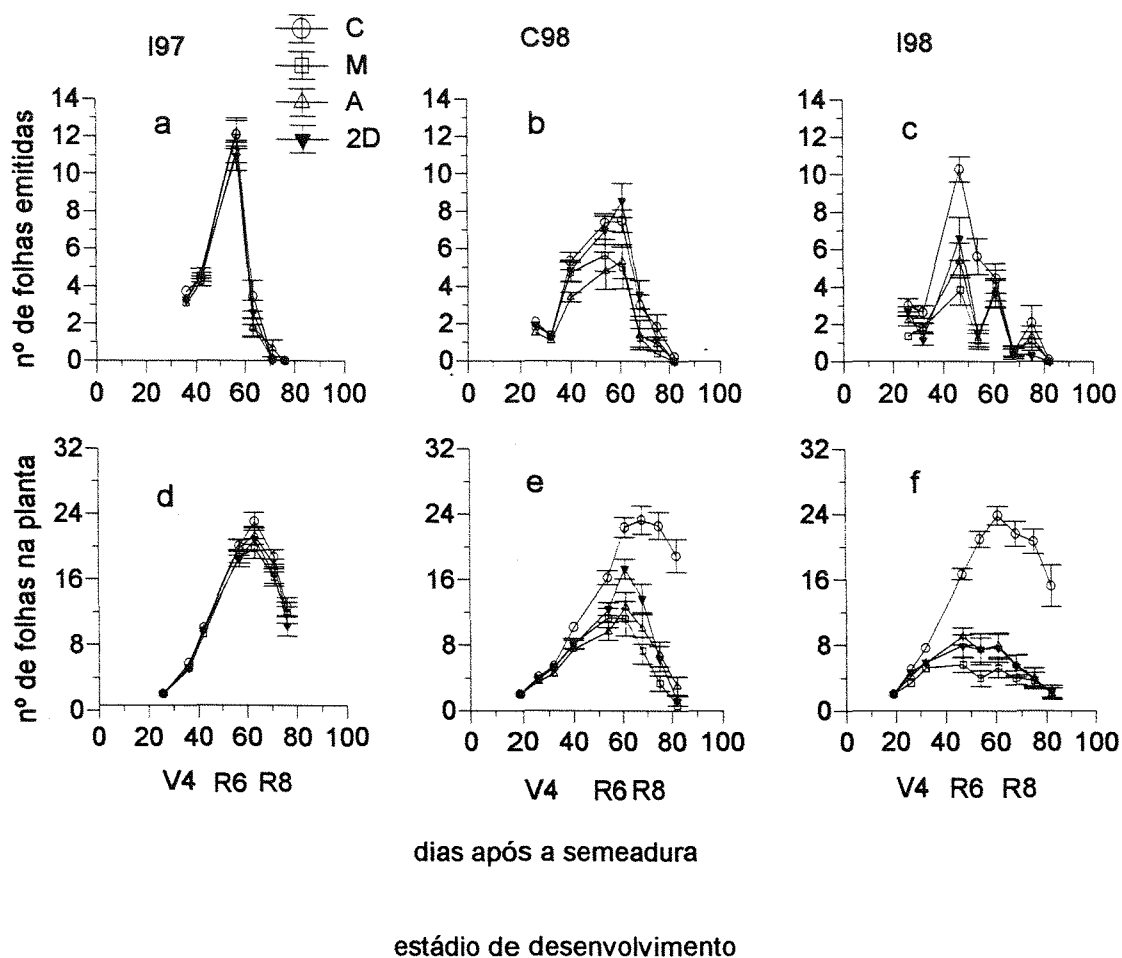


Figura 2. Médias do número de folhas emitidas e do número de folhas na planta em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a, d = cv. lapar-57 semeado em 1997; b, e = cv. Carioca semeado em 1998; c, f = cv. lapar-57 semeado em 1998.

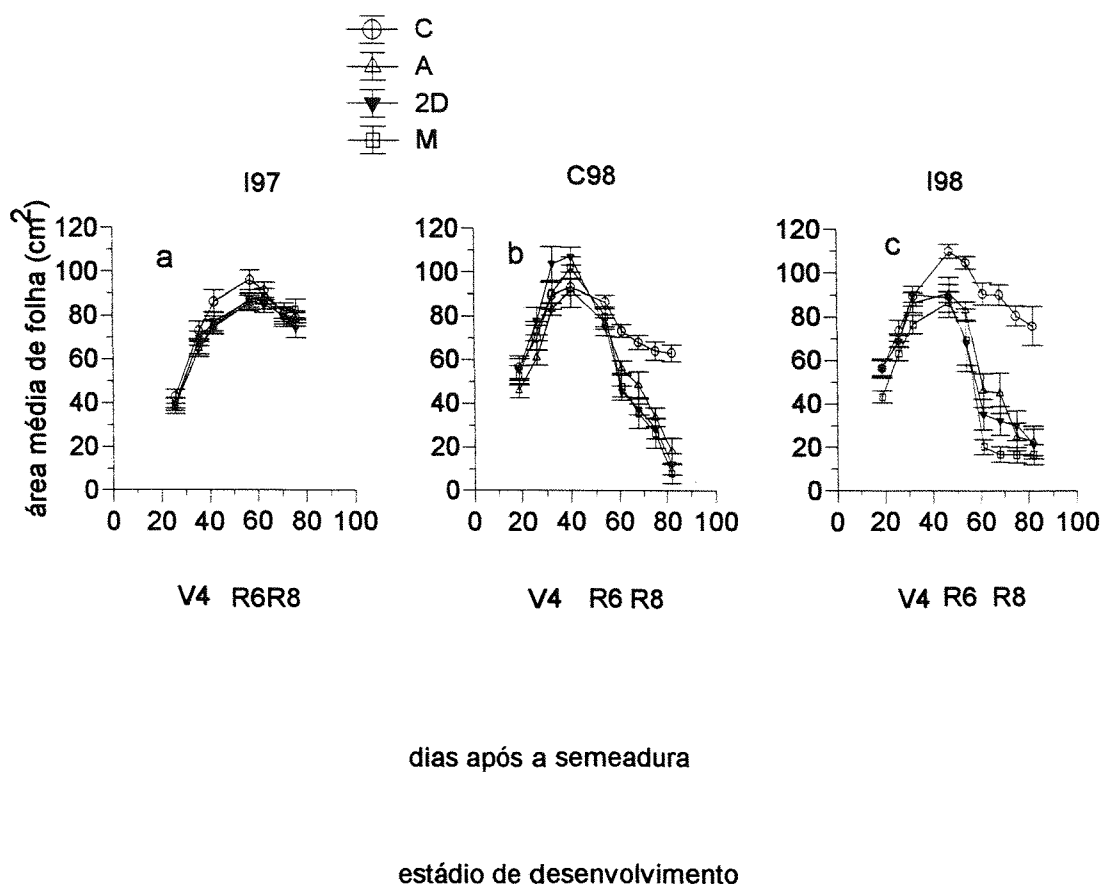


Figura 3. Área média das folhas (cm^2) em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a = cv. Iapar-57 semeado em 1997; b = cv. Carioca semeado em 1998; c = cv. Iapar-57 semeado em 1998.

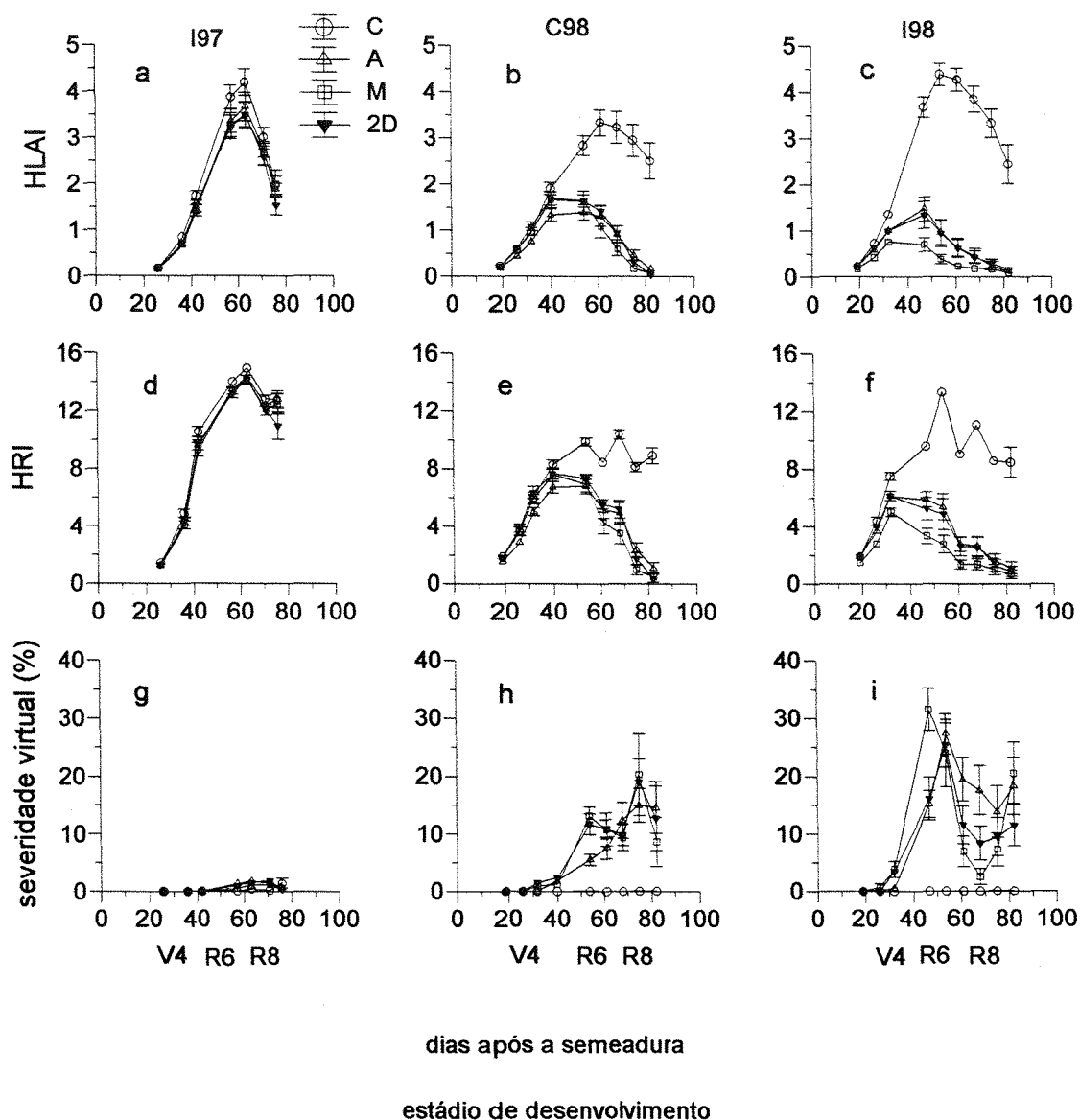


Figura 4. Índice de área foliar sadia (HLAI), absorção da área foliar sadia (HRI) e severidade virtual (%) em função do tempo de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. Letras a, d, g = cv. Iapar-57 semeado em 1997; b, e, h = cv. Carioca semeado em 1998; c, f, i = cv. Iapar-57 semeado em 1998.

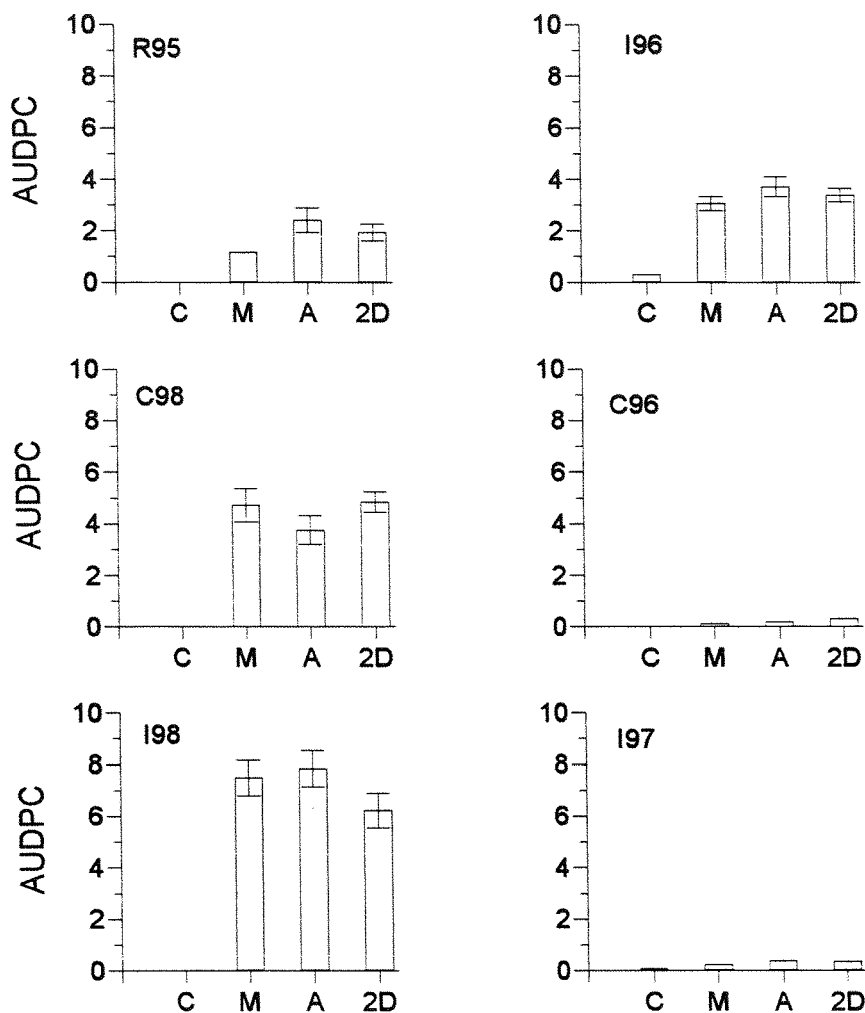


Figura 5. Médias de área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

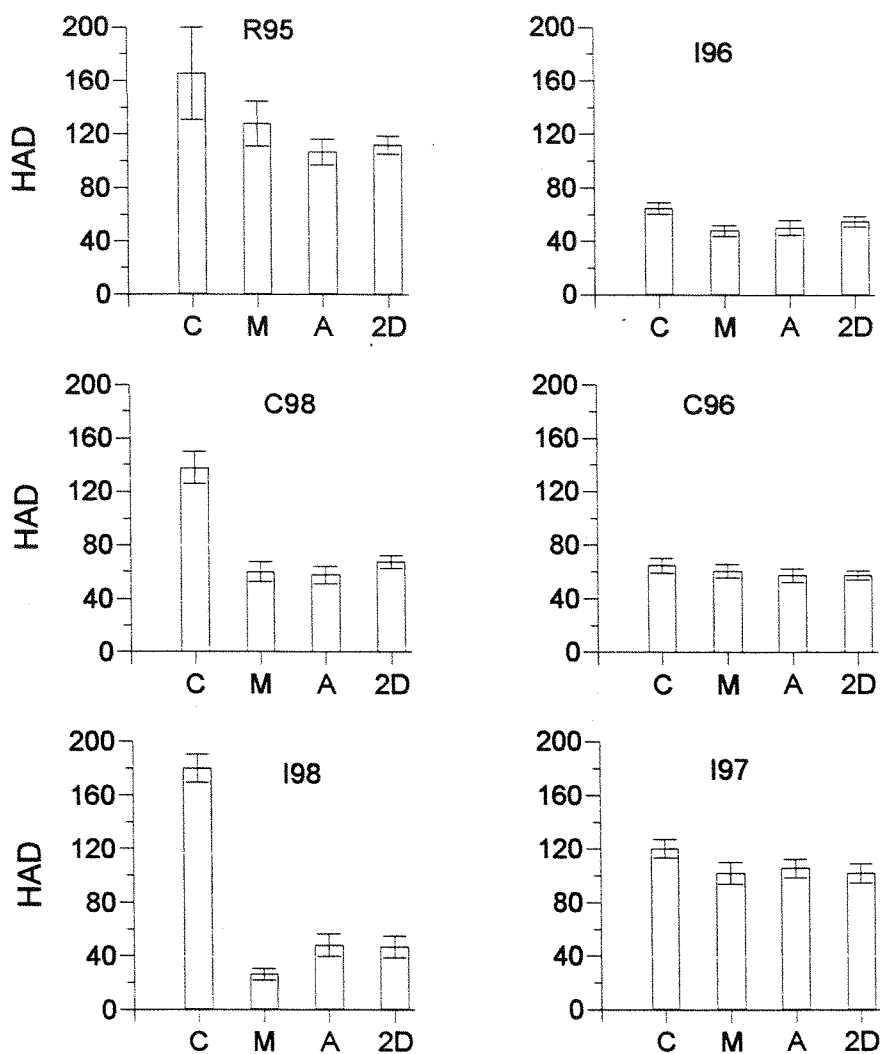


Figura 6. Médias de HAD de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

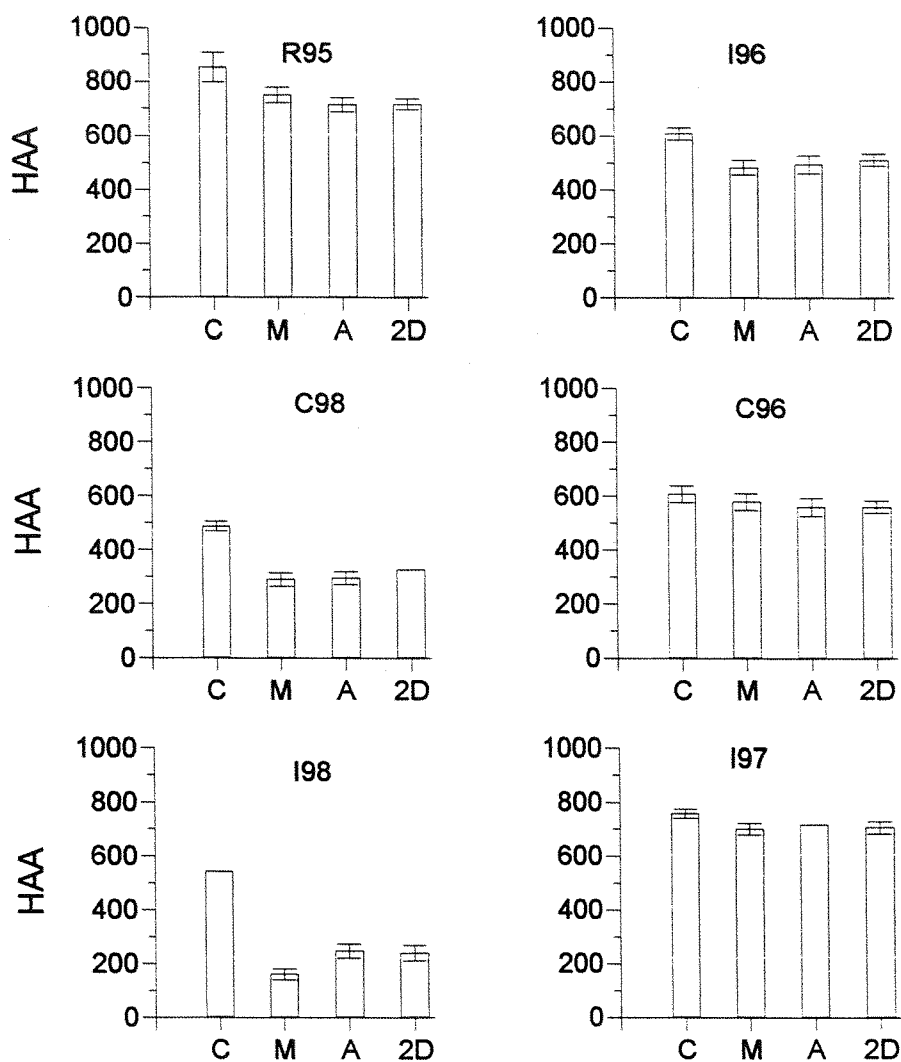


Figura 7. Médias de HAA de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

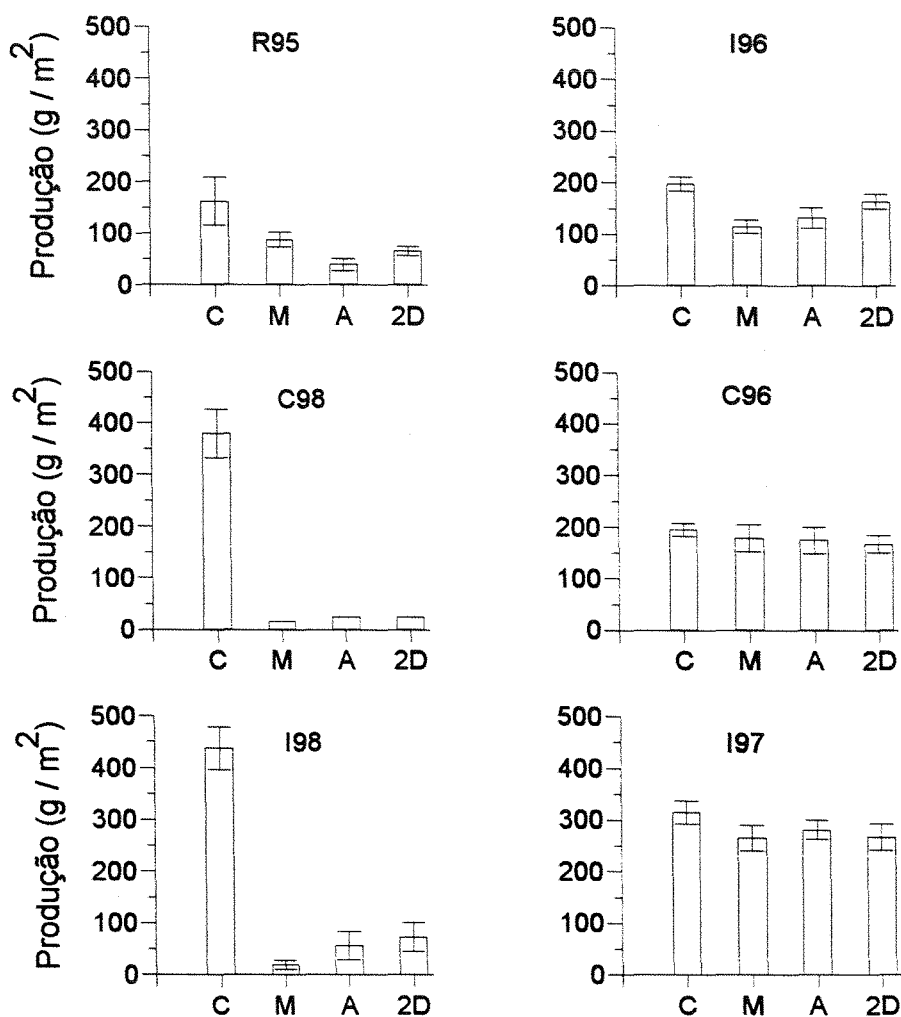


Figura 8. Médias de produção (g/m^2) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

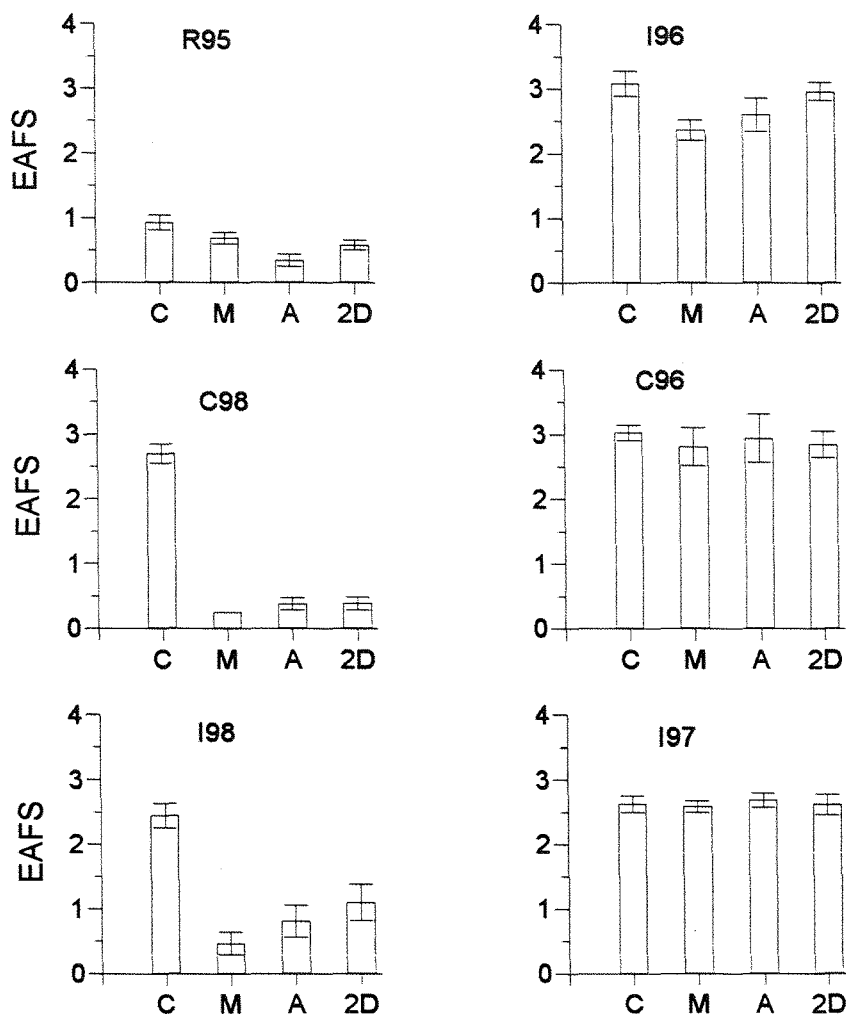


Figura 9. Médias de eficiência de área foliar sadia (EAFS) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

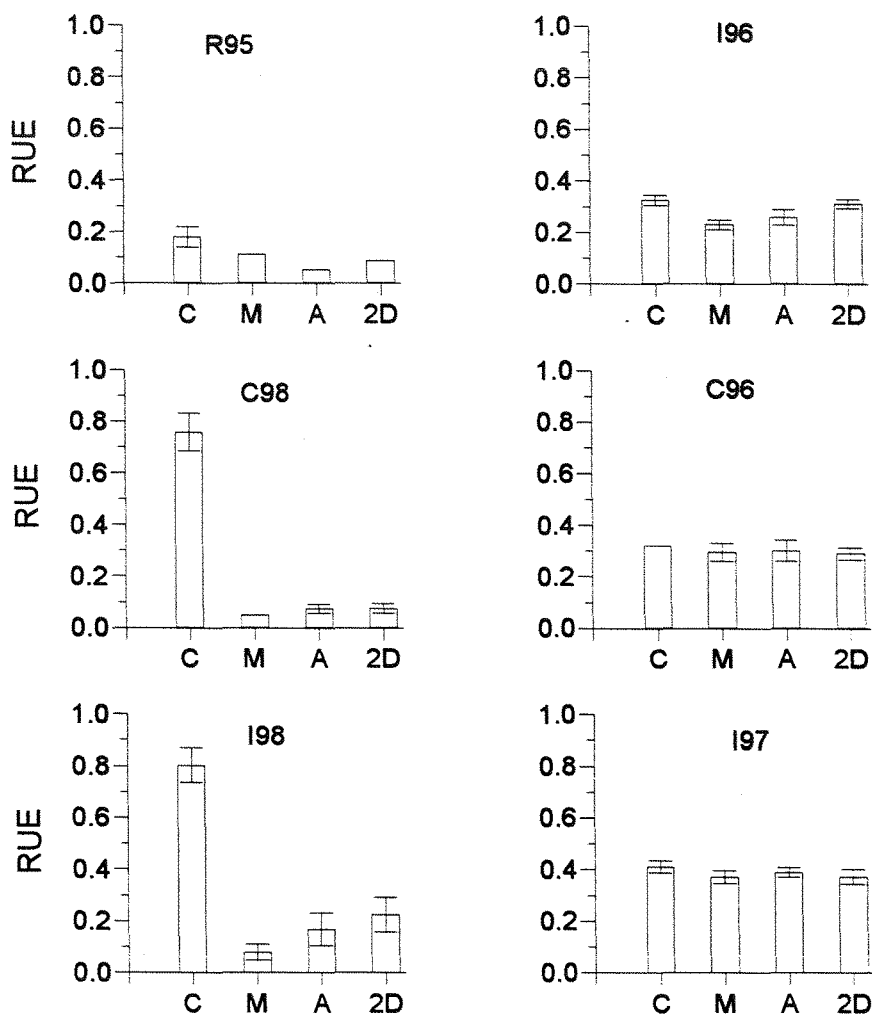


Figura 10. Médias de eficiência do uso da radiação (RUE) de quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas. R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; 196, 197, 198 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

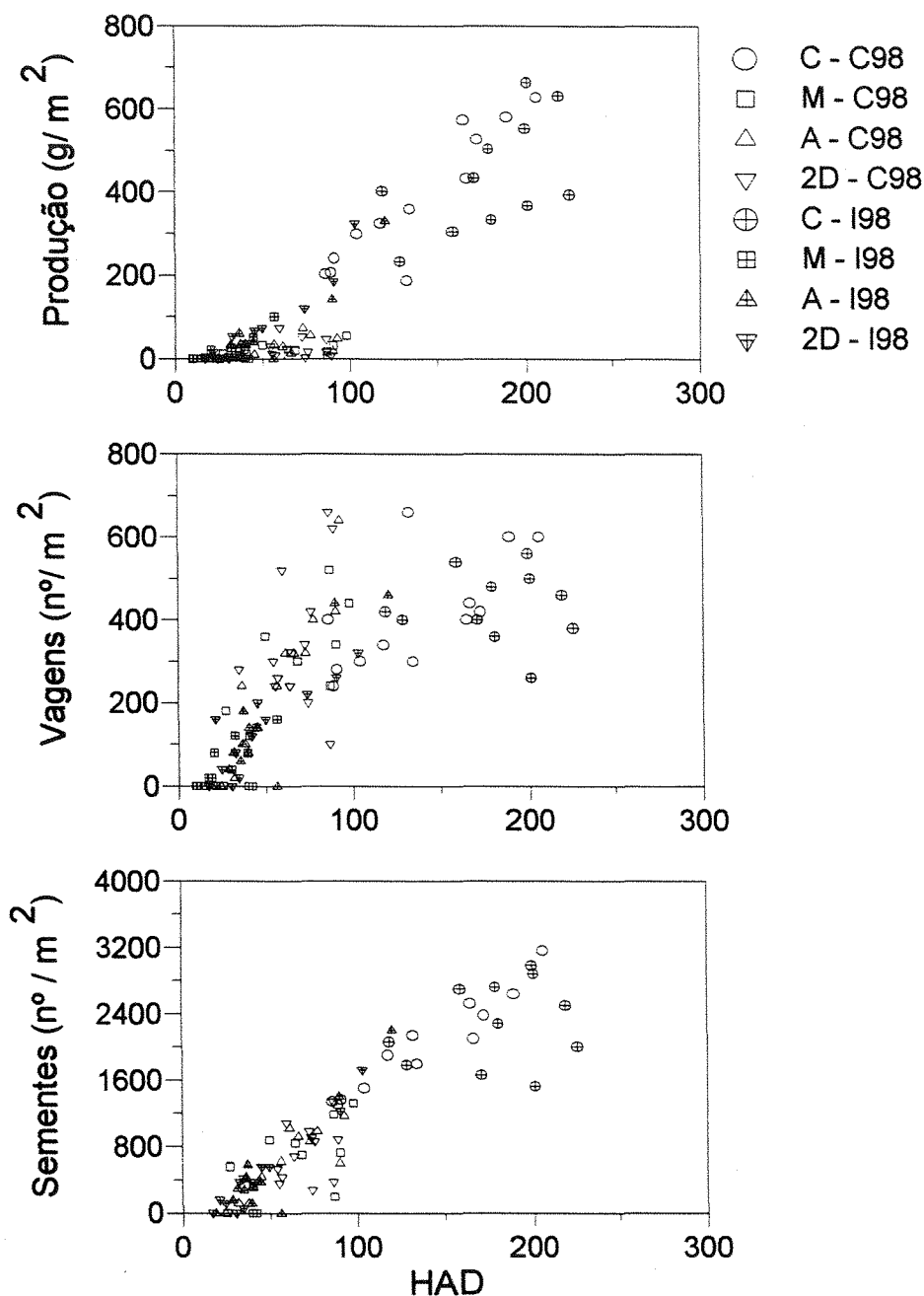


Figura 11. Produção, nº de vagens e de sementes por m^2 versus HAD para quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas dos experimentos C98 = cv. Carioca e I98 = cv. Iapar-57 semeados em 1998.

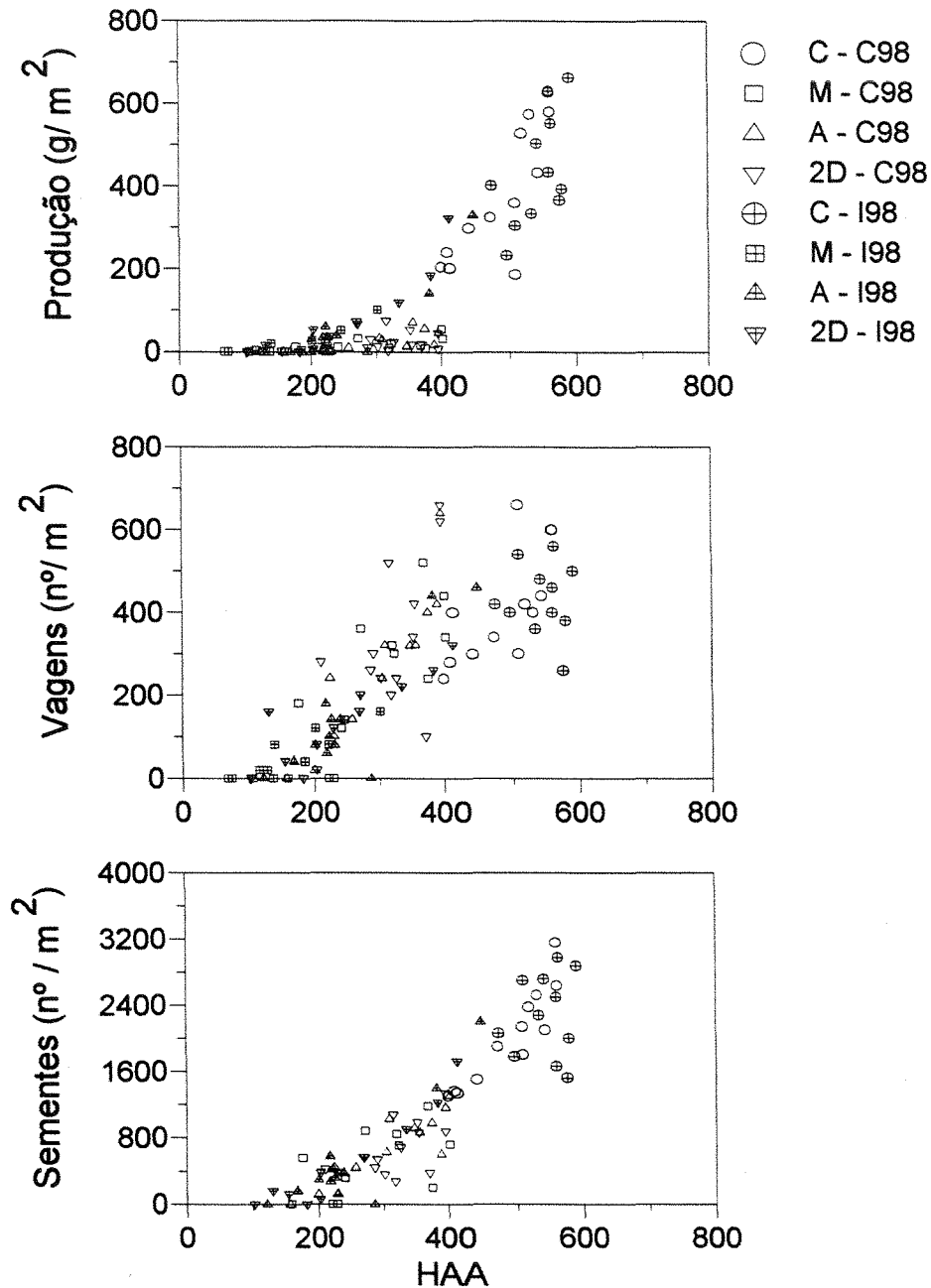


Figura 12. Produção, nº de vagens e de sementes por m² versus HAA para quatro grupos de plantas: M = plantas inoculadas com *P. griseola*; A = plantas inoculadas com *C. lindemuthianum*; 2D = plantas inoculadas com os dois patógenos; C = plantas não inoculadas e tratadas com fungicidas dos experimentos C98 = cv. Carioca e I98 = cv. Iapar-57 semeados em 1998.

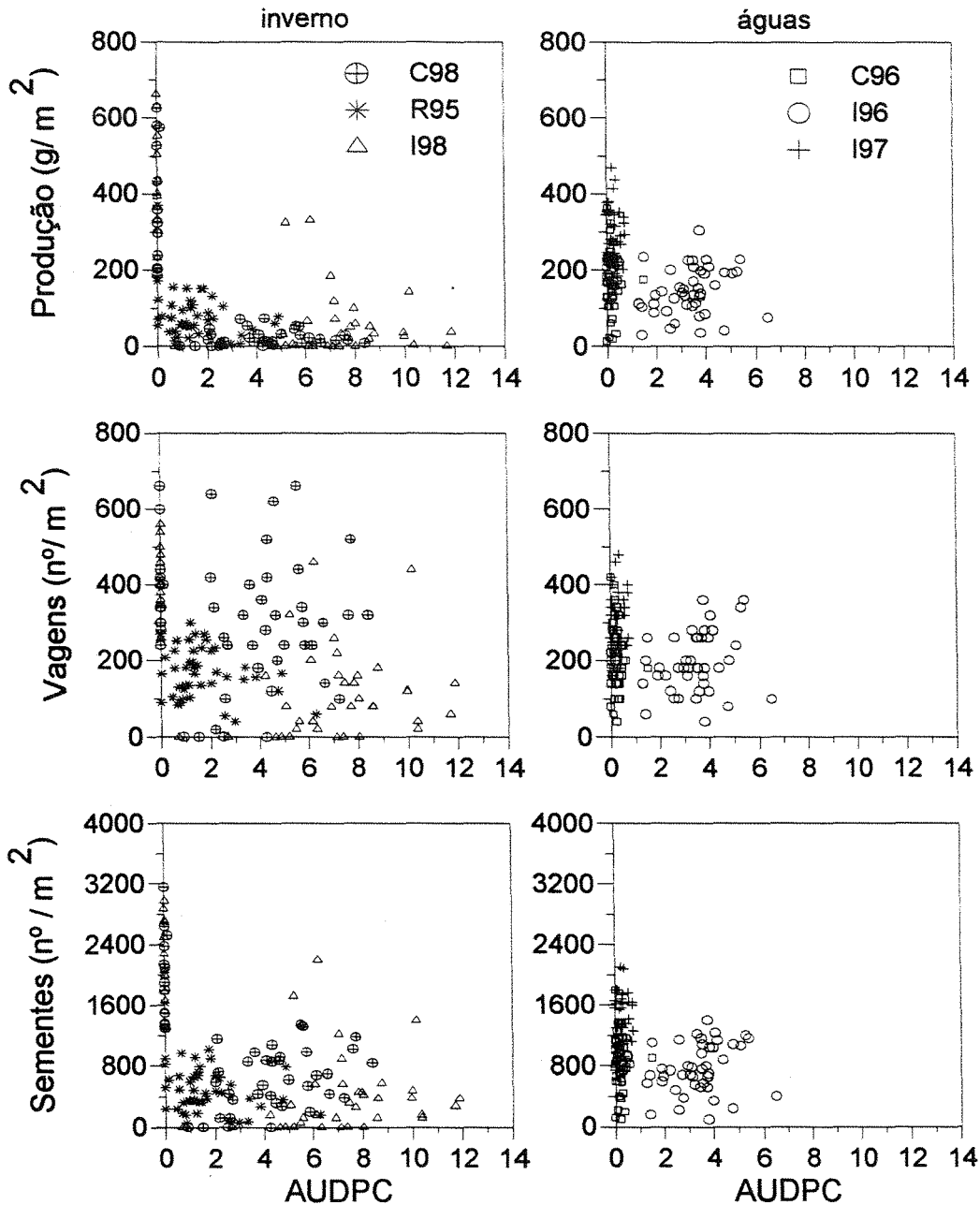


Figura 13. Produção, número de vagens e de sementes por m² versus AUDPC para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

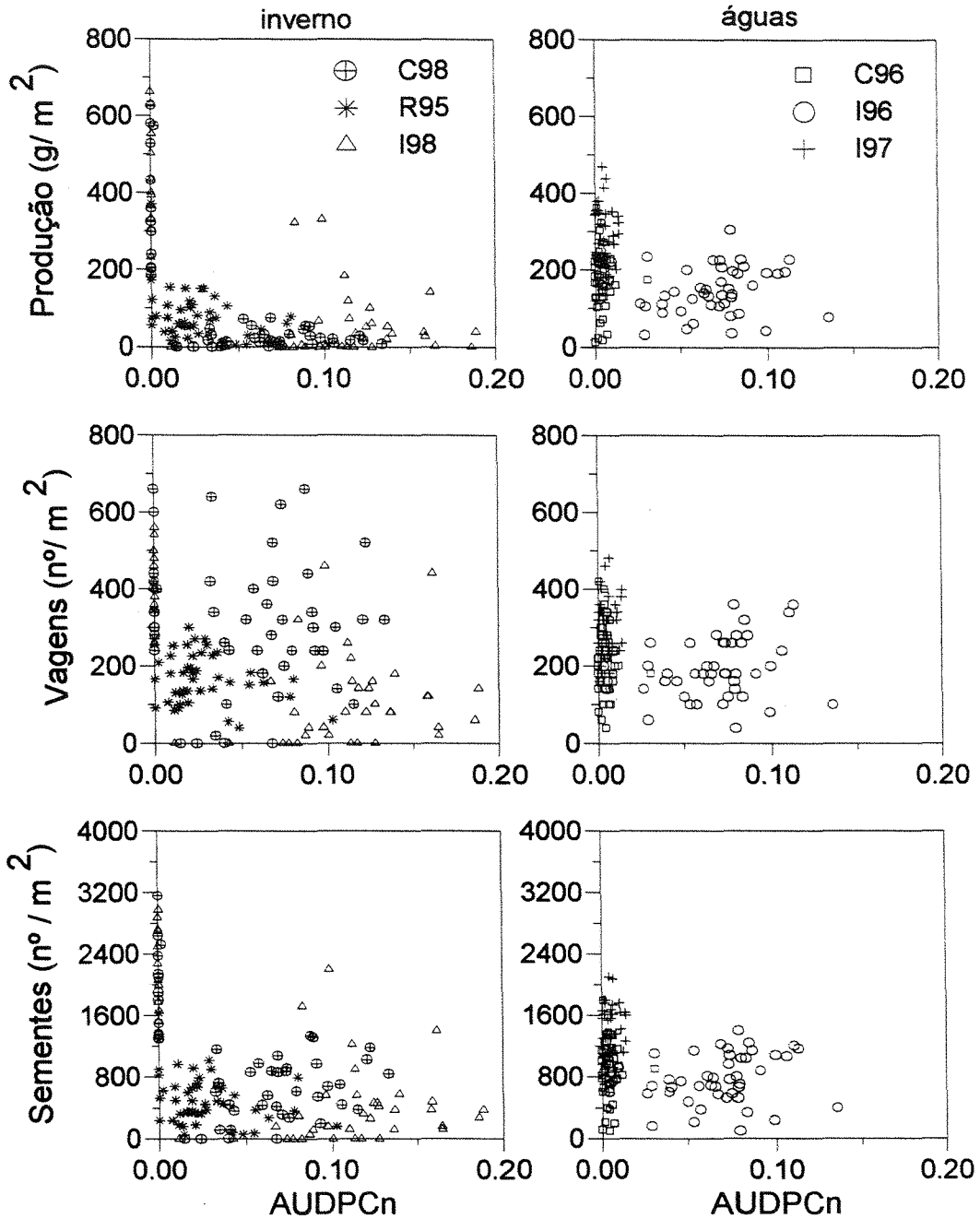


Figura 14. Produção, número de vagens e de sementes por m² versus AUDPC normalizada para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

Tabela 2. Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y = a + bx$) entre HAD e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.

experimento	HAD		
	a	b	R ₂
Produção (g/m²)			
ROSINHA (95)	-46,43 ($\pm 16,04$)	1,04 ($\pm 0,12$)	0,62
IAPAR-57 (96)	-21,46 ($\pm 15,87$)	3,22 ($\pm 0,28$)	0,73
CARIOCA (96)	-51,75 ($\pm 24,90$)	3,85 ($\pm 0,41$)	0,66
IAPAR-57 (97)	-8,51 ($\pm 26,80$)	2,70 ($\pm 0,24$)	0,75
IAPAR-57 (98)	-61,65 ($\pm 13,34$)	2,77 ($\pm 0,14$)	0,90
CARIOCA (98)	-183,12 ($\pm 24,42$)	3,66 ($\pm 0,27$)	0,80
Sementes (n^o/m²)			
ROSINHA (95)	-104,03 ($\pm 88,46$)	5,16 ($\pm 0,68$)	0,57
IAPAR-57 (96)	-58,42 ($\pm 87,55$)	15,61 ($\pm 1,57$)	0,68
CARIOCA (96)	-202,92 ($\pm 120,98$)	18,64 ($\pm 1,99$)	0,66
IAPAR-57 (97)	169,02 ($\pm 127,83$)	11,31 ($\pm 1,16$)	0,69
IAPAR-57 (98)	-147,32 ($\pm 75,48$)	13,48 ($\pm 0,77$)	0,87
CARIOCA (98)	-332,16 ($\pm 89,57$)	16,13 ($\pm 0,98$)	0,85
Vagens (n^o/m²)			
ROSINHA (95)	73,18 ($\pm 22,73$)	0,86 ($\pm 0,17$)	0,36
IAPAR-57 (96)	-4,34 ($\pm 22,84$)	3,67 ($\pm 0,41$)	0,63
CARIOCA (96)	-0,07 ($\pm 33,64$)	3,72 ($\pm 0,55$)	0,50
IAPAR-57 (97)	80,56 ($\pm 33,96$)	2,11 ($\pm 0,31$)	0,53
IAPAR-57 (98)	12,42 ($\pm 18,17$)	2,37 ($\pm 0,19$)	0,78
CARIOCA (98)	101,12 ($\pm 42,34$)	2,66 ($\pm 0,46$)	0,42

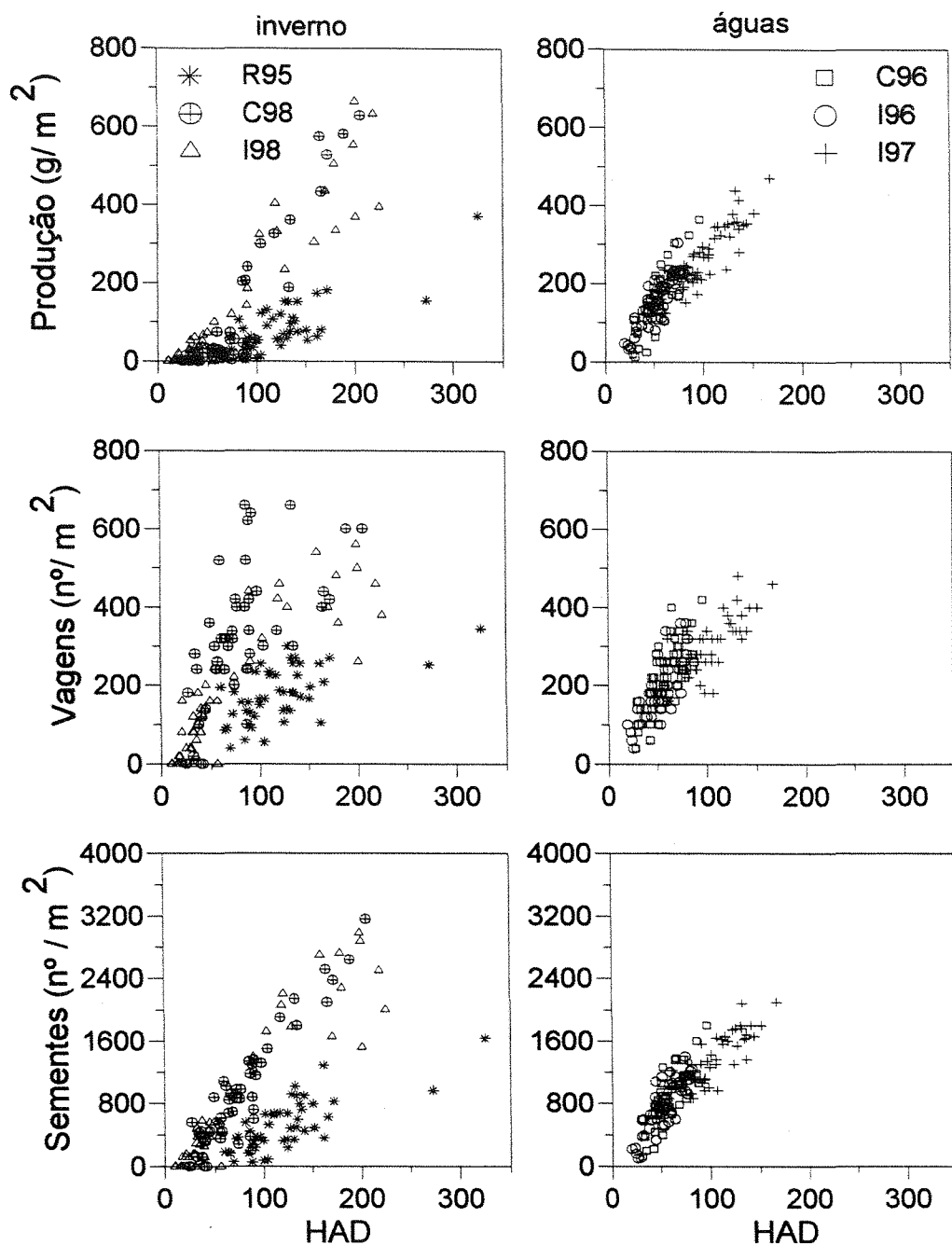


Figura 15. Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAD para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

Tabela 3. Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y = a + bx$) entre HAD_N e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.

experimento	HAD_N		
	a	b	R_2
Produção (g/m^2)			
ROSINHA (95)	-46,43 ($\pm 16,04$)	63,50 ($\pm 7,50$)	0,62
IAPAR-57 (96)	-21,46 ($\pm 15,87$)	154,58 ($\pm 13,71$)	0,73
CARIOCA (96)	-51,75 ($\pm 24,90$)	184,64 ($\pm 19,64$)	0,66
IAPAR-57 (97)	-8,51 ($\pm 26,80$)	135,19 ($\pm 12,18$)	0,75
IAPAR-57 (98)	-61,65 ($\pm 13,34$)	174,18 ($\pm 8,59$)	0,90
CARIOCA (98)	-183,12 ($\pm 24,42$)	230,59 ($\pm 16,89$)	0,80
Sementes (n°/m^2)			
ROSINHA (95)	-104,03 ($\pm 88,46$)	314,56 ($\pm 41,35$)	0,57
IAPAR-57 (96)	-58,42 ($\pm 87,55$)	749,35 ($\pm 75,63$)	0,68
CARIOCA (96)	-202,92 ($\pm 120,98$)	894,56 ($\pm 95,41$)	0,66
IAPAR-57 (97)	169,02 ($\pm 127,83$)	565,48 ($\pm 58,08$)	0,69
IAPAR-57 (98)	-147,32 ($\pm 75,48$)	849,42 ($\pm 48,59$)	0,87
CARIOCA (98)	-332,16 ($\pm 89,57$)	1016,24 ($\pm 61,93$)	0,85
Vagens (n°/m^2)			
ROSINHA (95)	73,18 ($\pm 22,73$)	52,35 ($\pm 10,62$)	0,36
IAPAR-57 (96)	-4,34 ($\pm 22,84$)	176,37 ($\pm 19,74$)	0,63
CARIOCA (96)	-0,07 ($\pm 33,64$)	178,43 ($\pm 26,53$)	0,50
IAPAR-57 (97)	80,56 ($\pm 33,96$)	105,36 ($\pm 15,43$)	0,53
IAPAR-57 (98)	12,42 ($\pm 18,17$)	149,32 ($\pm 11,70$)	0,78
CARIOCA (98)	101,12 ($\pm 42,34$)	167,73 ($\pm 29,28$)	0,42

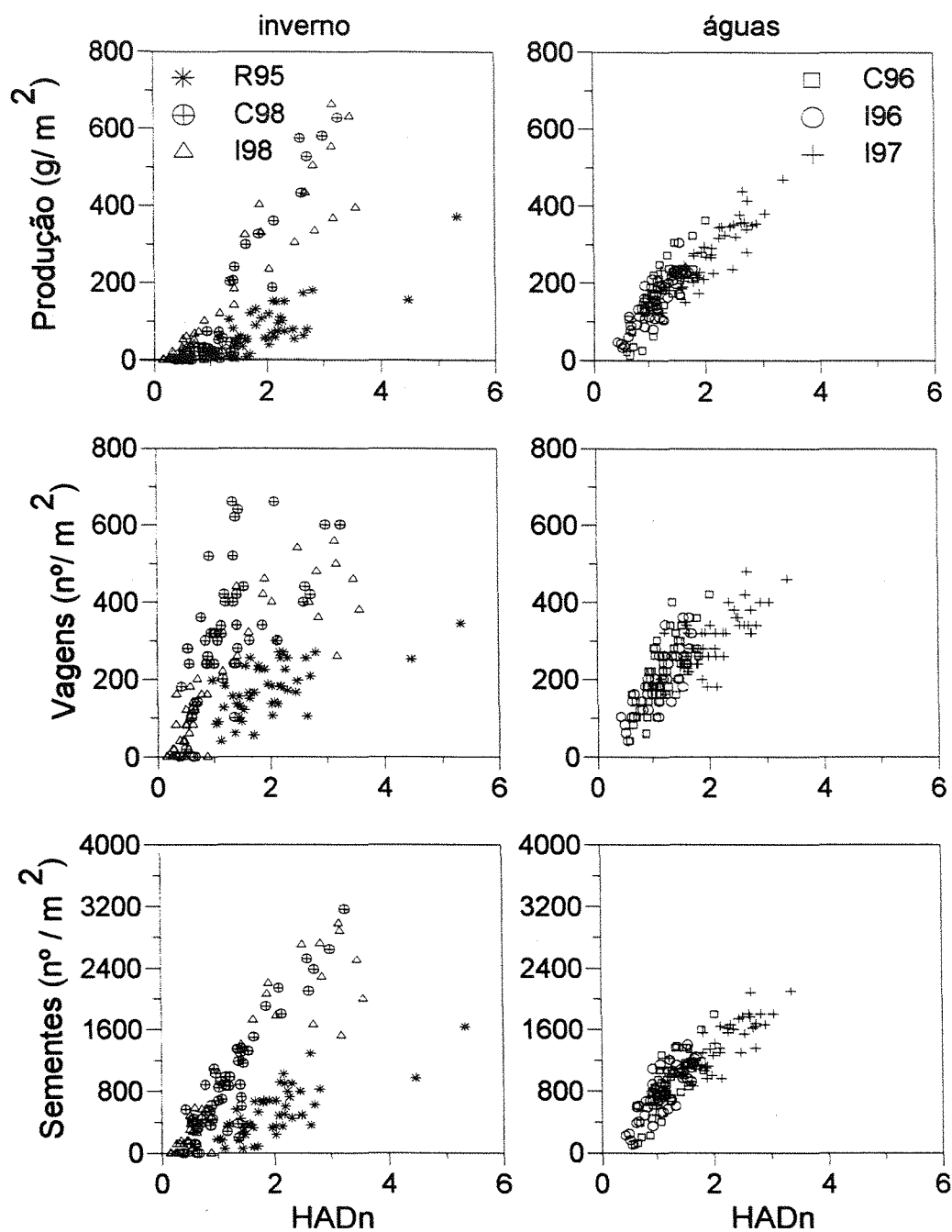


Figura 16. Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAD normalizada para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

Tabela 4. Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y = a + bx$) entre HAA e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.

experimento	HAA		
	a	b	R ₂
Produção (g/m²)			
ROSINHA (95)	-271,83 ($\pm 45,07$)	0,47 ($\pm 0,06$)	0,59
IAPAR-57 (96)	-110,20 ($\pm 25,64$)	0,51 ($\pm 0,05$)	0,70
CARIOCA (96)	-184,35 ($\pm 39,44$)	0,63 ($\pm 0,07$)	0,65
IAPAR-57 (97)	-409,53 ($\pm 71,48$)	0,96 ($\pm 0,10$)	0,69
IAPAR-57 (98)	-177,01 ($\pm 22,46$)	1,09 ($\pm 0,07$)	0,85
CARIOCA (98)	-352,08 ($\pm 53,52$)	1,32 ($\pm 0,15$)	0,64
Sementes (n^o/m²)			
ROSINHA (95)	-1301,50 ($\pm 232,60$)	2,46 ($\pm 0,31$)	0,59
IAPAR-57 (96)	-449,37 ($\pm 147,21$)	2,39 ($\pm 0,29$)	0,61
CARIOCA (96)	-830,84 ($\pm 194,57$)	3,03 ($\pm 0,34$)	0,64
IAPAR-57 (97)	-1486,34 ($\pm 338,51$)	3,98 ($\pm 0,47$)	0,63
IAPAR-57 (98)	-760,32 ($\pm 100,92$)	5,47 ($\pm 0,30$)	0,88
CARIOCA (98)	-1251,72 ($\pm 168,99$)	6,34 ($\pm 0,46$)	0,80
Vagens (n^o/m²)			
ROSINHA (95)	-149,70 ($\pm 57,63$)	0,44 ($\pm 0,08$)	0,43
IAPAR-57 (96)	-89,06 ($\pm 38,96$)	0,55 ($\pm 0,07$)	0,54
CARIOCA (96)	-122,46 ($\pm 53,79$)	0,60 ($\pm 0,09$)	0,48
IAPAR-57 (97)	-195,46 ($\pm 90,67$)	0,70 ($\pm 0,13$)	0,42
IAPAR-57 (98)	-104,79 ($\pm 21,22$)	0,99 ($\pm 0,06$)	0,84
CARIOCA (98)	-102,16 ($\pm 63,07$)	1,19 ($\pm 0,17$)	0,51

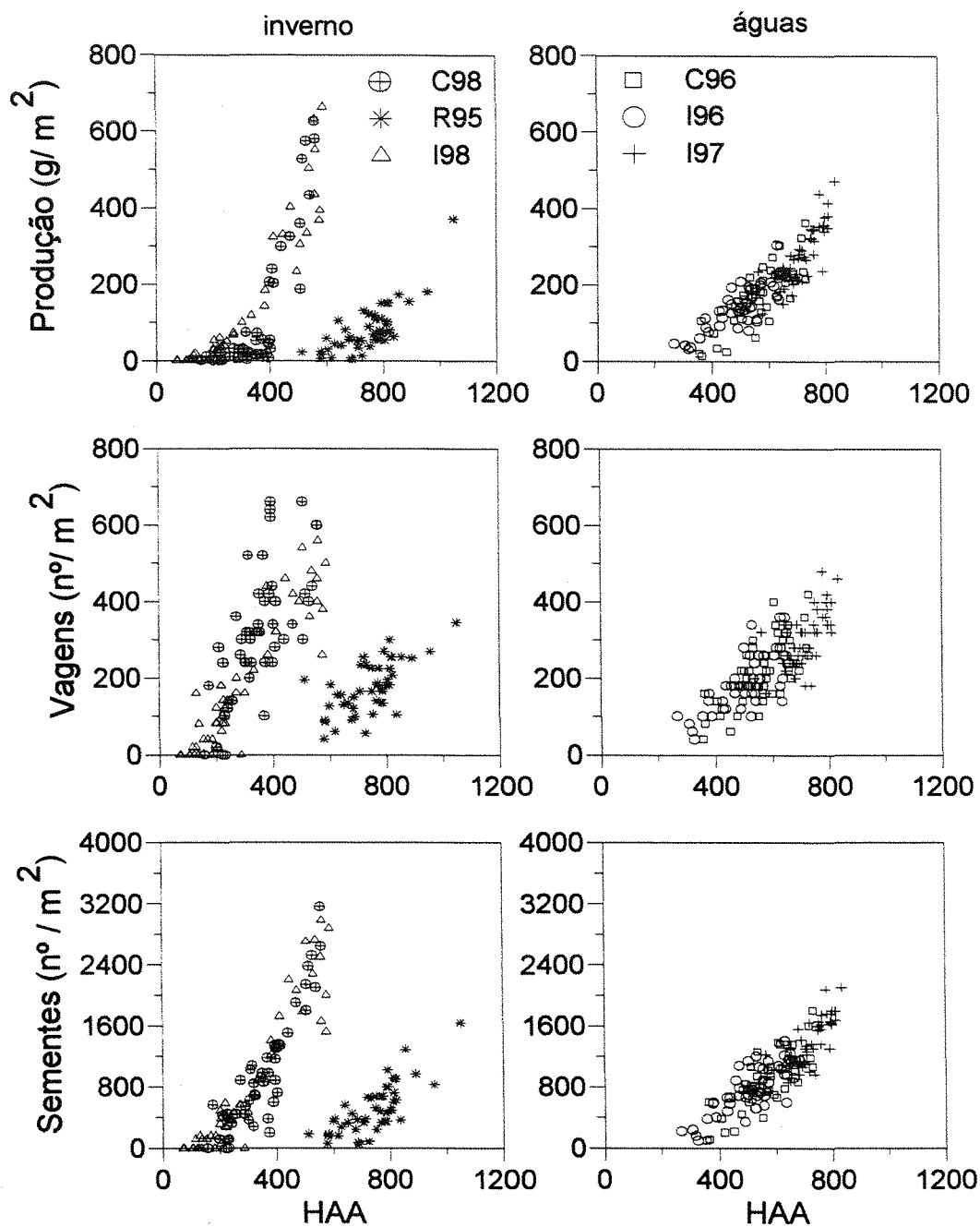


Figura 17. Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAA para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

Tabela 5. Parâmetros estimados (\pm erro padrão) e coeficientes de determinação das regressões lineares ($y = a + bx$) entre HAA_N e os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e produção (g) por m^2) para os cultivares Rosinha, Iapar-57 e Carioca.

experimento	HAA_N		
	a	b	R_2
Produção (g/m^2)			
ROSINHA (95)	-271,83 ($\pm 45,07$)	28,90 ($\pm 3,67$)	0,59
IAPAR-57 (96)	-110,20 ($\pm 25,64$)	24,42 ($\pm 2,37$)	0,70
CARIOCA (96)	-184,35 ($\pm 39,44$)	30,29 ($\pm 3,28$)	0,65
IAPAR-57 (97)	-409,53 ($\pm 71,48$)	47,98 ($\pm 4,94$)	0,69
IAPAR-57 (98)	-177,01 ($\pm 22,46$)	68,46 ($\pm 4,24$)	0,85
CARIOCA (98)	-352,08 ($\pm 53,52$)	83,45 ($\pm 9,23$)	0,64
Sementes (n°/m^2)			
ROSINHA (95)	-1301,50 ($\pm 232,60$)	149,79 ($\pm 18,93$)	0,59
IAPAR-57 (96)	-449,37 ($\pm 147,21$)	114,70 ($\pm 13,58$)	0,61
CARIOCA (96)	-830,84 ($\pm 194,57$)	145,54 ($\pm 16,21$)	0,64
IAPAR-57 (97)	-1486,34 ($\pm 338,51$)	199,14 ($\pm 23,41$)	0,63
IAPAR-57 (98)	-760,32 ($\pm 100,92$)	344,73 ($\pm 19,06$)	0,88
CARIOCA (98)	-1251,72 ($\pm 168,99$)	399,28 ($\pm 29,13$)	0,80
Vagens (n°/m^2)			
ROSINHA (95)	-149,70 ($\pm 57,63$)	26,87 ($\pm 4,69$)	0,43
IAPAR-57 (96)	-89,06 ($\pm 38,96$)	26,31 ($\pm 3,59$)	0,54
CARIOCA (96)	-122,46 ($\pm 53,79$)	28,79 ($\pm 4,48$)	0,48
IAPAR-57 (97)	-195,46 ($\pm 90,67$)	34,85 ($\pm 6,27$)	0,42
IAPAR-57 (98)	-104,79 ($\pm 21,22$)	62,64 ($\pm 4,01$)	0,84
CARIOCA (98)	-102,16 ($\pm 63,07$)	75,17 ($\pm 10,87$)	0,51

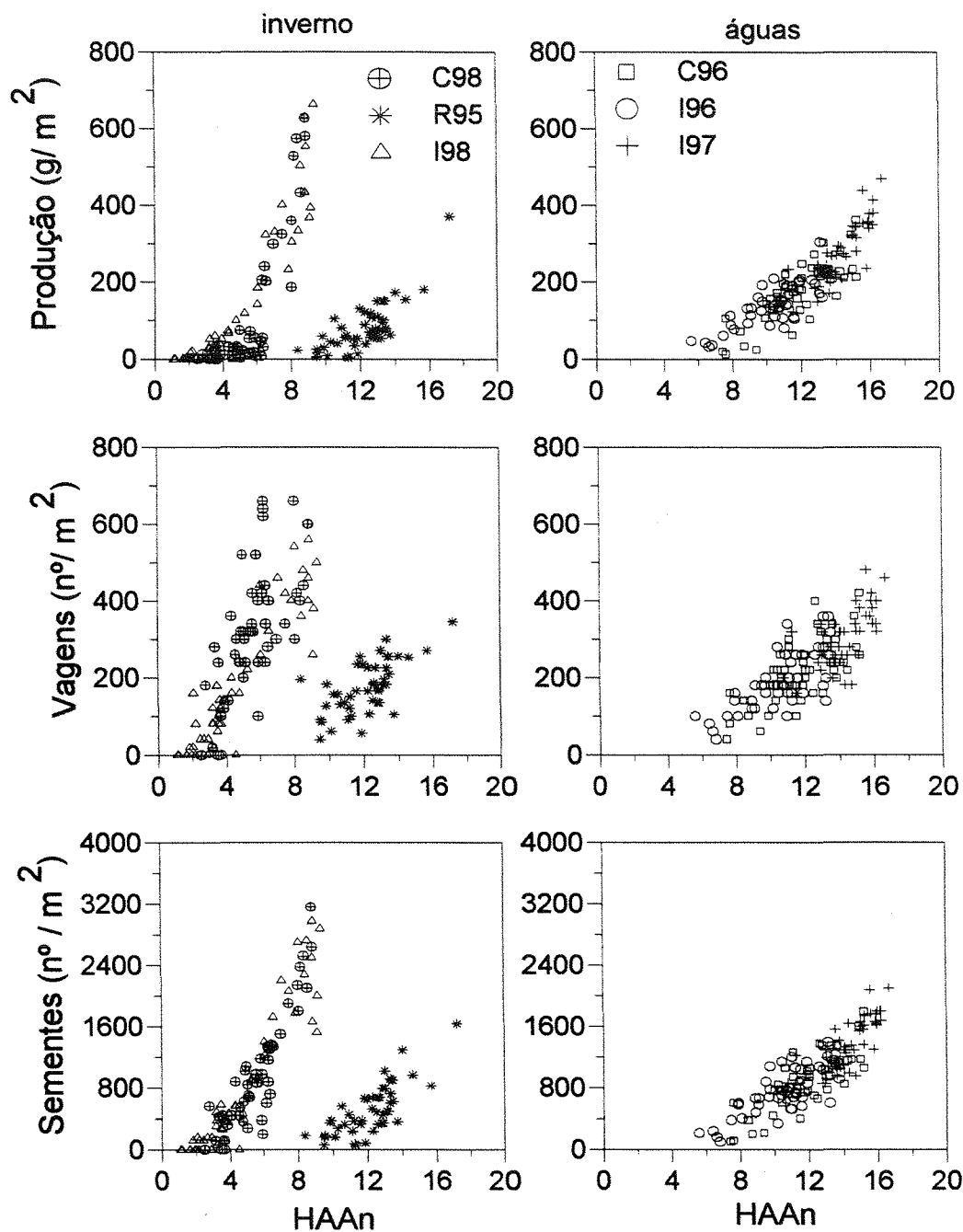


Figura 18. Produção, número de vagens e de sementes por m² versus HAA normalizada para plantas individuais em seis experimentos: R95 = cv. Rosinha semeado em 1995; I96, I97, I98 = cv. Iapar-57 semeado em 1996, 1997 e 1998 respectivamente; C96, C98 = cv. Carioca semeado em 1996 e 1998 respectivamente.

5 DISCUSSÃO

5.1 Doença, área foliar e desfolha em plantas inoculadas com *P. griseola* e *C. lindemuthianum*

A aceleração da senescência provocada por *P. griseola* foi um fator importante na redução da área foliar dos cultivares. Comparando-se os tratamentos inoculados, observou-se que Carioca perdeu mais folhas nos tratamentos com as duas doenças e com mancha angular (Fig. 1b), e como resultado teve, de maneira geral, maior porcentagem de desfolha nestes dois tratamentos durante o ciclo da cultura (Fig. 1e). Em I98 também observou-se maior porcentagem de desfolha no tratamento com mancha angular e com as duas doenças (Fig. 1f).

Como resultado da maior emissão de folhas pelas plantas inoculadas de C98 e da desfolha mais rápida em I98, observou-se uma maior redução no número de folhas nas plantas dos tratamentos inoculados em I98

em comparação com C98. Aos 54, 61 e 68 d.a.s. os tratamentos inoculados em C98 apresentavam, em média, reduções de 31%, 39% e 55% do número de folhas na planta, enquanto em I98 estas reduções foram de 70%, 71% e 77%.

Silva et al. (1998a) constataram que nos experimentos inoculados com *P. griseola* ocorreram maiores reduções no número de folhas nas plantas quando comparados com experimentos inoculados com *C. lindemuthianum* ou *Uromyces appendiculatus*. A maior redução no número de folhas (46%) foi observada no cv. Vermelho.

A maior tendência do cv. Carioca em emitir novas folhas deve-se provavelmente ao seu hábito de crescimento tipo III (Portes, 1988) em comparação com o cv. Iapar-57 que possui hábito de crescimento tipo II. O cv. Carioca apresenta guias mais longas com ramos laterais bem desenvolvidos e numerosos, enquanto o cv. Iapar-57 apresenta porte mais ereto, com guia curta e poucos ramos laterais.

Pixley et al. (1990a) observaram que um genótipo de amendoim com maior resistência a *Cercosporidium personatum* manteve maiores índices de área foliar através da produção de novas folhas até a maturidade. A combinação de baixas taxas epidêmicas com contínuo crescimento foliar reduziu os efeitos adversos da doença sobre a capacidade de produção deste genótipo. Mas os autores chamam a atenção para o fato de que a emissão de folhas novas causa um gasto de energia que pode limitar a quantidade de fotoassimilados disponíveis para o crescimento das vagens. Assim, o cultivar mais resistente compensou parcialmente a desfolha causada pelas doenças, atrasando o enchimento de vagens e translocando menos fotoassimilados para vagens em comparação com o cultivar suscetível, permitindo a continuação do crescimento vegetativo durante a fase reprodutiva (Pixley et al., 1990b).

No presente trabalho, a maior emissão de folhas pelas plantas inoculadas de C98 em comparação com I98 pode ter contribuído para redução na quantidade de fotoassimilados disponíveis para o enchimento de grãos, uma

vez que em C98 a redução média na produção das plantas dos três tratamentos inoculados foi de 94,2% e em I98 foi de 88,7%. No entanto, devido às condições extremamente favoráveis às doenças durante a safra, novos experimentos devem ser conduzidos em condições menos drásticas para verificar se a capacidade do cv. Carioca em compensar parcialmente a desfolha é prejudicial à produção. Por outro lado, observou-se o desenvolvimento de lesões nas vagens das plantas inoculadas nos dois experimentos, o que pode ter contribuído para reduzir diretamente a produção, através da formação de sementes pequenas e enrugadas.

A redução no tamanho médio de folhas observada nos três ensaios corrobora os dados de Siva et al. (1998a). Esses autores detectaram reduções na área foliar média de 12% para o cv. Carioca e 18% para o cv. Vermelho ocasionadas por *P. griseola*. Neste trabalho, a redução no tamanho médio de folhas em I98 entre o tratamento com mancha angular e o tratamento controle aos 61 d.a.s. foi de 78%.

As diferenças no tamanho médio de folhas podem ser devido a duas causas: à queda de folhas mais velhas e portanto já expandidas causada pelas doenças, e/ou redução na taxa de expansão foliar de folhas de plantas inoculadas. O experimento I98 apresentou menor tamanho de folhas a partir de 30 d.a.s., época em que os tratamentos inoculados sofreram aumento na porcentagem de desfolha. Em C98 a diferença entre o tratamento controle e os inoculados para tamanho de folhas ocorreu após 54 d.a.s., durante o aumento na porcentagem de desfolha. As regressões entre porcentagem de desfolha e tamanho médio de folhas confirmaram a primeira hipótese.

Embora a desfolha explique em parte o menor tamanho das folhas nas plantas inoculadas, esta redução pode ser devida também a um efeito indireto das doenças sobre a fisiologia da planta. Segundo Portes (1988), uma folha jovem funciona mais como dreno do que como fonte de fotoassimilados, e sua porcentagem de translocação aumenta com a idade e atinge valores de 60-

70% quando a folha está completamente expandida. Assim, uma folha jovem depende das folhas expandidas que estão próximas para seu crescimento. Uma vez que as doenças progrediram rapidamente na fase de crescimento vegetativo da cultura resultando em desfolha a partir de 30 d.a.s., é muito provável que a queda de folhas maduras, doentes, tenha contribuído para reduzir a disponibilidade de fotoassimilados. Como resultado, houve um menor crescimento das folhas mais novas que estavam em formação, reduzindo o tamanho médio das folhas (Fig. 3) e a produção de folhas nas plantas inoculadas (Fig. 2). Deste modo, pode-se dizer que o efeito da desfolha sobre o tamanho médio das folhas é de dois tipos: direto, pela queda de folhas mais velhas e maiores reduzindo a média, e indireto, porque as folhas maduras caem e não fornecem fotoassimilados por tempo suficiente para o desenvolvimento das folhas jovens e brotações.

Harry & Clarke (1992) estudaram o efeito de *Erysiphe fischeri* sobre o desenvolvimento e função do tecido foliar de *Senecio vulgaris* e observaram que plantas infectadas apresentaram menor área foliar verde que plantas não infectadas, reduzindo a produção de matéria seca pelas plantas infectadas. Os autores observaram que as plantas do controle produziram 25% mais folhas que as plantas infectadas e apresentaram folhas de maior tamanho. Assim, eles concluíram que a redução na produção de matéria seca pelas plantas infectadas foi devido à redução na área foliar verde. Parte da redução na área foliar verde resultou de senescência prematura das folhas mais velhas nas plantas infectadas, mas o principal fator foi a redução na expansão das folhas novas. Por outro lado, o funcionamento do aparato fotossintético e dos sistemas que regulam a partição de fotoassimilados para os diferentes órgãos da planta foram praticamente inalterados pela infecção.

Lim & Gaunt (1986a), trabalhando com *Erysiphe graminis* e *Puccinia hordei* em cevada, observaram que os patógenos provocaram, além de lesões e clorose, redução do tamanho das folhas.

Gaunt et al. (1986) estudaram o patossistema trigo - *Septoria tritici* na Nova Zelândia e concluíram que a doença acelerou a senescência das folhas, atrasou a expansão de folhas novas e reduziu o tamanho máximo de algumas folhas formadas tardiamente. A senescência induzida pelo patógeno foi o aspecto mais importante da síndrome da doença.

Jenkyn (1974) observou que o controle químico do oídio em cevada aumentou a área de folhas do topo das plantas, indicando indiretamente que a doença reduziu a expansão de folhas novas.

Em relação a HLAI e HRI, as diferenças entre os tratamentos inoculados e o controle começaram a se acentuar após 40 d.a.s. no experimento C98 e 32 d.a.s. no experimento I98, coincidindo com o aumento da severidade virtual nas parcelas (Figs. 4h e 4i). No experimento I98 entre 32 e 47 d.a.s. as plantas do tratamento com mancha angular já apresentavam severidade virtual maior que aquelas dos tratamentos com antracnose e com as duas doenças, resultando em acentuada queda nas curvas de HLAI e HRI. No entanto, este efeito da severidade virtual sobre HLAI e HRI é principalmente indireto, função da redução no número e tamanho das folhas na planta. Assim, os maiores valores de HLAI observados nas plantas do controle em comparação com as plantas inoculadas, são consequência do maior número de folhas durante o ciclo da cultura, do maior tamanho das folhas presentes na planta e por último da ausência de sintomas. Silva et al. (1998a) também observaram que a severidade foi menos importante que o número de folhas para as reduções que os autores observaram em HLAI em feijoeiro.

As maiores reduções em HLAI no experimento I98 ocorreram nas plantas do tratamento com mancha angular, com redução média de 85% entre 32 e 82 d.a.s. em relação às plantas do controle. No experimento C98 a redução média em HLAI entre 40 e 82 d.a.s. nas plantas inoculadas com mancha angular foi de 66% e semelhante ao tratamento com antracnose (65%). Silva et al. (1998a) observaram que as maiores reduções em HLAI foram

obtidas no experimento inoculado com *P. griseola*, sendo de 31% no cv. Carioca e 57% no cv. Vermelho. Os mesmos autores observaram que o cv. Carioca, inoculado com *C. lindemuthianum*, teve redução de 14,6% em HLAI.

Neste trabalho constatou-se que as doenças provocaram, isoladamente ou em conjunto, aumento na desfolha, menor emissão de folhas, redução no tamanho das folhas e, como consequência, redução em HLAI e HRI.

5.2 Relações entre AUDPC, HAD, HAA e componentes de produção

Watson et al. (1963) consideraram que a relação entre produção de grãos e duração da área foliar (chamada de eficiência de área foliar ou EAF) fornece uma estimativa da eficiência da superfície fotossintética na conversão de fotoassimilados em grãos. Neste trabalho, considerou-se o quociente entre produção e HAD, ao invés de LAD (duração de área foliar) para determinação da eficiência da área foliar sadia (EAFS). De maneira similar utilizou-se o quociente entre produção e HAA para estimativa da eficiência do uso da radiação (RUE).

Analisando-se apenas as parcelas controle de cada cultivar, o valor médio de EAFS para o cv. Rosinha foi bastante reduzido em comparação com os outros dois cultivares. Assim, o cv. Rosinha apresentou menor produção com mesma área foliar sadia quando comparado aos outros dois cultivares. Da mesma forma, plantas controle de R95 apresentaram menor RUE ($0,18 \pm 0,04$) em comparação com valores entre $0,32 \pm 0,01$ e $0,80 \pm 0,07$ para os demais experimentos. Isto significa que para um mesmo HAA a produção do cv. Rosinha foi menor. Estas diferenças entre os valores de EAFS e RUE de plantas controle dos seis experimentos devem ser resultantes de fatores

genéticos e ambientais. Os primeiros regulam o crescimento e o balanço entre as partes vegetativa e reprodutiva, relações fonte-dreno etc. Os segundos afetam fisiologia da planta favorecendo ou prejudicando um determinado genótipo. Portes & Carvalho (1983) observaram que dois cultivares de feijoeiro com hábito de crescimento tipo II arbustivo apresentaram EAF de 1,71 e 1,80, enquanto cultivares de hábito tipo IV trepador apresentaram EAF de 0,85 e 0,95, sendo portanto, menos eficientes que as arbustivas. Além disso, a EAF de todas as cultivares foi reduzida em consórcio com milho.

Por outro lado, as diferenças observadas entre a RUE das parcelas controle de um mesmo cultivar, no caso dos experimentos I96 ($0,33 \pm 0,02$), I97 ($0,41 \pm 0,02$) e I98 ($0,80 \pm 0,07$) podem ser resultantes de diferenças na radiação solar entre safras. Durante a realização dos experimentos, a radiação solar média foi de 16,1, 14,6 e 11,4 MJ.m⁻².dia, respectivamente. Almeida et al. (1988) observaram que feijoeiro do cv. Negrito897 apresentou eficiência de conversão da energia solar 1,7 vezes maior com redução em 30% da radiação solar incidente. De maneira geral, houve aumento na eficiência de conversão da energia solar com a redução da radiação e com o incremento da adubação nitrogenada. Lopes et al. (1982) também observaram que reduções na radiação solar aumentaram a eficiência de conversão de energia solar para o mesmo cultivar. Este fato tem sido observado também para outras espécies (Healey et al., 1998).

Já as diferenças observadas na EAFS e na RUE entre as plantas inoculadas e não inoculadas de cada experimento parecem estar ligadas à severidade das doenças durante a safra. Assim, estas diferenças foram grandes em C98 e I98 e praticamente inexistentes em C96 e I97. Duas hipóteses podem explicar estas diferenças nestas variáveis entre plantas sadias e doentes. A primeira diz respeito aos sintomas causados pelas doenças nas vagens. As lesões produzidas por *P. griseola* e *C. lindemuthianum* nas vagens foram observadas em plantas inoculadas dos experimentos,

principalmente em I98 e C98, mas não foram quantificadas. Nos experimentos com alta severidade das doenças, pode ter ocorrido efeito direto sobre a produção, através da formação de sementes mal desenvolvidas e enrugadas, o que de fato foi observado nos dois experimentos de 1998. Assim, estas sementes de menor peso devem ter contribuído para os menores valores de EAFS e de RUE das plantas inoculadas destes ensaios. A segunda hipótese refere-se ao provável efeito das doenças sobre diferentes aspectos da fisiologia da planta. É sabido que em tecidos doentes a taxa de respiração aumenta e a taxa fotossintética tende a diminuir (Leite e Pascholati, 1995). Stangarlin (1999) observou que a infecção com *P. griseola* prejudicou o metabolismo fotossintético da área verde remanescente, aparentemente sadia, de folhas infectadas. Bassanezi et al. (1997) e Lopes (1999) observaram redução na taxa fotossintética do tecido verde de folhas infectadas com *C. lindemuthianum*. No presente trabalho o parâmetro beta para determinação da lesão virtual causada pela mancha angular e pela antracnose foi inserido nos cálculos de HAD e HAA. Assim, o efeito dos patógenos sobre a taxa fotossintética do hospedeiro foi considerado nos resultados apresentados. Deste modo, parece haver também um efeito dos patógenos sobre outros aspectos da fisiologia da planta, já que em plantas inoculadas a mesma área foliar sadia resultou em menor produção. Segundo Agrios (1997), em plantas infectadas a taxa de respiração geralmente aumenta, o que significa que o tecido afetado usa suas reservas de carboidratos mais rapidamente do que um tecido sadio o faria, e provavelmente utiliza ATP de maneira menos eficiente que o tecido sadio. O efeito das doenças sobre o desenvolvimento de novas folhas e o crescimento das plantas foi discutido no item anterior. Em outros patossistemas casos semelhantes também ocorreram, e se a primeira hipótese é mais facilmente comprovada em experimentos de campo, a segunda hipótese não pode ser descartada sem a realização de estudos mais refinados.

Bell (1986) estudou o efeito de *Cercospora arachidicola*, *Cercosporidium personatum* e *Puccinia arachidis* em amendoim, e observou uma redução de 30% na produção de parcelas não tratadas com fungicidas. Esta redução foi devida à perda de área foliar pela desfolha e menor eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa em produção. Os autores consideraram que os patógenos afetaram a capacidade fotossintética das folhas remanescentes e o padrão de distribuição de assimilados entre parte vegetativa e reprodutiva em resposta à desfolha. Griffiths (1984) considerou importante a realização de estudos sobre partição de fotoassimilados no caso de emissão de folhas novas pelas plantas doentes, já que estas folhas seriam novos drenos.

A falta de correlação entre AUDPC com os componentes de produção (Figuras 13 e 14) tem sido observada em diferentes patossistemas em feijoeiro (Carneiro, 1995; Godoy, 1995; Iamauti, 1995; Nunes & Bergamin Filho, 1996; Bergamin Filho et al., 1997; Carneiro et al., 1997a; Canteri, 1998; Silva et al. 1998b; Gianasi, 1999) e foi observada, neste trabalho, para um patossistema múltiplo. A falta de correlação entre AUDPC e produção em feijoeiro ocorre provavelmente devido à desfolha causada por *P. griseola* e ao hábito de crescimento do hospedeiro (Bergamin Filho et al., 1997; Carneiro et al., 1997a). Apesar de haver correlação entre severidade das doenças e produção para certos patossistemas múltiplos, o uso de variáveis de área foliar sadia na quantificação de danos é considerada uma abordagem mais promissora (Aquino et al., 1992; Savary & Zadoks, 1992a).

As relações entre HAD e os componentes de produção foram lineares, à semelhança do que ocorre em outros patossistemas (Carver & Griffiths, 1981; Rotem et al., 1983a; Ferrandino & Elmer, 1992; Paveley et al., 1997).

As diferenças genéticas entre os cultivares e o aumento na radiação solar incidente durante a realização dos experimentos (Tabela 1)

resultaram em ciclos de 91 (R95), 90 (C96), 76 dias (I96), 86 (I97) e 98 dias (C98 e I98) . Deste modo, também foram considerados os valores normalizados de HAD e HAA para estabelecer correlações com os componentes de produção. Os resultados mostraram a superioridade da metodologia baseada em variáveis de área foliar sadia sobre modelos baseados em severidade, fato que ocorre também em outros patossistemas (Rotem et al., 1983a; Ferrandino & Elmer, 1992; Nutter Jr. & Littrell, 1996; Paveley et al., 1997). Apesar das regressões entre HAD e produção para cada experimento terem apresentado coeficientes de determinação altos para este tipo de ensaio, não foi possível a análise conjunta devido às diferenças indicadas pelo teste t ($\leq 0,05$) entre os coeficientes angulares das equações de regressão. As diferenças observadas entre os experimentos confirmam as observações de Bergamin Filho et al. (1997) de que diferentes situações de produção resultam em diferentes relações entre HAD e produção.

Rotem et al. (1983a) observaram que a mesma área sadia resultou em diferentes produções dependendo da safra. Assim, os autores concluíram que avaliações de dano não podem ser separadas de avaliações do potencial de produção da cultura, devido ao efeito de fatores edáficos e climáticos. Griffiths (1984) detectou ótima correlação entre HAD e produção, mas diferentes cultivares não se ajustaram a uma mesma regressão. Os autores compararam diferentes experimentos e concluíram que fatores ambientais influenciaram a relação HAD - produção. Wright & Gaunt (1992) estudaram o dano causado por *Puccinia hordei* e *Rhynchosporium secalis* em cevada, utilizando modelos de ponto crítico que relacionavam produção com porcentagem de área foliar verde. Os autores observaram que os modelos para estimativa de dano foram específicos para cultivar, data de semeadura e safra, sugerindo que eles não eram aplicáveis em diferentes condições.

Aquino et al. (1992) estudaram o patossistema amendoim - *Cercosporidium personatum* e desenvolveram modelos para prever produção

baseados em HAD. Os autores observaram que esta relação é uma característica do cultivar, já que é dependente da produção de folhas, eficiência do uso da radiação e partição de fotoassimilados. Assim, um modelo desenvolvido para um determinado cultivar teve que ser adaptado para outro cultivar, uma vez que este segundo produzia folhas por um período mais longo e tinha menor partição de fotoassimilados para as vagens.

Subrahmanyam et al. (1984) observaram que alguns genótipos de amendoim apresentaram diferenças nos coeficientes angulares das regressões entre porcentagem de área foliar verde e produção. Geralmente os genótipos com baixo potencial de produção tiveram resposta limitada à proteção com fungicidas. Com o aumento do potencial de produção entre os genótipos, a resposta ao controle químico também aumentou. Os autores consideraram que o manejo deve ser específico para cada cultivar, uma vez que cada genótipo tem sua própria resposta ao controle químico.

Oerke & Schönbeck (1990) estudaram o efeito de *Erysiphe graminis hordei* em dois cultivares de cevada em três níveis de adubação nitrogenada. Os autores observaram que HAD apresentou melhor correlação com produção que AUDPC. Entretanto esta relação foi dependente da dose de nitrogênio e do cultivar. Os autores consideraram que "...o processo complexo de formação da produção com suas múltiplas interações com fatores como condições de clima, adubação, resistência a doenças e mecanismos de tolerância não podem ser integrados em uma simples equação. Novas investigações terão que considerar particularmente estas interações entre cultivar, patógeno e ambiente para produzir modelos gerais válidos para estimativa de danos".

Savary & Zadoks (1992b) estudaram o efeito de *Cercosporidium personatum* e *Puccinia arachidis* em amendoim em diferentes níveis de intensificação do uso de tecnologia. Os autores observaram que o dano devido

aos patógenos aumentou com a intensificação do uso de tecnologia, ou seja, o dano é variável de acordo com o sistema de produção adotado.

Todas as relações entre HAA e os componentes de produção foram ajustadas ao modelo linear para padronização das análises. A forma da curva entre HAA e produção depende de uma série de fatores, como HLAI, k e o hábito de crescimento da planta (Bergamin Filho et al., 1997). Além disso, fatores edáficos e climáticos parecem afetar a relação HAA - produção, o que resultou, neste trabalho, na impossibilidade de análise conjunta dos experimentos. Foram encontradas diferenças entre as regressões lineares até mesmo para um mesmo cultivar. Assim, os experimentos 196 e 197 apesar de terem sido conduzidos com o mesmo cultivar e na mesma safra, mas em anos diferentes, resultaram em relações diferentes entre HAA e produção ($t \leq 0,05$).

Resultados promissores obtidos anteriormente (Bergamin Filho et al., 1997; Gianasi, 1999) indicavam que HAA, através de sua variável diária HRI, seria adequada para uso em um sistema de manejo de doenças do feijoeiro. No entanto, apesar da incorporação do parâmetro β na estimativa de HAA, com conseqüente melhoria do modelo através da estimativa do efeito das doenças sobre a eficiência fotossintética do tecido verde de folhas doentes, os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que um sistema de manejo baseado em variáveis de área foliar sadia não seria válido para diferentes safras, cultivares e anos.

Segundo Rouse (1988) os sintomas das doenças devem ser relacionados com determinantes fisiológicos do desenvolvimento da cultura como: radiação interceptada pela cultura; eficiência do uso da radiação; partição de fotoassimilados; taxa de perda de matéria seca e duração da formação das partes da planta. Segundo este autor, a abordagem de Waggoner e Berger (1987) e Johnson (1987) não é completa porque considera apenas os dois primeiros determinantes fisiológicos acima relacionados. Assim, a continuação dos trabalhos nesta linha de pesquisa devem incluir estudos

detalhados sobre a fisiologia da planta doente e os processos (determinantes fisiológicos) afetados, além da união destes estudos com simuladores de crescimento da cultura (Boote et al., 1983; Rouse, 1988).

6 CONCLUSÕES

A inoculação de *Phaeoisariopsis griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum* nas mesmas plantas não resulta em aumento na desfolha, redução no número de folhas na planta, diminuição no tamanho médio das folhas, redução em HLAI, HRI, HAD, HAA e produção em valores maiores que os causados pelos mesmos patógenos quando inoculados isoladamente.

A incorporação do parâmetro beta, que leva em conta a eficiência fotossintética do tecido verde de folhas doentes, no cálculo de severidade não é suficiente para obter-se correlação entre severidade virtual ou AUDPC e produção.

Modelos baseados em HAD e HAA apresentam boa correlação com os componentes de produção do feijoeiro. No entanto, quando testados em diferentes safras e cultivares estes modelos não são transportáveis, mesmo quando a eficiência fotossintética do tecido verde remanescente na folha doente é considerada no cálculo de severidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 4.ed. San Diego: Academic Press, 1997. 635p.
- ALMEIDA, A.A.F.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, R.S. Doses de nitrogênio e densidades de luz no crescimento do feijoeiro e na conversão da energia solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.849-859, 1988.
- AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; GODOY, C.V.; IAMAUTI, M.T.; NUNES, W.M.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Avaliação de danos na cultura do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.21, p.82-84, 1995.
- APPLE, J.L. The theory of disease management. In: HORSFALL J.G.; COWLING, E.B. **Plant disease: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1977. v.1, p.79-101.

- AQUINO, V.M.; SHOKES, F.M.; BERGER, R.D.; GORBET, D.W.; KUCHARAK, T.A. Relationships among late leafspot, healthy leaf area duration, canopy reflectance, and pod yield of peanut. **Phytopathology**, v.82, p.546-552, 1992.
- AYERS, J.E.; NELSON, R.R.; CASTOR, L.L.; BLANCO, M.H. Yield losses in corn caused by *Helminthosporium maydis* race T. **Plant Disease Reporter**, v.60, p.331-335, 1976.
- BACKMAN, P.A.; CRAWFORD, M.A. Relationship between yield loss and severity of early and late leafspot diseases of peanut. **Phytopathology**, v.74, p.1101-1103, 1984.
- BASSANEZI, R.B.; MARTINS, M.C.; GODOY, C.V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.520-524, 1997.
- BASTIAANS, L. Ratio between virtual and visual lesion size as a measure to describe reduction in leaf photosynthesis of rice due to leaf blast. **Phytopathology**, v.81, p.611-615, 1991.
- BASTIAANS, L.; ROUMEN, E.C. Effect on leaf photosynthetic rate by leaf blast for rice cultivars with different types and levels of resistance. **Euphytica**, v.66, p.81-87, 1993.
- BEEBE, S.E.; PASTOR-CORRALES, M. Breeding for disease resistance. In: SCHOONHOVEN A. van; VOYSEST, O. (Ed.) **Common beans: research for crop improvement**. Wallingford: CAB International, 1991. cap.10, p.561-618.

- BELL, M. The effect of foliage pathogens on growth of peanuts (*Arachis hypogaea* L.) in tropical northern Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.37, p.31-42, 1986.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 289p.
- 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**, v.3, p.133-184, 1995.
- BERGAMIN FILHO, A.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; GODOY, C.V.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; HAU, B. Angular leaf spot of *Phaseolus* beans: relationships between disease, healthy leaf area, and yield. **Phytopathology**, v.87, p.506-515, 1997.
- BERGER, R.D. Measuring disease intensity. **Biological and Cultural Tests**, v.3, p.1-4, 1988.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI, A.C.; CARNEIRO, S.M.T.P.G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Ed.) **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. V.2, cap.34, p.376-399.

- BIANCHINI, A.; MENEZES, J.R.; MARINGONI, A.C. Doenças e seu controle. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. p.189-216. (IAPAR. Circular, 63).
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; MISHOE, J.W.; BERGER, R.D. Coupling pests to crop growth simulators to predict yield reductions. **Phytopathology**, v.73, p.1581-1587, 1983.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; SMERAGE, G.H.; BARFIELD, C.S.; BERGER, R.D. Photosynthesis of peanut canopies as affected by leafspot and artificial defoliation. **Agronomy Journal**, v.72, p.247-252, 1980.
- 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**, v.81, p.503-511, 1991.
- BRENES, B.M. Estimativa de perdas no rendimento de feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) causadas pela mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.). Viçosa, 1983. 60p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- BROSCIOUS, S.C.; PATAKY, J.K.; KIRBY, H.W. Quantitative relationships between yield and foliar diseases of alfafa. **Phytopathology**, v.77, p.887-892, 1987.
- BURLEIGH, J.R.; ROELFS, A.P.; EVERSMEYER, M.G. Estimating damage to wheat caused by *Puccinia recondita tritici*. **Phytopathology**, v.62, p.944-946, 1972.

- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532p.
- CANTERI, M.G. Uso de medidas de área foliar e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro. Piracicaba, 1998. 83p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CARNEIRO, S.M.T.P.G. Quantificação de danos causados por *Phaeoisariopsis griseola* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no município de Londrina - PR. Piracicaba, 1995. 102p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CARNEIRO, S.M.T.P.G.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Avaliação de dano provocado pela mancha angular em feijoeiro: relação entre severidade, área foliar e componentes de produção. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.427-431, 1997a.
- CARNEIRO, S.M.T.P.G.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; BIANCHINI, A. Estimativa da área foliar do feijoeiro para quantificação de danos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 254, 1997b. Suplemento.
- CARVER, T.L.W.; GRIFFITHS, E. Relationship between powdery mildew infection, green leaf area and grain yield of barley. **Annals of Applied Biology**, v.99, p.255-266, 1981.

- CARVER, T.L.W.; GRIFFITHS, E. Effects of barley mildew on green leaf area and grain yield in field and greenhouse experiments. **Annals of Applied Biology**, v.101, p.561-572, 1982.
- COLE, D.L. Interactions between *Cercospora arachidicola* and *Phoma arachidicola*, and their effects on defoliation and kernel yield of groundnut. **Plant Pathology**, v.31, p.355-362, 1982.
- DAAMEN, R.A.; JORRITSMA, I.T.M. Effects of powdery mildew and weather on winter wheat yield. 2.Effects of mildew epidemics. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.96, p.35-46, 1990.
- FERRANDINO, F.J.; ELMER, W.H. Reduction in tomato yield due to *Septoria* leaf spot. **Plant Disease**, v.76, p.208-211, 1992.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO LTDA. **Agrianual 99**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 1999. 521p.
- GARRY, G.; JEUFFROY, M.H.; NEY, B.; TIVOLI, B. Effects of *Ascochyta* blight (*Mycosphaerella pinodes*) on the photosynthesizing leaf area and the photosynthetic efficiency of the green leaf area of dried-pea (*Pisum sativum*). **Plant Pathology**, v.47, p.473-479, 1998.
- GAUNT, R.E. The relationship between plant disease severity and yield. **Annual Review of Phytopathology**, v.33, p.119-144, 1995.
- GAUNT, R.E.; THOMSON, W.J.; SUTCLIFFE, J. The assessment of speckled leaf blotch in winter wheat in New Zealand. **Annals of Botany**, v.58, p.33-38, 1986.

- GIANASI, L. Antracnose do feijoeiro: quantificação de danos e efeito do trifenil acetato de estanho no crescimento do hospedeiro e no progresso da doença. Piracicaba, 1999. 120p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GODOY, C.V. Danos causados pela mancha angular em feijoeiro, no município de Piracicaba. Piracicaba, 1995. 72p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GODOY, C.V.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; IAMAUTI, M.T.; DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, v.104, p.336-345, 1997.
- GOODWIN, P.H. Effect of common bacterial blight on leaf photosynthesis of bean. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.14, p.203-206, 1992.
- GREGORY, P.H. The multiple-infection transformation. **Annals of Applied Biology**, v.35, p.412-417, 1948.
- GRIFFITHS, E. Foliar diseases: the damage caused and its effects on yield. In: WOOD, R.K.S.; JELLIS, G.J. (Ed.) **Plant diseases: infection, damage and loss**. Oxford: Blackwell Scientific, 1984. cap.12, p.149-159.
- HARRY, I.B.; CLARKE, D.D. The effects of powdery mildew (*Erysiphe fischeri*) infection on the development and function of leaf tissue by *Senecio vulgaris*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.40, p.211-224, 1992.

- HAVERKORT, A.J.; BICAMUMPAKA, M. Correlation between intercepted radiation and yield of potato crops infested by *Phytophthora infestans* in Central Africa. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.92, p.239-247, 1986.
- HEALEY, K.D.; RICKERT, K.G.; HAMMER, G.L.; BANGE, M.P. Radiation use efficiency increases when diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.49, p.665-672, 1998.
- IAMAUTI, M.T. Avaliação de danos causados por *Uromyces appendiculatus* no feijoeiro. Piracicaba, 1995. 85p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- JAMES, W.C. Assessment fo plant diseases and losses. **Annual Review of Phytopathology**, v.12, p.27-48, 1974.
- JAMES, W.C.; TENG, P.S. The quantification of production constraints associated with plant diseases. In: COAKEY, T.H. (Ed.) **Applied Biology**. New York: Academic Press, 1979. v.4, p.201-267.
- 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**, v.62, p.92-96, 1972.
- JENKYN, J.F. Effects of mildew on the growth and yield of spring barley: 1969-72. **Annals of Applied Biology**, v.78, p.281-288, 1974.

- JIAO, J.; GOODWIN, P.; GRODZINSKI, B. Photosynthesis and export during steady-state photosynthesis in bean leaves infected with the bacterium *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. **Canadian Journal of Botany**, v.74, p.1-9, 1996.
- JOHNSON, K.B. Defoliation, disease and growth: a reply. **Phytopathology**, v.77, p.1495-1497, 1987.
- JOHNSON, K.B. Evaluation of a mechanistic model that describes potato losses caused by multiple pests. **Phytopathology**, v.82, p.363-369, 1992.
- JOHNSON, K.B.; TENG, P.S. Coupling a disease progress model for early blight to a model of potato growth. **Phytopathology**, v.80, p.416-425, 1990.
- JOHNSON, K.B.; RADCLIFFE, E.B.; TENG, P.S. Effects of interacting populations of *Alternaria solani*, *Verticillium dahliae*, and the potato leafhopper (*Empoasca fabae*) on potato yield. **Phytopathology**, v.76, p.1046-1052, 1986.
- KIMATI, H. Algumas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) que ocorrem no estado de São Paulo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.23, p.247-264, 1966.
- KRANZ, J.; JÖRG, E. The synecological approach in plant disease epidemiology. **Review of Tropical Plant Pathology**, v.6, p.27-38, 1989.
- LAST, F.T. Analysis of the effects of *Erysiphe graminis* on the growth of barley. **Annals of Botany**, v.26, p.279-289, 1962.

- LEITE, B.; PASCHOLATI, S.F. Hospedeiro: alterações fisiológicas induzidas por fitopatógenos. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, cap. 21, p.393-416.
- LEVY, Y.; LEONARD, K.J. Yield loss in sweet corn in response to defoliation or infection by *Exserohilum turcicum*. **Journal of Phytopathology**, v.128, p.161-171, 1990.
- LIM, L.G.; GAUNT, R.E. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. I. Epidemic development, green leaf area and yield. **Plant Pathology**, v.35, p.44-53, 1986a.
- LIM, L.G.; GAUNT, R.E. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. II. Apical development and yield potential. **Plant Pathology**, v.35, p.54-60, 1986b.
- LOPES, D.B. Photosynthetic competence of bean leaves with rust and anthracnose. Gainesville, 1999, 157p. Thesis (PhD). University of Florida.
- 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**, v.20, p.143-151, 1994.

- LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G.; MELGES, E.; BELTRÃO, N.E.M. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, v.29, p.586-606, 1982.
- MADDEN, L.V. Measuring and modeling crop losses at the field level. **Phytopathology**, v.73, p.1591-1596, 1983.
- MADEIRA, A.C.; CLARK, J.A.; ROSSALL, S. Growth, light interception and disease in field bean (*Vicia faba*): the effect of late infection by *Ascochita fabae*. **Annals of Applied Biology**, v.112, p.585-595, 1988.
- MIGLIORANZA, E. Modelo matemático-fisiológico para simular crescimento e a produtividade da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Viçosa, 1992. 184p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- NUNES, W.M.C.; BERGAMIN FILHO, A. Avaliação dos danos causados pela antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.21, p.436-442, 1996.
- NUTTER JR., F.W.; LITTRELL, R.H. Relationships between defoliation, canopy reflectance and pod yield in the peanut-late leafspot pathosystem. **Crop Protection**, v.15, p.135-142, 1996.
- NUTTER JR., F.W.; TENG, P.S.; ROYER, M.M. Terms and concepts for yield, crop loss, and disease thresholds. **Plant Disease**, v.77, p.211-215, 1993.
- NUTTER JR., F.W.; TENG, P.S.; SHOKES, F.M. Disease assessment terms and concepts. **Plant Disease**, v.75, p.1187-1188, 1991.

- OERKE, E.C.; SCHÖNBECK, F. Effect of nitrogen and powdery mildew on the yield formation of two winter barley cultivars. **Journal of Phytopathology**, v.130, p.89-104, 1990.
- PATAKY, J.K.; BEUTE, M.K.; WYNNE, J.C.; CARLSON, G.A. A critical-point yield loss model for *Cylindrocladium* black rot of peanut. **Phytopathology**, v.73, p.1559-1563, 1983.
- PAVELEY, N.D.; LOCKLEY, K.D.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; THOMAS, J. Determinants of fungicide spray decisions for wheat. **Pesticide Science**, v.49, p.379-388, 1997.
- PIXLEY, K.V.; BOOTE, K.J.; SHOKES, F.M.; GORBERT, D.W. Disease progression and leaf area dynamics of four peanut genotypes differing in resistance to late leafspot. **Crop Science**, v.30, p.789-796, 1990a.
- PIXLEY, K.V.; BOOTE, K.J.; SHOKES, F.M.; GORBERT, D.W. Growth and partitioning characteristics of four peanut genotypes differing in resistance to late leafspot. **Crop Science**, v.30, p.796-804, 1990b.
- PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1988. p. 125-156.
- PORTES, T.A.; CARVALHO, J.R.P. Área foliar, radiação solar, temperatura do ar e rendimentos em consorciação e em monocultivo de diferentes cultivares de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, p.747-754, 1983.

- RABBINGE, R.; JORRITSMA, I.T.M.; SCHANS, J. Damage components of powdery mildew in winter wheat. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.91, p.235-247, 1985.
- ROMIG, R.W.; CALPOUZOS, L. The relationship between stem rust and loss in yield of spring wheat. **Phytopathology**, v.60, p.1801-1805, 1970.
- ROTEM, J.; BASHI, E.; KRANZ, J. Studies of crop loss in potato blight caused by *Phytophthora infestans*. **Plant Pathology**, v.32, p.117-122, 1983a.
- ROTEM, J.; KRANZ, J.; BASHI, E. Measurement of healthy and diseased haulm area for assessing late blight epidemics in potatoes. **Plant Pathology**, v.32, p.109-115, 1983b.
- ROUSE, D.I. Use of crop growth-models to predict the effects of disease. **Annual Review of Phytopathology**, v.26, p.183-201, 1988.
- SANDERS, J.H.; SCHWARTZ, H.F. Bean production and pest constraints in Latin America. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. (Ed.) **Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris***. Cali: CIAT, 1980. cap. 1, p. 3-14.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Influência da cultivar e do número de inoculações na severidade da mancha angular (*Isariopsis griseola*) e nas perdas na produção do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Fitopatologia Brasileira**, v.17, p.247-251, 1992.

- SATO, E.T.; PIZA, S.M. de T. Crescimento micelial e esporulação de *Isariopsis griseola* em diferentes meios de cultura. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4.; Londrina, 1993. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1993.
- SAVARY, S.; ZADOKS, J.C. Analysis of crop loss in the multiple pathosystem groundnut-rust-late leaf spot. I. Six experiments. **Crop Protection**, v.11, p.99-109, 1992a.
- SAVARY, S.; ZADOKS, J.C. Analysis of crop loss in the multiple pathosystem groundnut-rust-late leaf spot. II. Study of the interactions between diseases and crop intensification in factorial experiments. **Crop Protection**, v.11, p.110-120, 1992b.
- SCHNEIDER, R.W.; WILLIAMS, R.J.; SINCLAIR, J.B. Cercospora leaf spot of cowpea: models for estimating yield loss. **Phytopathology**, v.66, p.384-388, 1976.
- SCHOONHOVEN, A. van; PASTOR-CORRALES, M.A. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. Cali: CIAT, 1987. 56p.
- SCHWARTZ, H.F.; CORREA, F.; PINEDA, P.A.; OTOYA, M.; KATHERMAN, M.J. Dry bean yield losses caused by ascochyta, angular, and white leaf spots in Colombia. **Plant Disease**, v.65, p.494-496, 1981.
- SILVA, M.B.; VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L.; HAU, B. Efeitos da ferrugem, da antracnose e da mancha angular na área foliar de plantas de feijoeiro em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, v.23, p.442-447, 1998a.

- SILVA, M.B.; VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L.; HAU, B.; BERGAMIN FILHO, A. Relação entre severidade de doença, área foliar sadia, absorção da área foliar sadia e produção na cultura do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.24, p.226-231, 1998b.
- SPADAFORA, V.J.; COLE, H., JR. Interactions between *Septoria nodorum* leaf blotch and leaf rust on red winter wheat. **Phytopathology**, v.77, p.1308-1310, 1987.
- SPITTERS, C.J.T.; VAN ROERMUND, H.J.W.; VAN NASSAU, H.G.M.G.; SCHEPERS, J.; MESDAG, J. Genetic variation in partial resistance to leaf rust in winter wheat: disease progress, foliage senescence and yield reduction. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.96, p.3-15, 1990.
- STANGARLIN, J.R. Atividades de ribulose-1,5-bifosfato carboxilase (RUBISCO), clorofilase, β -1,3 glucanase e quitinase e conteúdo de clorofila em cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) infectados com *Uromyces appendiculatus* ou *Phaeoisariopsis griseola*. Piracicaba, 1999. 119p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SUBBA RAO, K.V.; YANG, X.B.; BERGGREN, G.T.; SNOW, J.P. A multiple regression model to estimate the contributions of leaves and the effects of leaf rust on yield of winter wheat. **Phytopathology**, v.79, p.1233-1238, 1989.

- SUBRAHMANYAM, P.; WILLIAMS, J.H.; MCDONALD, D.; GIBBONS, R.W. The influence of foliar disease and their control by selective fungicides on a range of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. **Annals of Applied Biology**, v.104, p.467-476, 1984.
- TENG, P.S. Estimating and interpreting disease intensity and loss in commercial fields. **Phytopathology**, v.73, p.1587-1590, 1983.
- TENG, P.S.; JOHNSON, K.B. Analysis of epidemiological components in yield loss assessment. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Spring-Verlag, 1988. cap. 12, 179-189.
- VAN OIJEN, M. Photosynthesis is not impaired in healthy tissue of blighted potato plants. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.96, p.55-63, 1990.
- VAN ROERMUND, H.J.W.; SPITTERS, C.J.T. Simulation of yield reduction by leaf rust in winter wheat, applied to the analysis of genetic variation in partial resistance. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v.96, p.17-28, 1990.
- VIEIRA, C. Perspectiva da cultura do feijão e de outras leguminosas de grão no país e no mundo. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1988. p.3-19.

- VOYSEST, O. **Variedades de frijol en América Latina y su origen**. Cali: CIAT, 1983. 87p.
- WAGGONER, P.E.; BERGER, R.D. Defoliation, disease, and growth. **Phytopathology**, v.77, p.393-398, 1987.
- WATSON, D.J.; THORNE, G.N.; FRENCH, S.A.W. Analysis of growth and yield of winter and spring wheats. **Annals of Botany**, v.27, p.1-22, 1963.
- WEBER, G.E.; GÜLEC, S.; KRANZ, J. Interaction between *Erysiphe graminis* and *Septoria nodorum* on wheat. **Plant Pathology**, v.43, p.158-163, 1994.
- WRIGHT, A.C.; GAUNT, R.E. Disease-yield relationship in barley. I. Yield, dry matter accumulation and yield-loss models. **Plant Pathology**, v.41, p.676-687, 1992.
- YANG, X.B.; DOWLER, W.M.; TSCHANZ, A.T.; WANG, T.C. Comparing the effects of rust on plot yield, plant yield, yield components, and vegetative parts of soybean. **Journal of Phytopathology**, v.136, p.46-56, 1992.
- ZADOKS, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. **Annual Review of Phytopathology**, v.23, p.455-473, 1985.
- ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. **Epidemiology and plant disease management**. New York: Oxford University Press, 1979. 427p.